

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

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

МЕЛИОРАЦИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений образования, обеспечивающих
получение общего высшего образования по специальности
6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6я73
М47

*Рекомендовано методической комиссией
землеустроительного факультета 26.01.2026 (протокол № 5)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
28.01.2026 (протокол № 5)*

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. И. Желязко*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. В. Копытовский*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. М. Лукашевич*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С. В. Набздоров*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *О. П. Мешик*;
начальник Горецкого филиала
РУП «Могилевское агентство по государственной регистрации
и земельному кадастру» *О. В. Жарикова*

Мелиорация и рекультивация земель : учебно-
М47 методическое пособие / В. И. Желязко, В. В. Копытовский,
В. М. Лукашевич, С. В. Набздоров. – Горки : Беларус. гос. с.-х.
акад., 2026. – 171 с.
ISBN 978-985-882-821-9.

Приведены общие понятия о мелиорации и рекультивации земель, 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, поверхностного стока и разработке мероприятий по борьбе с водной эрозией.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры.

УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6я73

ISBN 978-985-882-821-9

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Мелиорация земель в Республике Беларусь является важным фактором интенсификации сельскохозяйственного производства. Правильно подобранные и грамотно осуществленные мелиоративные приемы в сочетании с высокотехнологичными агротехническими и организационно-хозяйственными мероприятиями позволяют не только существенно повысить плодородие почв, но и сохранить, и даже улучшить окружающую среду.

Реализация мероприятий по рациональному использованию и охране земель в Беларуси требует знания основных понятий и приемов мелиорации земель, увязки площадей и размеров угодий с элементами мелиоративных систем.

Учебная дисциплина «Мелиорация и рекультивация земель» относится к компоненту учреждения образования, модулю «Науки о земле» учебного плана специальности 6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры.

Целью преподавания учебной дисциплины является *формирование новых знаний, умений и профессиональных компетенций* по влиянию мелиорации земель на развитие сельскохозяйственного производства, улучшение среды обитания и деятельности человека, повышение социально-экономического и экологического потенциала агроландшафтов, создание ландшафтов с высоким плодородием почв на основе интеграции природоведческих, экологических и других знаний.

Основная задача учебной дисциплины состоит в изучении современных и перспективных видов и способов мелиорации земель, кадастровой оценки и рационального использования мелиорируемых земель.

Обучающиеся по специальности 6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры должны:

знать:

- основные закономерности образования и количественные характеристики водного режима территории;
- существующие и перспективные виды и методы мелиорации и рекультивации земель и пути их совершенствования и модернизации;
- пути рационального использования и охраны мелиорируемых земель;

- приоритетные направления научных исследований в области мелиорации, рекультивации и охраны земель;

владеть:

- навыками применения правил и норм проектирования мелиоративных систем и мероприятий;

- современными методами оценки природных условий для обоснования необходимости, возможности и целесообразности мелиоративных, рекультивационных и природоохранных мероприятий при обустройстве территорий.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студенты должны не только приобрести теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

При подготовке данного пособия использованы теоретические основы, разработанные известными учеными И. Г. Галяминой, А. И. Головановым, И. П. Айдаровым и др., которые в 1993 г. предложили объединить одним широким понятием «природообустройство» многогранную деятельность по преобразованию человеком окружающей среды, включая мелиорацию и рекультивацию земель. Это позволило выработать общие подходы к согласованию природопользования с природообустройством, сформулировать общие требования к мелиоративному обустройству и рекультивации земель, обеспечивающие гармоничное развитие человеческого общества и окружающей среды.

1. ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

1.1. Объекты, ресурсы и виды природопользования

Природный ресурс – это допустимый объем изъятия вещества и энергии, допустимая антропогенная нагрузка на природные объекты, обеспечивающие сохранение объектов, экологическую безопасность для человека и природы.

Главные виды природных ресурсов: солнечная энергия, энергия приливов и отливов, внутриземное тепло, водные, земельные, минеральные (в том числе топливно-энергетические), растительные, ресурсы животного мира, информационные – не могут быть безразмерными. Территории, акватории или отдельные природные объекты характеризуются природно-ресурсным потенциалом, т. е. способностью природной системы без ущерба для себя отдавать необходимую человеку продукцию, оказывать ему услуги, воспринимать другую антропогенную нагрузку, включая прием отходов, в том числе и энергетических. Природный ресурс зависит от степени обустроенности территории человеком, он может его повышать, например, улучшая тепло- и влагообеспеченность, природную устойчивость, самовосстановление.

Человек пользуется различными природными ресурсами, которые помимо названия должны иметь меру, т. е. количественное выражение.

Например, вода в реке есть, но ее ирригационный ресурс равен нулю из-за непригодности для полива конкретной почвы или эту воду нельзя изъять, исходя из сохранности реки (ресурс ирригационного водопользования нулевой). Судосходный ресурс реки может быть невелик из-за малых глубин, но рекреационный – значителен.

Воздействие человека на природу измеряют не только объемом использованных ресурсов, но и влиянием на все компоненты природного объекта или природной системы. Поэтому объектом природопользования следует считать природный объект в целом, обеспечивая его сохранность, восстановление. Именно к природным объектам или системам (геосистемам, природно-территориальным комплексам, ландшафтам) применимо понятие *комплексного использования*, т. е. в различных целях, например, озеро можно использовать для водоснабжения, судосходства, рыболовства, отдыха и т. п. Возможно повторное использование некоторых ресурсов (например, воды), но не комплексное. Да и охранять лучше природные объекты, а не отдельные ресурсы, хотя последние можно поддерживать, восполнять: судосходные дно-

углубительные работы, пополнение подземных вод, пополнение рыбных запасов и др.

С позиций природообустройства природопользование можно разделить на *землепользование, водопользование, недропользование* и *воздухопользование*.

При этом становится очевидным, что объектами природообустройства являются: *земли (территории), водные объекты, недра* и *приземные слои атмосферы*.

При землепользовании природные объекты, природно-территориальные комплексы (геосистемы, ландшафты) человек представляет в виде земель, находящихся в чем-то пользовании, владении, собственности. Землепользование может быть:

- сельскохозяйственным (с размещением посевов, животноводческих ферм, аграрной инфраструктуры);
- лесохозяйственным (тоже с его инфраструктурой);
- водохозяйственным (размещение искусственных водных объектов);
- урбанистическим (размещение населенных пунктов);
- индустриальным (размещение объектов промышленности, транспорта, связи);
- природообустроительным и природоохранным – размещение объектов природообустройства (мелиоративных, водохозяйственных и других систем), элементов экологической инфраструктуры и др.;
- рекреационным, оздоровительным, историко-культурным, научным, образовательным;
- оборонным;
- для размещения отходов антропогенной деятельности (терриконы, отвалы, свалки или полигоны хранения отходов).

Разновидности водопользования:

- водоснабжение населенных пунктов, промышленности, ирригационное;
- гидроэнергетическое; транспортное (судоходство, сплав леса);
- рыбохозяйственное;
- рекреационное, оздоровительное, научное, историко-культурное;
- оборонное;
- размещение стоков и отходов антропогенной деятельности, в том числе термальных вод.

Разновидности недропользования:

- добыча нерудных материалов, руд, энергоносителей (нефти, газа, углей), подземных вод (пресных, минерализованных, термальных);

- размещение антропогенных объектов (тоннелей, трубопроводов, хранилищ), отходов антропогенной деятельности (радиоактивных отходов и т. п.).

Варианты воздухопользования:

- транспортное;
- оборонное;
- рекреационное, энергетическое, научное, размещение отходов, выбросов.

Такая классификация видов природопользования находит свое отражение в законодательных актах Республики Беларусь [1, 6, 7, 9–11 и др.].

В этих законодательных актах отражены принципиальные положения теории рационального природопользования, которые сводятся к следующему:

- знания о природе и природопользовании должны быть глобальными, а действия – локальными;
- у природы нельзя брать того, без чего можно обойтись;
- жизненное пространство нужно не отвоевывать у природной экосистемы, а создавать;
- природу нужно не покорять, а с ней сотрудничать;
- любой биотический элемент экосистемы имеет такие же «права на ресурсы», как и человек;
- при взаимоотношениях человека с природой он должен поступать так, чтобы ему не было стыдно за свои действия (нравственное природопользование);
- вторичное использование ресурса эффективно и нравственно, оно должно всячески поощряться.

1.2. Виды природообустройства

Природообустройство – это особый вид деятельности, отличающийся от природопользования. Природообустройство глубоко вмешивается в природные процессы, вызывает изменения в развитии и функционировании природных систем и связано с расходом большого количества материальных, энергетических, трудовых и денежных ресурсов.

В природообустройство входят следующие виды:

- *мелиорация земель* разного назначения: сельскохозяйственных, водного и лесного фондов, поселений, промышленности, транспорта,

связи; рекреационного, оздоровительного, историко-культурного, научного, оборонного назначения;

- *рекультивация земель*, т. е. восстановление свойств компонентов природы или даже самих компонентов после их использования, нарушенных при добыче полезных ископаемых, в результате строительства; восстановление растительного покрова; очистка загрязненных территорий. В рекультивации нуждаются и недра (заполнение выработанных полостей) и водные объекты (восстановление нарушенного гидрологического режима, водной биоты, очистка вод);

- *природоохранное обустройство территорий* – борьба с водной эрозией и оврагами, восстановление естественной гидрографической сети малых рек и водоохраных зон на обустраиваемых территориях; борьба с затоплением земель и наводнениями, размывом берегов реки, водохранилищ.

Объектом природообустройства, как и природопользования, должна быть такая геосистема, в пределах которой непосредственно проявляются осуществляемые человеком преобразования для целей конкретного природопользования. При этом, исходя из наличия межсистемных связей, при проведении преобразований необходимо отслеживать ближние и дальние последствия, т. е. оценивать влияние работ по природообустройству и природопользованию на соседние геосистемы.

Природообустройство – один из важных элементов национальной безопасности страны, характеризующей состояние защищенности жизни, здоровья, прав человека, интересов и ценностей общества и государства от различных ущербов.

1.3. Принципы рационального природопользования и природообустройства

Основные принципы рационального природопользования и природообустройства могут быть сформулированы следующим образом.

Принцип целостности природных объектов, подвергающихся обустройству или использованию, которые следует рассматривать как единые геосистемы. 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 взаимнообусловленный набор компонентов природы, развивающихся как единое целое (фация, урочище, местность, ландшафт или их совокупность, речной водосбор, имеющие естественные границы). Такой подход позволяет объективно вычленять территорию, наиболее полно учесть все связи между компонентами природы, их взаимовлияние, отследить дальние 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; этим достигается уменьшение нужды в обустройстве природы, следовательно, вмешательство в природу будет меньше, а пользование ресурсом – дешевле.

Принцип природных аналогий – это применение направлений и технологий ресурсопользования и природообустройства, которые по возможности воспроизводят естественные процессы функционирования компонентов природы. Например, если черноземные 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 при ресурсопользовании, должна быть возможно максимально разнообразна по своему составу. Например, гидромелиоративная система, созданная человеком для управления водным режимом почвы, 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 техногенные системы 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.), а также блоками по выработке управляющих сигналов и их реализации в зависимости от изменяющейся во времени ситуации.

Принцип предсказуемости. Природопользование и природообустройство должны опираться как на достоверные количественные долготлетние 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, биоте и окружающей среде, в противном случае негативные последствия должны быть компенсированы или устранены.

Принцип комплексности природообустройства и природопользования. Гораздо эффективнее всестороннее использование природного объекта, всех его полезностей. Например, рек – для водоснабжения, энергетики, судоходства, рыбозаведения, 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, создают свои собственные знания (законы экологии, принципы рационального природопользования и природообустройства).

1.4. Природно-техногенные комплексы природообустройства и их элементы

Природообустройство – это сложное дорогостоящее ресурсо- и энергоемкое мероприятие, проводимое длительное время. Для его осуществления необходимо создание комплекса инженерных сооружений и устройств, надежно функционирующих в разнообразных при-

родных условиях, часто экстремальных, при переменных погодных условиях. Поэтому на больших площадях строят инженерные системы природообустройства, т. е. комплекс сооружений, устройств, машин и оборудования, предназначенные вместе с мероприятиями для достижения той или иной цели. Инженерные системы природообустройства вместе с природными объектами, на которых они построены и которые они призваны модифицировать в нужном человеку направлении, образуют техноприродные системы, которые принято называть природно-техногенными комплексами, подчеркивая значимость техногенных элементов.

Природно-техногенный комплекс (ПТК) состоит из двух основных частей: природной и техногенной, он включает средства управления и управляемую подсистему, которые можно представить в виде схемы (рис. 1.1).

Для организации управления необходим ряд элементов:

- рецептор – часть комплекса, которая воспринимает и передает информацию об управляемом объекте (измерители влажности почвы, температуры воздуха, уровня воды в реке и др.);

- эффектор – та часть, с помощью которой оказывают воздействие на управляемый параметр (насосы, каналы, трубопроводы, дождевальная техника, дренажи, шлюзы и т. п.);

- блок принятия решений, который, соотнося поступающую от рецептора информацию с необходимым результатом, вырабатывает решения, позволяющие оптимальным способом достичь определенной социально-экономической цели. Блоком принятия решений управляет лицо, принимающее решения. На современном этапе принятие решений поддерживается использованием экспертных систем, баз данных и геоинформационных систем, систем мониторинга, дистанционного зондирования, которые позволяют реализовать принципы адекватности воздействий и предсказуемости.

У термина «природно-техногенный комплекс природообустройства» есть синонимы. Подобные объекты еще называют геотехническими системами и техноприродными системами (удачный вариант, подчеркивающий первичность природы в этом комплексе). Нельзя путать природно-техногенный комплекс с природно-территориальным комплексом, т. е. с крупной геосистемой масштабов ландшафта, а также с производственно-территориальным комплексом – группой предприятий и учреждений, выполняющих определенную экономическую

функцию и связанных производственными циклами и потоками, совместным использованием территории, природных и трудовых ресурсов и производственной инфраструктуры.

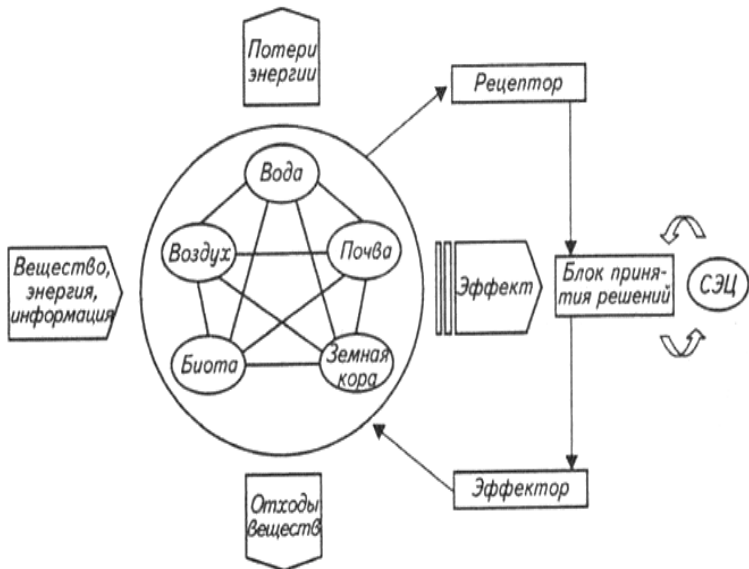


Рис. 1.1. Схема управления природно-техногенным комплексом природообустройства [13, с. 146]

Не следует отождествлять инженерные системы природообустройства с природно-техногенными комплексами природообустройства. Последние помимо сооружений и устройств включают обустраиваемые природные объекты, на них создают комплексы природопользования. На мелиорируемых землях есть мелиоративная система, а также обязательно сельскохозяйственные предприятия растениеводства, которые вместе с мелиорированными почвами, подземными водами и другими компонентами образуют ПТК. На обустроенных водных объектах помимо средств регулирования речного стока есть гидроэлектростанции, средства судоходства, рыболовства; все они работают в тесном взаимодействии, вместе с водосбором и рекой образуют большую квазиприродную систему, или комплекс.

1.5. Инженерные системы природообустройства и их классификации

К природно-техногенным комплексам природообустройства относятся:

- мелиорируемые земли разного назначения (сельскохозяйственные, лесного фонда, поселений, индустриальные и др.);
- рекультивируемые земли;
- обустроенные человеком водные объекты (отрегулированные реки, гидроузлы на них);
- обводненные, канализованные земли и поселения;
- защищенные от природных стихий земли (от эрозии, паводков, размывов, подтопления, от селей, оползней);
- земли с воссозданной экологической инфраструктурой (земли с защитными лесополосами, лесонасаждениями);
- природоохранные зоны.

При природообустройстве возникает необходимость в течение сравнительно продолжительного времени и на большой территории оказывать управляющие и изменяющие воздействия на компоненты природы для увеличения их полезности, восстановления, очистки, защиты. Это приводит к необходимости создания разнообразных инженерных систем природообустройства.

Инженерная мелиоративная система (ИМС) – это комплекс сооружений и мероприятий для создания оптимального мелиоративного режима на землях различного назначения. К ним относятся оросительные и осушительные системы на землях сельскохозяйственного назначения, специальные дренажные системы на городских землях и землях транспорта, землях обороны и др. Мелиоративный режим, по А. И. Голованову и И. П. Айдарову, – совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, роста растений и воздействия на окружающую среду, которые должна обеспечивать система мелиоративных мероприятий для достижения поставленной цели [13].

Инженерно-экологическая система (ИЭС) – это комплекс сооружений и мероприятий по восстановлению естественной самоочищающей способности компонентов геосистем, снижению до допустимых норм поступления в них загрязняющих веществ, локализации и удалению этих веществ, обеспечению экологически безопасного существования биоценозов и человека. К ним относятся системы очистки зе-

мель от загрязнения нефтепродуктами, тяжелыми металлами и другими веществами.

Инженерная природоохранная система (ИПС) – это комплекс сооружений и мероприятий для защиты территории от негативных последствий природопользования и природообустройства. Назначение таких систем – защита поселений, промышленных и сельскохозяйственных районов, особо охраняемых природных территорий, рекреаций от побочного негативного влияния деятельности вблизи границ объекта. Такие системы способны перехватывать загрязненный поверхностный и подземный сток с прилегающей территории, предотвращать переосушку территории и т. д.

Инженерная противостихийная система (ИПСС) – это комплекс сооружений и мероприятий для защиты территории от неблагоприятных природных воздействий: селей, наводнений, подтопления, суховея, размыва берегов, оползней, эрозии, дефляции, заморозков.

Система регулирования речного стока (СРПС) – это комплекс сооружений и мероприятий сезонного и многолетнего регулирования стока рек.

Инженерная система рекультивации земель (ИСРЗ) – это временно действующий комплекс сооружений и мероприятий, который применяют для создания оптимального рекультивационного режима на землях различного назначения. Особенность систем состоит в том, что создают их на сравнительно короткий срок – 10–20 лет, т. е. на период рекультивационных мероприятий, после которого проект завершается, земли переводят в другой фонд и передают землепользователям.

Системы водоснабжения, водоотведения, обводнения – это комплекс сооружений и мероприятий, обеспечивающих потребности в воде требуемого качества, а также удаляющих использованные воды (с очисткой и размещением их в водоприемнике). Это повсеместно распространенные системы, повышающие полезность территории для человека и потому относящиеся к ПТК природообустройства.

Система хранения отходов (СХО) – это комплекс сооружений и мероприятий, обеспечивающих длительное экологически безопасное хранение отходов потребления и производства. К ним относятся полигоны твердых бытовых отходов (ТБО), устройство которых позволяет компактно, экологически и пожаробезопасно хранить ТБО, контролируя и управляя процессом их разложения.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕЛИОРАЦИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

2.1. Общие сведения о мелиорации земель

На устойчивость сельскохозяйственного производства большое влияние оказывают природно-климатические условия региона и плодородие почвы. В свою очередь плодородие почвы бывает естественным (потенциальным) и искусственным (эффективным). Последнее создается и поддерживается воздействием человека через систему различных агротехнических и мелиоративных мероприятий: обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений, регулирование водного режима (осушение, орошение) 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» указано, что мелиорация – отрасль народного хозяйства, занимающаяся коренным улучшением земель, грунтов и неблагоприятных природных условий для различных хозяйственных, природоохранных и других целей. В разд. 1 было указано, что мелиорация земель является одним из видов природообустройства и в широком географическом плане в зависимости от того, на какой из компонентов природной среды она направлена, может 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 осуществлении мелиорации, обычно выделяют следующие основные типы (подтипы): гидротехнические мелиорации (гидромелиорации), агро-мелиорации, культуртехнические мелиорации, почвозащитные (борьба с водной и ветровой эрозией почв), химические мелиорации, агролесомелиорации.

Гидротехнические мелиорации – это система мероприятий, посредством которых достигается регулирование в заданных пределах или упорядочение (улучшение) водного режима территории. Эти мелиорации являются перераспределителями 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) мелиораций, применяемых в Беларуси, 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 сельскохозяйственной техники и окультуривания корнеобитаемого слоя почвы (расчистка кустарников, корчевка пней, деревьев, срезка кочек, уборка камней, планировка поверхности, первичная обработка, другие мероприятия по сохранению и повышению плодородия почв);

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

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

Интенсивность воздействия человека на окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности возростала в ходе эволюции человечества. Искусственное *орошение* как вид мелиорации стали применять 3–4 тыс. лет до н. э. в Египте, Китае, Ираке и Индии. В Ираке, в долине рек Тигра и Евфрата, до наших дней сохранились остатки древнейшего оросительного канала Нарван, сооружение которого относится к периоду существования одной из самых древних цивилиза-

ций. 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 Амурь. 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, неурожая 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 появились 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 канала Огинского протяженностью 54 км, который соединил реки Припять и Неман. Строительство Днепровско-Бугского канала протяженно-

стью 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 (в настоящее время 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.

2.2. Общие сведения о рекультивации земель

Потребности современного общества в природных ресурсах неизмеримо возросли и прогрессивно возрастают, в хозяйственную деятельность вовлекаются все новые их виды.

Под влиянием сельского хозяйства изменяются почвы, растительность, животный мир, гидрографические характеристики речного водосбора, качество атмосферного воздуха и воды и др. Эти изменения оказывают определенное воздействие на народное хозяйство, здоровье людей и т. д. В дальнейшем, по мере интенсивного развития сельского хозяйства, эта проблема будет становиться еще острее.

Одним из средств восстановления земель, нарушенных хозяйственной деятельностью, а также улучшения санитарно-гигиенических условий природной среды является рекультивация.

Рекультивация (от лат. *re* – восстановление, возобновление + *cultivo* – обрабатываю, возделываю) – осуществление комплекса мероприятий, направленных на восстановление природно-исторической и хозяйственной ценности нарушенных земель, достаточного для экономически оправданного хозяйственного освоения, создания водоемов, рекреационных и селитебных зон.

Приказом Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь № 22 от 25 апреля 1997 г. утверждено Положение о порядке передачи рекультивированных земель землевладельцам и землепользователям субъектами хозяйствования, разрабатывающими месторождения полезных ископаемых и торфа, а также проводящими геолого-разведочные, изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова.

Нарушенные земли, рекультивация которых экономически неэффективна, подлежат консервации с использованием технических, химических и биологических методов, обеспечивающих охрану окружающей среды от их отрицательного влияния.

Объектами рекультивации являются *нарушенные земли* – территории, на которых нарушены, разрушены или полностью уничтожены компоненты природы (растительный и почвенный покров, грунты, подземные воды, местная гидрографическая сеть); изменен рельеф местности.

К нарушенным землям относятся также *загрязненные земли*, т. е. земли, на которых в компонентах природы произошло увеличение содержания веществ, вызывающих негативные токсико-экологические

последствия (загрязнение радиоактивными и отравляющими веществами, нефтью и нефтепродуктами, аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, остаточным количеством пестицидов, сточными водами и удобрениями).

Объектами рекультивации являются:

- выемки карьеров, выработки торфа;
- деформированные поверхности шахтных полей, породные отвалы шахт и карьеров;
- золоотвалы электростанций;
- отвалы шлака металлургических заводов, полосы, резервы и кавальеры вдоль каналов, железных и шоссейных дорог;
- трассы трубопроводов;
- площадки буровых скважин, промышленные площадки и транспортные коммуникации ликвидированных (отработанных) предприятий и отдельных объектов;
- загрязненные земли на нефтяных и других месторождениях и т. д.

Комплекс рекультивационных работ представляет собой сложную многокомпонентную систему взаимоувязанных мероприятий, структурированных по уровню решаемых задач и технологическому исполнению [14].

Охрана земель является неотъемлемой частью комплекса охраны природы. Она включает защиту почв от эрозии, загрязнения, вторичного засоления, восстановление нарушенных земель, мероприятия по повышению плодородия почв и их рациональному использованию.

Рекультивация земель является сравнительно молодым видом природообустройства. Мировой опыт рекультивации земель насчитывает всего около 90 лет. Первые работы по рекультивации земель были проведены в 1926 г. на участках, нарушенных горными работами в штате Индиана (США).

В СССР рекультивацию земель начали проводить со второй половины XX в. Объектами рекультивации земель в этот период были: в Эстонии – карьеры, образовавшиеся при добыче сланцев; в России – карьеры при добыче бурого угля; на Украине – при добыче железной руды, в Беларуси – территории выработанных торфяников.

В настоящее время в зависимости от характера антропогенного воздействия нарушенные земли образуются:

- при добыче торфа (фрезерные поля, карьеры гидроторфа, машиноформованные карьеры);
- при разработке нерудных строительных материалов (карьеры песка, глины, песчано-гравийных материалов);

- при производстве открытых горных работ (карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы);
- при производстве подземных разработок (провалы, прогибы, шахтные отвалы-терриконы);
- при функционировании урбанизированных территорий (золоотвалы, шлакоотвалы, шламонакопители, свалки твердых бытовых отходов и др.);
- в результате проведения разведочных и изыскательских работ (участки земель с нарушенным растительным и почвенным покровом, а также участки земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами);
- при выполнении строительных и эксплуатационных работ (участки земель с частично или полностью нарушенным растительным и почвенным покровом, территории земель, подвергающиеся подтоплению, затоплению и эрозионным процессам, а также насыпи, кавальеры, отвалы и др.);
- при технологических процессах в ходе получения материалов, веществ, электрической энергии (земли, загрязненные аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, радиоактивными элементами);
- при сельскохозяйственном производстве (земли, загрязненные остаточным количеством пестицидов, сточными водами и удобрениями, а также засоленные, эрозионные и малопродуктивные земли);
- в результате военных действий, при производстве оружия и его основ (земли, загрязненные радиоактивными, отравляющими, токсичными органическими и неорганическими веществами, опасными бактериологическими компонентами).

2.3. Особенности мелиорации и рекультивации земель в Республике Беларусь

Республика Беларусь географически расположена на стыке зон избыточного и неустойчивого увлажнения. Причем отличительной характеристикой республики является наличие на ее территории водораздела между бассейнами двух морей – Балтийского и Черного. К Черноморскому бассейну относится река Днепр, протекающая по восточной части Беларуси, и ее многочисленные притоки, крупнейшим из которых является Припять. Ее водосбор занимает весь юг республики, формируя уникальный регион – Полесскую низменность. Эта зона занимает около 6 млн га, охватывая до 30 % территории Республики Беларусь [8].

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

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

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

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

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.

Площадь осушенных земель в республике составляет 3,41 млн га, в том числе сельскохозяйственных – 2,88 млн га, лесных – 311,2 тыс. га.

Закрытым дренажам 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 [3].

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.

Площадь затопления в период весенних половодий бассейна реки 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 [4].

В рамках государственных программ по инженерным противопаводковым мероприятиям осуществляется системное строительство инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и населенных пунктов от затопления.

Существенный ущерб почвам наносит эрозия. По данным Национальной академии наук Беларуси, эрозийным 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 предусматривается снижение выброса загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты. Поставлена задача повышения эффективности использования природных ресурсов, максимальное вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья

со снижением негативного воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду [7].

В области *землепользования* главный акцент будет сделан на реализацию Национального плана действий по предотвращению деградации земель. Экономический компонент устойчивого использования земельных ресурсов дополнится завершением второго тура кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

Направлениями рационального использования и охраны *водных ресурсов* станут 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* позволит обеспечить потребности населения и государственных органов в качественных прогнозах и защитить общество и государство от опасных природных явлений.

Основными направлениями развития и научно-технического прогресса 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, агро-мелиорации, культуртехника и др.).

Для восстановления и сохранения в Республике Беларусь мелиоративных систем, роста продуктивности мелиорируемых земель, эффективного 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;

- реконструкция мелиоративных систем и др.

Приоритетными направлениями научных исследований в республике в области мелиорации и рекультивации земель являются:

- 1) разработка высокоэффективных ресурсосберегающих зональных систем мелиоративного земледелия и луговодства, оптимизированных технологических схем и регламентов ремонтно-восстановительных работ, эколого-экономически обоснованных нормативов проектирования мелиоративных систем, технологий управления водным режимом при эксплуатации и реконструкции мелиоративных систем;

- 2) совершенствование конструкций мелиоративных систем с целью повышения безопасности сельскохозяйственного производства на землях, загрязненных радионуклидами, пестицидами, тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами;

- 3) разработка эффективной и безотходной технологии добычи и переработки полезных ископаемых, обеспечение максимальной охраны и рационального использования земельных и водных ресурсов;

- 4) разработка теоретических и практических основ биологической рекультивации земель по видам нарушений;

- 5) установление социальной и эколого-экономической эффективности разных направлений рекультивации земель.

2.4. 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 [12].

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 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 за счет средств государственного бюджета выполняет Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь в лице Государственного объединения по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству «Белводхоз», а из других источников – в соответствии с законодательством.

Выбор объекта осуществляется на основе бизнес-планов, разрабатываемых районными управлениями сельского хозяйства и продоволь-

ствия по предложению сельскохозяйственных и мелиоративных организаций, в которых учитываются потенциальное плодородие почв, техническое состояние систем, эффективность вкладываемых средств и достижение обоснованных показателей сельскохозяйственного производства.

Создание и использование мелиоративных и водохозяйственных объектов представляют собой комплекс последовательно взаимосвязанных звеньев или этапов: 1 – *изыскания*; 2 – *проектирование*; 3 – *строительство*; 4 – *эксплуатация*. Такая последовательность характерна и для других видов строительства, в частности, обустройства сельских территорий. При создании сложных объектов, имеющих важное народно-хозяйственное 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 рекогносцировочное обследование, мелиоративно-гидротехнические, топографо-геодезические, почвенно-мелиоративные, культуртехнические, геоботанические, гидрологические, инженерно-геологические, природоохранные, камеральная обработка материалов. Это связано с необходимостью всестороннего учета и анализа природных условий, во взаимодействии с которыми будет находиться проектируемая мелиоративная система или сооружение.

В целом комплексные инженерные изыскания можно определить как процесс всестороннего изучения природно-хозяйственных условий района (участка) предполагаемого строительства с целью получения необходимых и достаточных исходных материалов для разработки технически обоснованных, экономически целесообразных и экологически безопасных решений при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объекта.

Изыскания как первый и наиболее ответственный этап строительного производства во многом 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 осуществля-

ется 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 Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь и Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь.

Государственная экспертиза проектной документации на строительство, реконструкцию и капитальный ремонт мелиоративных систем и сооружений осуществляется республиканским органом государственного управления по вопросам архитектуры и строительства. Государственная экологическая экспертиза вышеуказанной документации проводится в соответствии с законодательством Республики Беларусь. Контроль качества проектной документации и проведения экспертизы осуществляет Департамент по мелиорации и водному хозяйству, заказчик и Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь.

Строительство и реконструкция мелиоративных систем и сооружений, рекультивация нарушенных земель осуществляются на основании *проектно-сметной документации*, разработанной в соответствии с государственными строительными, природоохранными, санитарными 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.

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 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. (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.12.2023) 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 2 м на водоприемниках и магистральных каналах и 1 м на регулирующей сети;

- самовольно устраивать водозаборы из мелиоративных каналов, прудов и водохранилищ, открывать и закрывать затворы гидротехнических сооружений;

- вести в зоне плотин, дамб и гидротехнических сооружений земляные работы, строительство, добычу полезных ископаемых открытым способом без согласования с пользователями мелиоративных систем и (или) организациями по строительству и эксплуатации мелиоративных систем;

- осуществлять другие действия, если иное не предусмотрено законодательными актами.

Проведение мелиорации земель запрещается:

- на территории заповедников и национальных парков;
- участках заготовки дикорастущих ягод и лекарственных трав;
- путях миграции диких животных;
- торфяных месторождениях в истоках и устьях водотоков, на водоразделах, 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.

3. МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Земельный фонд республики составляет 20,76 млн га, из которых около 44 % занимают земли сельскохозяйственного назначения. В структуре сельскохозяйственных земель удельный вес пахотных земель составляет 65,6 %, луговыми землями занято 32,9 %, под постоянными культурами находится 1,4 % [4].

Мелиорация земель сельскохозяйственного назначения – наиболее древняя и распространенная деятельность человека по обустройству природы, так как земель, пригодных для интенсивного сельскохозяйственного использования, недостаточно.

3.1. Общие сведения об осушительных мелиорациях

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 находится 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.

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 объектов социального, культурного и бытового назначения и перспективного обустройства населенных пунктов. За счет осушения земель возрастают площади полей севооборотов, повышается эффективность использования сельскохозяйственной техники.

При проектировании осушения земель необходимо стремиться исключить неблагоприятные изменения в функционировании природных экосистем на прилегающих территориях. В естественном виде должны сохраняться памятники истории, архитектуры, археологии, ценные объекты природы, включая и прилегающие болотные экосистемы. Достичь всего этого можно применением единой, взаимосвязанной системы природоохранных мероприятий. Там, где имеется большое разнообразие видов и сообществ растений и животных, выделяются биологические заказники, создаются природоохранные полосы и ниши, разделительные полосы, миграционные коридоры для обеспечения свободного

передвижения животных. На самих осушаемых землях следует оставлять фрагменты природных экосистем и проектировать искусственные природоохранные объекты (полезащитные лесные полосы, противоэрозийные устройства, пруды-накопители и др.).

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

3.2. 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.

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 взаимно влияют друг на друга, в том числе и посредством самих растений.

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 влагозапасов 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 счете определяет ход процессов накопления и разрушения органического вещества, т. е. почвенное плодородие и, как следствие, – урожайность.

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:

$$P + Y_{\text{п}} + Y_{\text{в}} - X_{\text{п}} - X_{\text{в}} - E_{\text{в}} - E - M_{\text{от}} - M_{\text{сб}} + W_{\text{h}} + U_{\text{п}} + K_{\text{h}} - J_{\text{h}} = 0, \quad (3.1)$$

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;

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

E – суммарное испарение (эвапотранспирация);

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

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

$W_{\text{h}} = W_{\text{hn}} - W_{\text{hk}}$ – изменение влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы толщиной h ;

$W_{\text{hn}} - W_{\text{hk}}$ – 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 могут отсутствовать или быть пренебрежимо малыми. Поэтому уравнение водного баланса значительно упрощается.

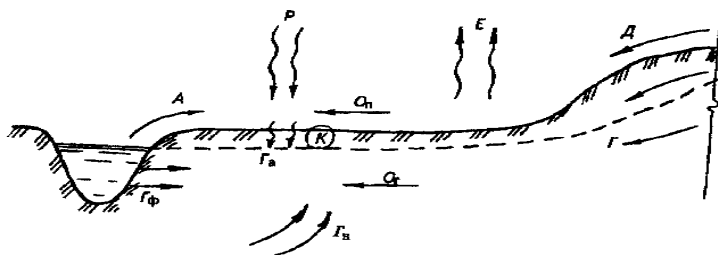


Рис. 3.1. Составляющие водного баланса осушаемой территории

Увеличение (+) или уменьшение (–) запасов влаги ΔW на территории за расчетный период описывается следующим уравнением:

$$\pm \Delta W = (P + A + D + \Gamma + \Gamma_{\text{н}} + \Gamma_{\text{ф}} + \Gamma_{\text{а}} + K) - (E + O_{\text{п}} + O_{\text{г}}), \quad (3.2)$$

где A – аллювиальные воды;

D – делювиальные воды;

Γ – грунтовые воды, поступающие с водосбора;

$\Gamma_{\text{н}}$ – грунтово-напорные воды;

$\Gamma_{\text{ф}}$ – грунтовые воды, подпитываемые из реки водоемов;

$\Gamma_{\text{а}}$ – грунтовые воды, формирующиеся за счет инфильтрации;

K – конденсация влаги;

$O_{\text{п}}$ и $O_{\text{г}}$ – отток поверхностных и грунтовых вод.

Все элементы водного баланса обычно исчисляются в миллиметрах слоя или в кубических метрах, отнесенных к единице площади осушаемой 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 оправданно, 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).

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.

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.

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 процесс роста и снижается продуктивность культуры. Например, затопление весенними паводковыми водами посевов озимой пшеницы в течение 3 сут снижает урожайность на 20–40 %, а при затоплении на 3–6 сут урожайность падает на 60–90 %. Если растения в воде находятся 7 сут 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 кочана на 2 сут снижает урожай на 19 %, в течение 5 сут – на 66 и за 7 сут – на 74 %.

3.3. Типы водного питания переувлажненных земель

В качестве обобщенной мелиоративной характеристики, определяющей основные источники, обуславливающие переувлажнение земель, и синтезирующей в себе климатические, геологические, гидрогеологические, геоморфологические, почвенно-литологические и другие условия местности, используется в отечественной практике такой обобщенный показатель, как тип водного питания.

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

Согласно классификации, разработанной 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). Правильное установление типа водного питания на объекте имеет большое значение. От него зависит выбор методов и способов осушения земель, а также требуемая конструкция осушительной системы.

При *атмосферном* ТВП основным источником избыточной влаги являются атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на переувлажненную территорию. Этот ТВП характерен для земель, располо-

женных на плоских водоразделах, в верхних частях склонов с малыми уклонами поверхности земли и слабоводопроницаемыми почвами. Грунтовые воды обычно находятся глубоко и не имеют связи с верхними слоями почвы.

Для *грунтового* ТВП характерно высокое стояние уровня воды в грунте, что препятствует обработке земель и выращиванию сельскохозяйственных культур.

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

Переувлажнение земель при *склоновом* ТВП (делювиальном) происходит в результате поступления поверхностных вод со склонов водосбора, примыкающего к объекту осушения. Такое водное питание имеют заболоченные земли у подножья склонов, сложенных слабоводопроницаемыми грунтами.

Если переувлажнение земель вызвано затоплением паводковыми водами, выходящими из берегов рек и озер, то такое водное питание называется *намывным* (*аллювиальным*). Этот тип водного питания характерен для речных и озерных пойм.

В пределах одного массива может быть несколько типов водного питания, в этом случае говорят о смешанном водном питании. И тогда при назначении необходимых мелиоративных мероприятий исходят из основного типа водного питания, определяемого на основе водного баланса переувлажненных земель.

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. Водно-физические свойства почв

Физические свойства почвы во многом определяются ее структурой, 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 содержа-

ние 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 подразделяют на группу физического песка (частицы более 0,01 мм) и группу физической глины (частицы менее 0,01 мм). По соотношению этих групп почва относят к соответствующему типу по гранулометрическому составу. Из всех классификаций почв по гранулометрическому составу наибольшее распространение получила классификация Н. А. Качинского.

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 г/см³. Накопление зольных элементов при разложении торфа увеличивает объемную массу до 0,46 г/см³ и даже несколько больше.

Общая порозность, или скважность, почвы представляет собой общий (суммарный) объем почвенных пор, заполненных водой или воздухом.

хом, выраженный в процентах от общего объема почвы. Вычисляют ее в процентах от единицы объема по формуле

$$p = \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_{т.ф}} \right) 100, \quad (3.4)$$

где p – порозность почвы, % объема почвы;

γ – объемная масса (плотность) почвы, г/см³;

$\gamma_{т.ф}$ – плотность твердой фазы почвы, г/см³.

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.

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 °С.

Физически связанная вода делится на гигроскопическую (адсорбированные 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 капельножидкой воды. Передвижение парообразной воды происходит из слоев, более насыщенных парами, к менее насыщенным или из слоя с более высокой температурой и упругостью в слой с более низкой температурой.

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

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

Грунтовая вода образуется в водоносном слое, лежащем на мало-водопроницаемом 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 :

$$\beta = (m_v / m_c)100. \quad (3.5)$$

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

$$W = 100ha\beta, \quad (3.6)$$

где a – 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 процен-

тах от объема почвы) и ее объемную массу или плотность α (г/см³), можно определить ПВ = P / α (процент от массы сухой почвы).

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

$$\mu = \text{ПВ} - \text{НВ}. \quad (3.7)$$

Отношение объема свободно вытекающей из почвогрунта воды W (м³) к объему почвогрунта V (м³) 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

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}, \quad (3.8)$$

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 :

$$K_{\text{ср}} = K_\alpha / t^\alpha, \quad (3.9)$$

где K_α – 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 А. Дарси (Франция, 1856). Он установил, что объем воды, который проходит через слой песка, прямо пропорционален напору и обратно пропорционален пути фильтрации:

$$W = K\omega th / l, \quad (3.10)$$

где W – объем воды, см^3 ;

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

ω – площадь живого сечения, см^2 ;

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

$$V = Ki. \quad (3.11)$$

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 .

3.5. Процессы болотообразования

Болото – это 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 в результате длительного затопления грунтовыми водами понижений, речных долин и надпойменных террас. Иногда низинный торф образуется при зарастании озер и стариц. Степень разложения низинных торфяников колеблет-

ся в пределах от 30 до 60 %, зольность их достигает 35 %. Эти торфяники представляют наибольший интерес в сельском хозяйстве.

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 низкое 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 ухудшаются. 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.

В зависимости от мощности торфяного слоя торфяно-болотные и заболоченные почвы делят на следующие виды:

- торфянисто-глеевые, у которых торфяной слой не превышает 30 см;
- торфяно-глеевые, у которых слой 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, которая определяет их повышенное потенциальное плодородие. Другим показателем, выражающим суммарное содержание минеральной составляющей, является зольность. Зольный состав торфяников формируется в основном из минерализовавшихся остатков растений торфообразователей и, кроме того, из минеральных веществ, взвешенных и частично растворенных в поверхностных и грунтовых водах, а также из частиц, выпадающих с атмосферными осадками и приносимых ветром. Общая зольность торфяников составляет в среднем 5–35 %.

3.6. Режим осушения

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

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 предпосевно-посевной период и в периоды летне-осенних затяжных дождей.

Установленная глубина грунтовых вод, до которой они должны быть понижены с помощью осушения (в критические периоды исходя из требований растений и производства работ), называется нормативной глубиной осушения (*нормой осушения*). Определив норму осушения, а также учитывая гидрометеорологические и гидрогеологические условия, в которых находится объект, устанавливают глубину осушительных каналов и другие параметры мелиоративной системы.

Для наблюдения за колебаниями нормы осушения на мелиоративной системе устраивают специальные сооружения, которые называют наблюдательными колодцами (скважинами) (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Наблюдательный колодец для наблюдений за уровнем грунтовых вод на мелиоративной системе

Сроки, в течение которых уровень грунтовых вод должен опуститься до нормы осушения, зависят от сельскохозяйственного использования мелиорируемых земель и составляют:

- в весенний период: под пахотные и пастбищные земли – 10 сут; под луговые земли – 15 сут;
- в летне-осенний период приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Сроки отвода избыточных вод, сут

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
Луговые земли	1,5	3,0	8,0	15

Важной характеристикой режима осушения является допустимая продолжительность затопления поверхности земли.

Сроки отвода избыточных вод в вегетационный период с поверхности земли и корнеобитаемого слоя во время дождевых паводков приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Допустимая продолжительность затопления многолетних трав весенними половодьями 10%-ной обеспеченности, сут

Вид луговых трав	Срок затопления
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

3.7. 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 последующего сельскохозяйственного использования земель.

Основные методы осушения приведены ниже.

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. Определяющим при выборе метода осушения является тип водного питания.

Способ осушения земель – это совокупность конкретных гидротехнических, гидромелиоративных, агромелиоративных, агротехнических и других мероприятий, ликвидирующих причины заболачивания земель и создающих в корнеобитаемом слое почвы оптимальный водно-воздушный режим. Фактически способ осушения является конструктивным исполнением метода осушения.

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, применяют два способа осушения и более в различных сочетаниях. Ниже перечислены наиболее распространенные способы осушения применительно к изложенным выше методам осушения.

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

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

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

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

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

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

При выборе способа осушения оценивают возможные объемы сброса воды. Мелиоративная сеть и сооружения на ней должны содействовать ускорению пропуска паводковых вод и ликвидации затопления территории в установленные сроки.

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

3.8. Способы осушения земель и условия их применения

Открытую регулирующую сеть применяют в следующих случаях:

- для предварительного осушения заболоченного массива (перед строительством закрытого дренажа);
- на первом этапе осушения (при зарастании территории более чем на 30 % кустарником и мелколесьем; при наличии более 50 контуров на 100 га сельскохозяйственных земель);
- при содержании более 8 мг/л закисного железа в грунтовых водах осушаемого массива;
- при осушении торфяных выработок карьерного типа, рекультивируемых для использования в сельском хозяйстве;
- при осушении территории под сенокосные земли;
- при осушении территории с интенсивным грунтово-напорным питанием;
- при осушении площадей для заготовки торфа на удобрения;
- при осушении лесов;
- при содержании в верхнем слое грунта толщиной 1 м не менее 2 % камней размером свыше 30 см.

Выборочную открытую осушительную сеть устраивают при необходимости для следующих целей:

- сброс застаивающихся поверхностных вод из замкнутых понижений при улучшении естественных луговых земель на поймах со сложным западным рельефом;
- перехват поверхностных склоновых вод и фильтрующих грунтовых вод с прилегающих водосборных земель в местах, где это позволяют гидрогеологические условия;
- понижение уровня грунтовых вод в процессе строительства дренажа. В этом случае открытая сеть после закладки дренажа должна засыпаться.

На территории со сложным рельефом и при уклонах местности более 0,001 осушение каналами малоэффективно и не рекомендуется.

Во всех остальных случаях должна проектироваться, как правило, осушительная сеть в виде *закрытого горизонтального 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 открытую сеть дополняют 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 агрономических мероприятий и других мер, направленных на улучшение среды обитания растений.

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* увязывают между собой таким образом, чтобы они служили как для интенсивного осушения во влажные периоды, так и для увлажнения.

На плане регулирующую сеть необходимо располагать по возможности под острым углом к горизонталям, 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 90° к направле-

нию движения потока воды в водоприемнике (реке, магистральном канале).

Открытая осушительная сеть. Расстояние между каналами систематической открытой осушительной сети рассчитывают по различным формулам (в зависимости от природно-геологических и других условий) или принимают по ТКП «Мелиоративные системы и сооружения. Правила проектирования».

Длину открытых осушителей и собирателей принимают в пределах 700–1500 м. При осушении участков неправильной (сложной) конфигурации в виде исключения допускают длину каналов менее 700 м.

Глубину каналов назначают 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 крепление русла и сооружения, позволяющие уменьшить уклон канала (перепады, быстротоки).

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 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.

Закрытый дренаж устраивают траншейным (ширина траншеи 50 см), узкотраншейным (ширина траншеи – 12–30 см) и бестраншейным способами. Бестраншейный способ наиболее производительный. Его используют при укладке гибких (пластмассовых и др.) дренажных труб, устройстве кротового и щелевого дренажей.

Керамический дренаж устраивают 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. Регулирующую сеть дренажа устраивают 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.

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

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 принимают 50 мм. Уклоны дрен и закрытых собирателей при минимальном диаметре должны быть не менее 0,003. 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 дренажи 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 водонасы-

ценных песках и илах – не более 150 м. При осушении окраин массива длина дрена принимают не менее 50 м.

При осушении мелкозалежных торфяников закрытая регулирующая сеть должна размещаться в подстилающем грунте. При пересечении со староречьями, засыпаемыми каналами, на участках плавунных грунтов необходимо предусматривать стеллажи.

При проектировании закрытого дренажа на слабопроницаемых почвах необходимо предусматривать, как правило, устройство объемных фильтров (обсыпок) толщиной не менее 20 см с использованием местных, естественных или искусственных строительных материалов.

Для предотвращения механического заилиения дрен применяют различные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ) – органические (мох, торф, солома и др.) и минеральные (песчано-гравийные смеси, шлаки, гранулированные отходы химической промышленности, искусственные стеклоткани, стеклохолсты и т. д.). Чтобы ЗФМ обеспечивали надежную работу дренажа, их коэффициент фильтрации должен превышать водопроницаемость песчаных грунтов не менее чем в 5, торфяных – в 10, тяжелых – в 20 раз.

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

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 (рис. 3.3), 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);

- водоемы-копаны (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.

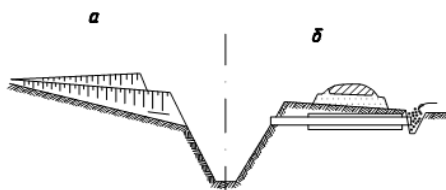


Рис. 3.3. Воронки: а – открытая; б – закрытая

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

Ложбины стока (рис. 3.4) прокладывают по наиболее низким элементам рельефа. Максимальная глубина ложбин должна составлять 0,6 м, минимальная – 0,2 м, ширина по дну – 0–10 м. Заложение откосов должно быть не менее 1:10, уклон дна – более 0,002, длина – не более 400 м.

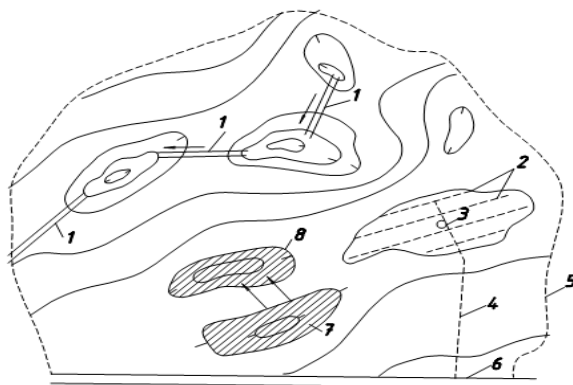


Рис. 3.4. Схема осушения земель со сложным рельефом:
1 – ложбины стока; 2 – закрытые собиратели; 3 – поглотительный колодец;
4 – транспортирующий собиратель; 5 – граница осушения; 6 – водоприемник;
7 – срезанный бугор; 8 – засыпанное понижение

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

При проектировании западинных ложбин гидравлического расчета не требуется, а по тальвеговым ложбинам они приводятся при расходе воды $Q^{10\%}$ 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, а с закрытым коллектором – через колодец-поглотитель.

Кротовый дренаж применяют на тяжелых (глинистых) и торфяных почвах в сочетании с керамическим, полиэтиленовым дренажем и открытыми каналами для ускорения отвода избыточных поверхностных и грунтовых вод из корнеобитаемого слоя почвы. Кротовые дрены устраивают длиной $100\text{--}200 \text{ м}$ с уклоном $0,003\text{--}0,005$, глубиной $0,5\text{--}0,7 \text{ м}$, диаметром $6\text{--}8 \text{ см}$. Кротовый дренаж допускается применять при осушении болот без погребенной древесины при степени разложения торфа не менее 45% и мощности пласта торфа более $0,8 \text{ м}$. На минеральных почвах грунтового и грунтово-напорного питания кротование и глубокое рыхление не применяют.

Колодцы-поглотители применяют для отвода поверхностных вод из замкнутых понижений с площадью водосбора не менее 3 га . Их желательно размещать по границам полей севооборотов, дорог, опор линий электропередач, чтобы не создавать помех при обработке мелиорируемых земель. Поверхность земли вокруг колодца срезают с таким расчетом, чтобы образовалось воронкообразное понижение в форме усеченного конуса с глубиной у стен колодца $0,25\text{--}0,30 \text{ м}$.

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% -ной обеспеченности и допустимого времени застоя воды на поверхности ($10\text{--}15 \text{ сут}$) [16].

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

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

Наиболее приемлемая форма копани в плане – прямоугольная. Длинную сторону водоема необходимо расположить в направлении вспашки полей. Форму водоема следует принимать в соответствии с формой понижения с целью уменьшения объема земляных работ при обустройстве. Крепление откосов, как правило, осуществляют посевом трав. Для предохранения размыва откосов поверхностными водами по периметру водоема устраивают ловчие канавки с воронками стока в понижениях рельефа, закрепленные сплошной одерновкой. По берегам водоема-копани организуют природоохранные прибрежные полосы и водоохранные зоны шириной не менее 20 м.

Глубина водоемов-копаней должна быть не более 3,0–3,5 м исходя из усложнения технологии производства работ. Рассчитывают его на объем весеннего стока 10%-ной обеспеченности.

Ликвидация (раскрытие) западин и понижений. Западины глубиной менее 0,15 м и площадью менее 0,03 га засыпают в процессе планировки длиннобазовым планировщиком. При большей площади предусматривают их засыпку 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 водоохранных и природоохранных 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.

Одним из наиболее распространенных агромелиоративных мероприятий в Беларуси является *глубокое рыхление* подпаханного 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.

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 характерны высокая набухаемость, появление трещин при высыхании, малая водо- и воздухопроницаемость, ухудшение водно-физических свойств, слабая микробиологическая активность и высокое сопротивление при обработке.

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

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

Для повышения плодородия уплотненных почв и улучшения условий их обработки требуется проведение мероприятий по их *разуплотнению*. Кроме того, чтобы ликвидировать переуплотнение почвы и эффективнее ее использовать, прибегают к другим мелиоративным приемам.

Почвы первичного уплотнения, если они были переувлажнены, осушают традиционными способами с добавлением ранее перечисленных агромелиоративных мероприятий. При вторичном уплотнении необходимы дополнительные меры. В их состав входят формирование оптимальной структуры посевных площадей с повышением доли многолетних трав, внесение повышенных доз органических удобрений, глубокая обработка почвы, ограничение непроизводительных перемещений техники, правильный выбор механизмов для производства полевых работ. В дополнение к этим приемам рекомендуется глубокое рыхление уплотненной части почвенного профиля.

Осушение пойменных земель. На практике для регулирования продолжительности затопления пойм и низменностей могут применяться польдерные мелиоративные системы (рис. 3.5).

Они представляют собой совокупность гидромелиоративных сооружений, предназначенных для регулирования водного режима на периодически или постоянно затапливаемых землях.

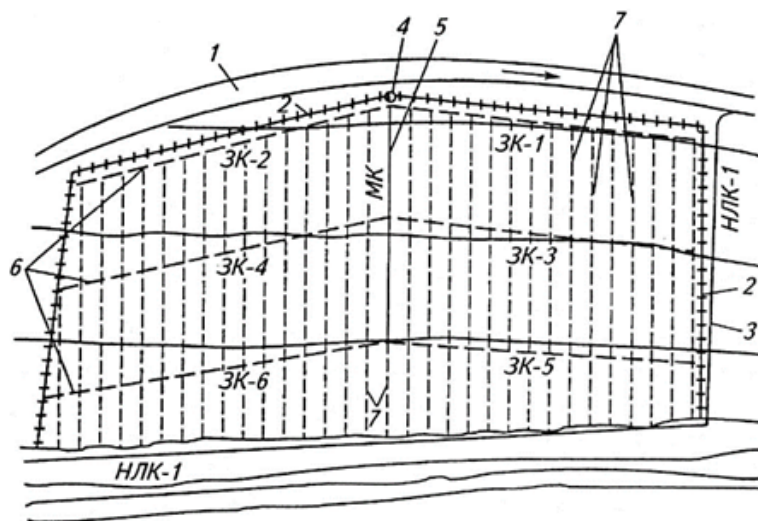


Рис. 3.5. Схема польдерной системы: 1 – река-водоприемник; 2 – дамбы обвалования; 3 – оградящая осушительная сеть (нагорно-ловчий канал – НЛК); 4 – насосная станция; 5 – магистральный канал (МК); 6 – закрытые коллекторы (ЗК); 7 – регулирующая сеть

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

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

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

Зимние польдеры ограждают незатапливаемыми дамбами, которые исключают затопление земель на польдере при максимальных паводках с повторяемостью (обеспеченностью), установленной в зависимости от характера использования земель на польдере. На летних польдерах дамбы обвалования и, 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 предусматривают 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, допусти-

мая продолжительность весеннего затопления которых больше фактической; при отсутствии на пойдере жилых и производственных построек; с целью сохранения весеннего половодья с экологической точки зрения, например сохранения мест нереста рыб и др.

Весенние пойдеры 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 пойдеры, когда продолжительность весеннего затопления 15%-ной обеспеченности превышает 45 сут.

Отличительным элементом пойдерной 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 приустьевых 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.

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

Чтобы мелиоративная сеть функционировала эффективно, ее оснащают 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. [2].

По своему назначению гидротехнические сооружения можно разделить на следующие пять групп.

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, скотопрогоны, пешеходные мосты.

К третьей группе относят 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, посея трав, биоковры и др.

И наконец, к пятой группе сооружений относят эксплуатационные и рекреационные сооружения – наблюдательные колодцы, гидрометрические створы, береговую обстановку, водоемы-копани, пляжи, места отдыха населения.

Некоторые сооружения могут выполнять несколько функций. Например, труба-регулятор может использоваться одновременно для регулирования уровней воды в водотоке и служить проездным 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 увязывают с проводящей сетью, водоприемником и другими сооружениями, границами землепользователей и полей севооборотов. Дороги должны иметь связь с основными транспортными магистралями. Вид дороги и ее конструкцию принимают в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Ниже рассмотрены наиболее распространенные современные сооружения, применяемые на гидромелиоративных системах.

Дренажные устья. Эти сооружения предназначены для сопряжения закрытой проводящей сети с открытой. Дренажное устье представляет собой укрепленный оголовок из железобетонных, асбестоцементных или пластмассовых труб, позволяющий сбросить воду из закрытой осушительной сети в открытый водоток (рис. 3.6).

Условия применения *колодцев-поглотителей* изложены ранее. Они работают следующим образом. Вода с местного водосбора собирается в искусственном понижении вокруг колодца и перетекает

внутри. Оттуда по отводящему коллектору она удаляется за пределы мелиорируемого объекта (рис. 3.7).



Рис. 3.6. Асбестоцементное дренажное устье



Рис. 3.7. Колодец-поглотитель (крышка снята)

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

Мосты строят на открытых каналах с расходами воды более $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$, а *трубы-переезды* – при расходах менее $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Кроме этого на осушительной системе могут устраиваться гидрометрические посты, сооружения и устройства, применяемые для охраны естественного ландшафта, видового обогащения сельских поселений (пешеходные мосты, переходы для диких животных, гидротехнические противозерозивные сооружения и др.).

3.10. Оросительные мелиорации и способы орошения

Площадь орошаемых земель в странах мира в последние 200 лет неизменно 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.

Начало производственного орошения в условиях Беларуси приходится на середину 60-х гг. Через тридцать лет (в конце 90-х гг.) 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, так и сточные воды животноводческих комплексов.

Поскольку срок службы поливной техники ограничен, то по данным последней инвентаризации оросительные системы в работоспособном состоянии находились на площади 8,3 тыс. га и системы, нуждающиеся в реконструкции и восстановлении, – 7,6 тыс. га.

Среди перечня задач, которые необходимо решить для повышения эффективности орошаемого земледелия, первое место принадлежит правильному выбору объектов для строительства оросительных систем. Выбор объектов орошения в условиях республики необходимо производить в два этапа. На первом 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.

Разнообразие встречающихся условий (климатических, геоморфологических, топографических, почвенных, гидрогеологических и хозяйственно-экономических) в разных зонах предполагает применение различных способов и техники орошения земель.

Способ орошения – это совокупность приемов, устройств и технического оборудования, применяемых для распределения воды по орошаемому полю. *Техника полива* включает конкретные технические средства и технологию реализации способа орошения.

При выборе способа орошения необходимо учитывать:

- климатические условия;
- почвы и их водно-физические свойства;
- рельеф участка;
- гидрогеологические условия;
- требуемый режим подачи воды для орошения конкретного вида сельскохозяйственных угодий;
- экономические показатели;
- наличие эколого-социального эффекта.

В условиях Республики Беларусь в настоящее время в качестве способов орошения при соответствующем эколого-экономическом обосновании следует принимать:

- дождевание;
- капельное орошение;
- внутривредное орошение;
- поверхностное орошение.

При выборе первоочередных объектов орошения следует учитывать основные показатели:

- биологическую продуктивность орошаемых земель при оптимальном для сельскохозяйственных культур водном режиме;
- гидрометеорологическую потребность в орошении;
- достигнутый землепользователем уровень сельскохозяйственного производства и его специализацию.

Первоочередными объектами оросительных мелиораций с учетом специализации являются овощеводческие и плодово-ягодные насаждения, а также объекты, расположенные в зоне животноводческих комплексов для создания кормовой базы.

3.11. Оросительные системы

Под *оросительной системой* понимают территорию, оборудованную 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. 3.8).

В состав оросительной системы входят следующие элементы:

- орошаемые земли;
- водоисточник орошения;

- головное водозаборное сооружение и насосная станция;
- магистральный оросительный канал (трубопровод);
- распределительные проводящие каналы или трубопроводы;
- регулирующая оросительная сеть и оросительные устройства;
- водоотводная сеть, включающая закрытый дренаж при борьбе с подтоплением и на водооборотных системах с применением для полива сточных вод;
- сооружения на каналах (трубопроводах);
- дороги, телефонная и электрическая сеть, производственные постройки;
- природоохранные сооружения и защитные лесополосы.

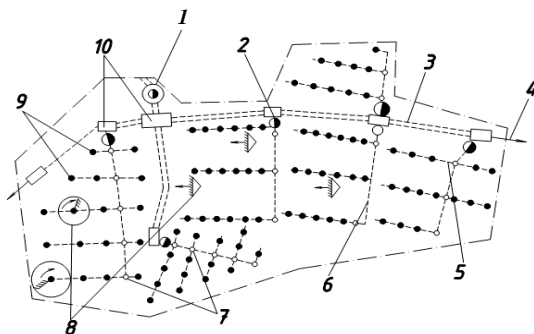


Рис. 3.8. Схема закрытой оросительной сети:

- 1 – головная насосная станция; 2 – насосная станция подкачки;
 3, 5, 6 – магистральный, распределительный и хозяйственный трубопроводы;
 4 – концевые сбросы; 7 – колодцы с задвижками;
 8 – дождевальные машины; 9 – гидранты; 10 – регулирующие бассейны

В Республике Беларусь применяют в основном закрытые оросительные системы с механическим водоподъемом и дождевальной техникой как наиболее отвечающие требованиям сельскохозяйственного производства и природным условиям этой территории.

Основными требованиями, предъявляемыми к оросительным системам, следует считать:

- гарантированное обеспечение в заданных почвенно-климатических условиях водного режима почв в соответствии с потребностями в воде конкретного вида сельскохозяйственных культур;

- создание условий для соответствующего регулирования питательного, воздушного и теплового режимов почв во взаимосвязи с водным режимом;

- надежность и долговечность системы;

- ресурсосбережение и экологическая безопасность;

- экономическую эффективность проектируемой оросительной системы.

Трубчатую оросительную сеть проектируют, как правило, тупиковой с одно- или двусторонним ответвлением трубопроводов низших порядков. Предпочтение следует отдавать тупиковой схеме с двусторонним расположением распределительных и поливных трубопроводов.

Применение кольцевой оросительной сети должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Оросительная сеть в плане должна проектироваться в увязке с рельефом местности, инженерно-геологическими условиями, принятыми способами и техникой полива, требованиями рациональной организации орошаемой территории и минимальной протяженности сети.

Увязку трубопроводов в вертикальной плоскости производят с соблюдением продольных уклонов не менее 0,001.

При необходимости и соответствующем обосновании, а также при плоском рельефе местности допускается уменьшать уклон до 0,0005.

Для опорожнения закрытой оросительной сети необходимо предусматривать выпуски в пониженных точках трубопроводов с самотечным движением воды в ближайший водоток, канаву, овраг.

Глубину укладки труб, считая до низа трубы, следует принимать на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания.

При определении глубины укладки следует также учитывать материал труб, внешние нагрузки от транспорта и условия пересечения с другими подземными сооружениями и коммуникациями.

Трубопроводы во всех грунтах, за исключением плавунных и илистых, следует укладывать на естественный грунт ненарушенной структуры, предусматривая выравнивание, а в необходимых случаях – профилирование основания. В илистых и других слабых грунтах необходимо предусматривать укладку труб на искусственное основание.

Для трубчатой оросительной сети могут применяться напорные трубы:

- пластмассовые;

- стеклопластиковые;

- асбестоцементные водопроводные;

- железобетонные;

- стальные.

Выбор материала трубопроводов должен производиться на основании анализа условий их работы, статистического расчета, агрессивности грунта, качества оросительной воды. Применение стальных труб допускается при переходах под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги.

На поворотах в горизонтальной или вертикальной плоскости трубопроводов из раструбных труб или соединяемых муфтами, когда возникающие усилия не могут быть восприняты стыками труб, должны быть предусмотрены упоры, а на переходах с большего диаметра на меньший – плиты упорные.

Расчетный расход оросительной сети при дождевании определяют в соответствии с графиком полива, учитывающим количество и параметры дождевальной техники.

Диаметры трубопроводов должны определяться на основе гидравлических расчетов, путем технико-экономического сопоставления различных вариантов.

В результате гидравлического расчета трубопроводов должны быть установлены потери напора на участках трубопровода от водоисточника до наиболее удаленных командных точек.

Потери напора на местные сопротивления без учета потерь напора в насосной станции следует принимать в размере до 10 % от суммы потерь на трение при движении воды в трубопроводе.

При определении диапазона требуемых напоров насосной станции следует рассматривать следующие расчетные случаи размещения дождевальных машин на участке:

- максимальное количество одновременно работающих машин подключено к гидрантам, наиболее удаленным от насосной станции или находящимся по отношению к ней в наиболее невыгодных топографических условиях;

- максимальное количество одновременно работающих дождевальных машин подключено к гидрантам, расположенным вблизи насосной станции;

- работает дождевальная машина, имеющая минимальный расход и подключенная к гидрантам, наиболее удаленным от насосной станции или находящимся по отношению к ней в наиболее невыгодных топографических условиях;

- работает дождевальная машина, имеющая минимальный расход и подключенная к гидрантам, расположенным вблизи насосной станции.

Максимальное количество одновременно работающих дождевальных машин должно быть установлено на основании графика полива

сельскохозяйственных культур для расчетного года с учетом принятой сезонной нагрузки на дождевальные машины и их технических характеристик.

Трубопроводы оросительной сети должны быть проверены на возможность возникновения в них избыточного давления от гидравлического удара. При необходимости следует предусмотреть меры по защите трубопроводов от разрушения.

Для предотвращения гидравлического удара необходимо предусматривать:

- установку на трубопроводе клапанов для впуска и заземления воздуха в местах вероятного разрыва сплошности потока;
- установку предохранительных клапанов у насосной станции за обратным клапаном (считая по направлению движения воды в трубопроводе);
- установку вантузов на высоких переломных точках трубопровода;
- установку на трубопроводах воздушных колпаков;
- сброс воды из трубопроводов через обратные клапаны, задвижки и насосы в обратном направлении;
- установку предохранительных клапанов и клапанов-гасителей гидравлического удара;
- установку в промежуточных точках трубопровода обратных клапанов в сочетании с клапанами для впуска воздуха;
- увеличение продолжительности закрытия задвижек, выключающих трубопровод из работы.

Вантузы для выпуска воздуха следует проектировать в повышенных точках перелома продольных профилей трубопроводов и в их конце при положительных уклонах. Диаметр отвода тройника в месте установки вантуза должен быть не менее диаметра трубопровода.

Регуляторы давления для автоматического поддержания постоянного расчетного давления воды следует устанавливать в голове оросительных трубопроводов и перед дождевальной техникой, требующей постоянного давления на входе.

Гасители гидравлического удара необходимо предусматривать:

- на напорной линии насосной станции для всех типов оросительных систем;
- на распределительном узле трубопроводов перед задвижками со стороны надкомандного трубопровода на расстоянии 15–20 м от водораспределительного колодца;
- на концах тупиковых трубопроводов и на расстоянии 15–20 м перед центральной опорой дождевальных машин кругового действия.

Установка арматуры закрытой оросительной сети: задвижек, компенсаторов, обратных клапанов, индукционных расходомеров, регуляторов давления должна быть предусмотрена в колодцах (камерах). Бескамерная установка арматуры закрытой оросительной сети допускается при обосновании.

Параметры колодцев (камер) в плане и их высота определяются количеством и размерами размещаемой в них арматуры с учетом допустимых минимальных расстояний от элементов арматуры до внутренних поверхностей колодцев (камер) в соответствии с технологическими требованиями.

3.12. Режим орошения сельскохозяйственных культур

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.

Под *поливной нормой нетто* понимают количество поливной воды ($\text{м}^3/\text{га}$ или мм), переведенное из проточного состояния в почвенные влагозапасы корнеобитаемого слоя в течение одного полива.

Поливную норму нетто m ($\text{м}^3/\text{га}$) можно рассчитывать в зависимости от данных, полученных в ходе почвенных изысканий по одной из следующих формул:

$$m = 10h\gamma (\beta_{\text{вп}} - \beta_{\text{пу}}), \quad (3.12)$$

где h – мощность расчетного слоя, см;

γ – плотность почвы, $\text{г}/\text{см}^3$;

$\beta_{\text{вп}}$, и $\beta_{\text{пу}}$ – соответственно влажность почвы при заданных верхней и предполивной границах увлажнения, % от массы сухой почвы.

Нижний и верхний пределы регулирования почвенных влагозапасов относятся к исходным показателям режима орошения и зависят от вида культуры, фазы ее развития и гранулометрического состава почв участка. Поливные нормы также зависят от вида сельскохозяйственных культур, фазы их развития, гранулометрического состава почв

участка и степени их окультуренности и ориентировочно принимаются равными (м³/га):

- 150–200 – для песчаных почв;
- 200–250 – для супесчаных почв;
- 250–300 – для суглинистых почв.

Поливная норма брутто учитывает потери воды в процессе полива. Величина суммарных потерь в среднем принимается равной 10 %, увеличиваясь в засушливые периоды до 15 %.

Другие элементы проектного режима орошения сельскохозяйственных культур определяют путем расчета водного баланса почвы по декадам вегетационных периодов многолетнего ряда.

При этом влагозапасы расчетного слоя почвы на конец i -й декады W_k^i (мм) определяют по формуле

$$W_k^i = W_n^i + K_n P^i - \phi E^i - C^i + V_r^i + m n_n^i, \quad (3.13)$$

где W_n^i – влагозапасы расчетного слоя почвы на начало i -й декады, мм;

K_n – поправочный коэффициент;

P^i – измеренные осадки за i -ю декаду, мм;

ϕ – коэффициент корректировки водопотребления;

E^i – водопотребление культуры за i -ю декаду, мм;

C^i – внутрпочвенный сток атмосферных осадков, выпавших в i -ю декаду и увлажнивших почву сверх равновесного влагосодержания, мм;

V_r^i – подпитывание от уровня грунтовых вод за i -ю декаду, мм;

m – поливная норма, мм;

n_n^i – число поливов в i -й декаде.

При проектировании режима орошения дождеванием водопотребление сельскохозяйственных культур E (мм) определяют биоклиматическим методом по формуле

$$E = 1,35 n K_6 d^{0,5}, \quad (3.14)$$

где n – число суток в декаде;

K_6 – биоклиматический коэффициент при оптимальной влажности почвы конкретной сельскохозяйственной культуры;

d – среднесуточное значение дефицита влажности воздуха, мб/сут.

Значение d принимают по данным ближайших метеостанций к рассматриваемой оросительной системе.

Величину внутрпочвенного стока C^i (мм) определяют по формуле

$$C^i = K_c (W_k^i - W_{\text{нв}}), \quad (3.15)$$

где K_c – коэффициент стока;

$W_{\text{нв}}$ – влагозапасы расчетного слоя почвы при наименьшей влагоемкости, мм.

Значения K_c необходимо принимать в зависимости от гранулометрического состава почвы:

- 1,0 – для песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почв;
- 0,95 – для среднесуглинистых почв;
- 0,90 – для тяжелосуглинистых и глинистых почв.

Проектирование оросительных систем в Беларуси осуществляется, как правило, в условиях глубокого (более 3 м) залегания уровня грунтовых вод. При этом значение V_r^i в формуле (3.13) принимают равным нулю.

В проектном режиме орошения сельскохозяйственных культур продолжительность интервала между очередными поливами (межполивной интервал) приравнивается к поливному периоду. Продолжительность расчетного поливного периода определяет допустимую нагрузку на дождевальную машину (площадь, обслуживаемую конкретной дождевальной техникой с учетом ее производительности).

Под *оросительной нормой* понимают количество воды ($\text{м}^3/\text{га}$ или мм), которое необходимо подать на поле дополнительно к выпадающим атмосферным осадкам, чтобы поддерживать почвенные влагозапасы 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, считая от начала поливов и до их завершения. Поэтому оросительную норму относят к суммирующим характеристикам режима орошения.

Оросительные нормы даже для одной сельскохозяйственной культуры не остаются постоянными из года в год. Они изменяются в зависимости от метеоусловий. Поэтому при составлении проектов оросительных систем необходимо знать оросительные нормы для лет различной обеспеченности (повторяемости). Выбор года расчетной обеспеченности производят по результатам водобалансовых расчетов за многолетний период, в процессе которых определяют оросительные нормы для конкретной культуры в каждый реальный год. По полученным значениям оросительных норм строят эмпирические кривые обеспеченности и устанавливают их статистические характеристики. Далее подбирают теоретическую кривую обеспеченности и по ней находят норму ороше-

ния для года расчетной обеспеченности (норма водопотребности). Таким образом, под *нормой водопотребности* понимают оросительную норму, вычисленную для года расчетной обеспеченности.

Изложенная методика расчета норм водопотребности по реальным годам длительного ряда достаточно трудоемка, поэтому расчеты рекомендуется проводить на ЭВМ с учетом пространственно-временной их изменчивости.

3.13. Орошение дождеванием

Основным и наиболее перспективным способом орошения сельскохозяйственных культур в зоне неустойчивого увлажнения является дождевание.

В процессе проектирования оросительных систем выбор дождевальных устройств следует проводить в два этапа. Первый этап выбора дождевальной техники осуществляют на основании анализа следующих показателей:

- климатических;
- почвенно-мелиоративных;
- геоморфологических;
- агробиологических;
- хозяйственных.

Если на первом этапе установлено, что на рассматриваемом участке можно применить несколько видов дождевальных устройств, то необходимо выполнить второй этап выбора – технико-экономическое обоснование по минимуму приведенных затрат.

После выбора дождевальных устройств переходят к расчету элементов техники полива. В результате этого расчета устанавливают сменную, суточную и сезонную производительность (предельно допустимую сезонную нагрузку), а также необходимое количество дождевальной техники.

При выборе дождевальной техники необходимо учитывать:

- пригодность для орошения данного вида сельскохозяйственных культур;
- соблюдение оптимальных сроков и норм полива с учетом требований сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях;
- допустимый размер капель искусственного дождя;

- равномерность распределения поливной воды по всей площади с допустимой интенсивностью без образования на поверхности луж и стока.

Равномерность распределения дождя по орошаемой площади характеризуется коэффициентами эффективного, недостаточного и избыточного поливов, которые определяются отношением соответственно эффективно, недостаточно и избыточно политой площади к общей площади захвата дождевальная машиной.

Эффективно политая площадь – это площадь, политая с интенсивностью, равной среднеарифметической, с отклонением, допускаемым агротехническими требованиями, $\pm 25\%$. Во всех других случаях площади следует считать или избыточно, или недостаточно политыми. Коэффициент эффективного полива должен быть более 0,7–0,8.

Классификация дождевальных устройств. Устройство для образования искусственного дождя, не имеющее частей, перемещающихся относительно друг друга, называют дождевальной насадкой.

Устройства для образования искусственного дождя и распределения его по площади полива, включающие подвижные элементы, называют дождевальными аппаратами (рис. 3.9) и машинами (рис. 3.10).

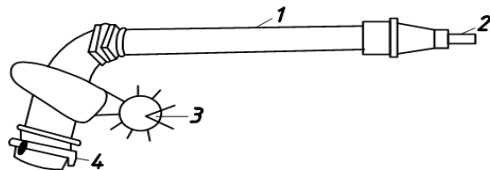


Рис. 3.9. Дальнеструйный дождевальный аппарат:
1 – ствол; 2 – сопло; 3 – механизм привода вращения (гидравлическая турбинка); 4 – присоединительный узел

Дождевальные устройства подразделяют на короткоструйные – радиус разброса капель дождя до 10 м, среднеструйные – до 40 м и дальнеструйные – свыше 40 м. По напору воды они могут быть низконапорными – до 0,3 МПа, средненапорными – 0,3–0,5 МПа и высоконапорными – 0,5–0,6 МПа.

По способу перемещения их подразделяют на дождевальные агрегаты, машины и установки. Дождевальные агрегаты состоят из самоходной опоры и насосного агрегата, смонтированного в комплексе с дождевальным устройством. Дождевальные машины состоят из самоходных опор, на которых смонтированы дождевальные устройства. Напор для них создает автономная насосная станция.

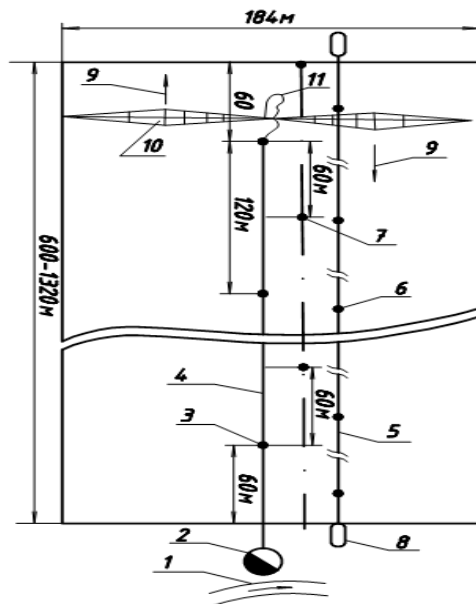


Рис. 3.10. Схема оросительной сети и оборудования для управления дождевальной машиной с электроприводом фронтальной шланговой «Мини Кубань-ФШ»:
 1 – источник орошения; 2 – насосная станция; 3 – гидрант;
 4 – оросительный трубопровод; 5 – трос направляющий;
 6 – стойка поддержки троса; 7 – упор для автоматической остановки дождевальной машины; 8 – тумба; 9 – направление перемещения;
 10 – дождевальная машина; 11 – гибкий шланг

Дождевальные установки не имеют самоходных опор. Вода к ним подается по трубчатой оросительной сети.

Рассмотрим современные дождевальные устройства, наиболее широко применяемые в Республике Беларусь.

Передвижные дальнеструйные дождевальные машины ПДМ-2500 и ПДМ-3000 применяют для орошения сенокосов, пастбищ, пропашных культур, овощей и др. (рис. 3.11). Обслуживаются трактором марки типа МТЗ, производительность полива изменяется соответственно до 1,2–2,0 га/ч, скорость движения распылителя – 10–150 м/ч, расход воды – до 60 м³/ч, площадь орошения – 2,45–6,30 га, дальность подачи воды от водоема – до 2 км, мощность привода насоса – не ниже 40 кВт,

рабочее давление – 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.



Рис. 3.11. Внешний вид шлангового дождевателя

Установка дождевальная УД-2500 предназначена для орошения садовых и ягодных культур путем перемещения распылителя вдоль рядов растений с забором воды из закрытого или открытого источника. От гидранта закрытой оросительной сети, автономной дизель-насосной станции или водяного насоса, установленного возле водоема и приводимого в действие через карданный вал с помощью ВОМ трактора, вода подается на гидропривод установки с давлением не ниже 0,3–1,0 МПа. В результате турбина гидропривода приводится 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. 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 – до 0,9 га/ч, скорость движения распылителя – 10–150 м/ч, расход воды – 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 – 2 · 400 м, масса – 3,5 т.

3.14. 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 внутривидное, синхронно импульсное и микродождевание, аэрозольное увлажнение и т. д.), основанные на предельном рассредоточении тока воды и малой интенсивности водоподачи, дают возможность значительно снизить потребность энергии.

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 технологий. Их сущность заключается в увлажнении участка почвы только вокруг растения. Микроиригационные методы используют поток воды, находящийся под давлением в закрытых трубах, для ее дальнейшей подачи в почву через насадки, капельницы и другие выпускные устройства. Преимущество этого орошения заключается в том, что оно требует более низких давлений и меньшего количества воды, чем обычное дождевание.

Различают два способа микроиригации – *капельное орошение* и *микродождевание*. При микродождевании вода через специальные 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).

Капельное орошение применяют на землях с уклонами до 0,35 при давлении в сети от 0,1 до 0,4 МПа и расходе водовыпусков (капельниц) до 20 л/ч.

Системы капельного орошения следует применять на всех типах почв (кроме глин и тяжелых суглинков) при уровнях грунтовых вод ниже нормы осушения в первую очередь при возделывании многолетних высокорентабельных плодово-ягодных насаждений интенсивного типа и при ограниченных водных ресурсах.

Схема системы капельного орошения в открытом грунте показана на рис. 3.12.

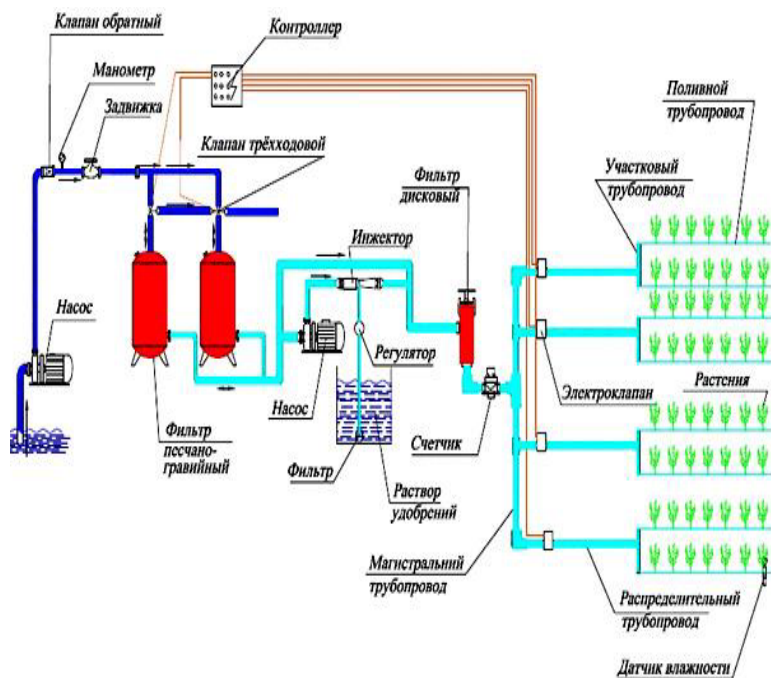


Рис. 3.12. Принципиальная схема системы капельного орошения

Поливные трубопроводы при поверхностной укладке следует проектировать вдоль рядов растений на шпалерной проволоке на высоте не более 70 см, чтобы обеспечить их сохранность при проведении агротехнических мероприятий.

При подземной укладке поливных трубопроводов их монтируют на глубине не менее 0,5 м с выводом капельниц при помощи отводных питателей.

Технические характеристики современных средств микроорошения закрытого грунта представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3. **Техническая характеристика современных средств полива для крестьянских (фермерских) хозяйств и закрытого грунта**

№ п/п	Наименование	Краткая техническая характеристика
1	Комплекс малоинтенсивного дождевания «Росинка»	Предназначен для орошения и защиты от заморозков садовых и огородных культур на площади 0,06 га. Расход – 0,2–0,5 л/с
2	Шланговый дождеватель позиционного действия «Кооператор»	Предназначен для полива овощных культур и ягодников. Площадь орошения с одной стоянки – 0,02 га, за сезон – 0,3–0,5 га
3	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 нед.
4	Комплекс импульсного локального орошения ИЛО-3 для промышленных теплиц	Оросительный модуль в среднем на 1000 м ²
5	Дождевальная машина фронтальная шланговая «Мини Кубань-ФШ»	Количество тележек – 3, расход – 20 л/с, рабочая длина гона – 600–1320 м, ширина захвата дождем – 184 м
6	Дождевальная машина кругового действия «Мини Фрегат-К»	Площадь полива на одной позиции – 3,3 га. Количество тележек – 1, расход – 7 л/с, длина машины – 89 м
7	Дождевальная машина фронтальная шланговая «Мини Фрегат-ФШ»	Количество тележек – 3, расход – 25 л/с, длина гона – 600–1300 м, ширина захвата дождем – 206 м, площадь орошения – 12,4–26,8 га

Расстояние между капельницами на поливном трубопроводе определяют расчетом в соответствии с впитывающей способностью корне-

обитаемого слоя почвы и водопотреблением растений. Капельницы располагают на расстоянии не менее 0,35 м от штамба деревьев на низкорослых подвоях и не менее 0,5 м – на остальных.

В плодоносящих и вступающих в плодоношение садах интенсивного типа на слабо- и среднерослых подвоях при капельном орошении глубину увлажнения следует принимать от 0,6 до 0,8 м.

Размер контура увлажнения одной капельницей в зависимости от гранулометрического состава почвы, расхода капельницы и продолжительности полива устанавливаются в процессе изысканий. Диаметр горизонтальной проекции контура увлажнения на легких почвах (легких суглинках, супесях) рекомендуется принимать от 0,4 до 1,0 м, на более тяжелых почвах с хорошо выраженными капиллярными свойствами – от 2,0 до 3,0 м.

3.15. Источники и качество оросительной воды

Источниками воды для орошения земель могут быть:

- воды рек с зарегулированным (прудами, водохранилищами) 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 покрывать потребности растений в воде в установленные сроки для года расчетной обеспеченности;
- водоисточник должен находиться вблизи орошаемого массива с целью снижения затрат на его строительство и эксплуатацию.

При выборе источника орошения необходимо знать следующие параметры:

- расход, который может доставлять данный источник орошения в течение оросительного периода, и его изменение по годам, т. е. сезонный и многолетний режим 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 водоемного источника от орошаемой площади и положение горизонтов воды);

- качество воды в источнике орошения.

Для подземных вод кроме указанных параметров следует 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 и технико-экономические показатели проекта.

При выборе источника орошения, прежде всего, следует исходить из задач комплексного и рационального использования водных ресурсов, 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. Кроме того, использование запасенной на орошение воды усиливает внутренний круговорот воды данной местности и грунтовое межвенное питание рек, улучшается водное благоустройство территории, появляется возможность использования воды для рыборазведения, уменьшаются эрозионные процессы почв.

Однако следует отметить, что использование местного стока в качестве источника орошения без его регулирования невозможно или ограничено. Оно осуществляется путем устройства водохранилищ и прудов в пониженных местах, либо устройством лиманов (лиманное орошение).

4. МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ НЕСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

4.1. Категории земель несельскохозяйственного назначения

К категории земель несельскохозяйственного назначения относят следующие.

1. *Земли населенных пунктов*, их назначение – быть пространственным базисом для размещения жилых, производственных, рекреационных зон и обеспечения их развития и функционирования как единого и сложного социально-экономического организма. Границы этих земель не являются неизменными. По мере необходимости органы власти определяют и изменяют их, утверждают генеральные планы, проекты планировки и застройки городов, поселков и сельских населенных пунктов. Эти земли в пределах черты населенных пунктов находятся в ведении их администрации.

2. *Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, обороны и иного назначения* в соответствии с действующим законодательством предоставляют в пользование предприятиям, учреждениям и организациям для специальных целей. Эти земли для краткости называют землями специального назначения, в зависимости от целей использования их делят на виды, для каждого из которых установлен свой правовой режим. К ним относят земли, предоставленные для нужд добывающей и обрабатывающей промышленности, железнодорожного, водного, воздушного транспорта, земли, занятые нефтепроводами, газопроводами, земли, предоставленные для нужд энергетики, телевидения, радиовещания и космического обеспечения, и земли, предоставленные эксплуатационным службам органов мелиорации и водного хозяйства.

3. *Земли природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения*. Несмотря на специфику каждой из разновидностей указанных земель, их объединяют в одну категорию ввиду общности правового режима; эта общность выражается в особой правовой охране данных земель и находящихся на них природных объектов, вызвано это необходимостью исключения их из активной хозяйственной деятельности в силу особой ценности и в интересах не только настоящего, но и будущих поколений.

4. *Земли лесного фонда*, покрытые лесом, а также не покрытые лесом, но предоставленные для нужд лесного хозяйства, основное целевое назначение их – ведение лесного хозяйства.

5. *Земли водного фонда*, занятые водными объектами, а также земли, выделяемые под полосы отвода и водоохранные зоны всех водных объектов.

6. *Земли запаса*, не предоставленные в собственность, владение, пользование или аренду. При необходимости, их можно перевести в любую категорию земельного фонда.

Следует отметить, что под целевым назначением понимают господствующую цель использования земельного участка, которая не включает и попутных целей его хозяйственной эксплуатации. Например, в состав земель населенных пунктов могут входить земельные участки, отнесенные в соответствии с градостроительными регламентами к следующим территориальным зонам: жилым, производственным, рекреационным (занятым городскими парками и др.), сельскохозяйственного использования, военных объектов и др.

4.2. Мелиорация земель населенных пунктов

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

Для благоустройства застраиваемых территорий необходима организация поверхностного стока. Своевременное удаление этих вод снижает инфильтрацию воды в грунты, не допуская уменьшения ее прочности. Отведение поверхностной воды от частей зданий и сооружений увеличивает продолжительность их службы. Уменьшение притока поверхностной воды на строительные и промышленные площадки достигается ограждением их от притока воды извне, планировкой поверхности, сооружением сети ливнеотоков. Для отвода дождевых и талых вод с территории используют водосточную сеть (рис. 4.1). Эта сеть может быть закрытой, открытой и комбинированной.

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 заиления и еще на 0,25–0,30 м для превышения бровки над наивысшим уровнем воды в канале. Чтобы каналы работали

эффективно, уклон дна должен быть не менее 0,0005. Максимальная скорость движения воды не должна превышать допустимую на размыв: в песках – 0,5 м/с, в суглинках – 1,0 м/с, в глинах – 1,5 м/с. Каналы и лотки рассчитывают на пропуск максимальных расходов весеннего или летне-осеннего паводка 10%-ной обеспеченности.

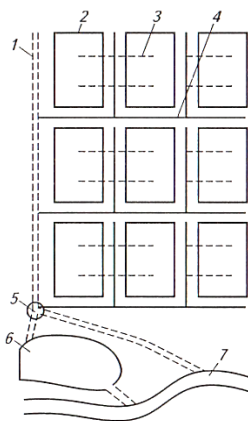


Рис. 4.1. Схема городской водосточной сети по Б. М. Дегтяреву [13]:
 1 – магистральный коллектор;
 2 – городской квартал;
 3 – внутриквартальная водоотводящая сеть; 4 – уличный водосток; 5 – станция очистки; 6 – пруд-отстойник; 7 – река-водоприемник

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

При пересечении каналов с улицами и тротуарами применяют трубы или устраивают мостовые переходы. Ливневые воды, стекающие с крыш зданий, внутри кварталов при плотной многоэтажной застройке отводят открытыми лотками.

Закрытую систему ливнестоков применяют 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. 4.2).

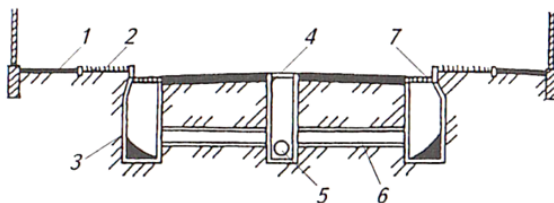


Рис. 4.2. Схема закрытой водосточной сети [13]:
1 – тротуар; 2 – газон; 3 – дождеприемный колодец;
4 – смотровой колодец; 5 – уличный коллектор;
6 – соединительная труба; 7 – притротуарный лоток

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

В открытой системе водостоков (рис. 4.3) вода собирается и транспортируется придорожными кюветами. Из кюветов вода сбрасывается непосредственно в водоприемники, либо через магистральные каналы, проложенные по пониженным элементам рельефа.

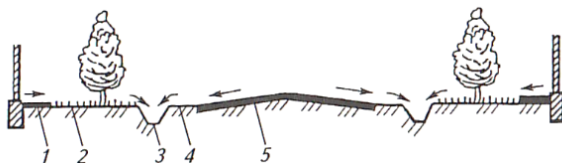


Рис. 4.3. Схема открытой водосточной сети [13]:
1 – тротуар; 2 – газон; 3 – кювет; 4 – обочина; 5 – проезжая часть

Для защиты фундаментов зданий применяют пристенный дренаж. Его применяют при неглубоком залегании водоупора. Он служит для перехвата притекающих к сооружению грунтовых вод (рис. 4.4). В качестве дренажных труб применяют пористые.

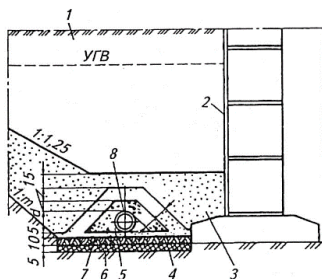


Рис. 4.4. Пристенный дренаж с двухслойной обсыпкой [13]:
1 – местный грунт; 2 – гидроизоляция;
3 – песчаная призма; 4 – щебень, втрамбованный в грунт; 5 – щебень;
6 – глинобетон; 7 – крупнозернистый песок; 8 – асбестоцементная труба;
 d – диаметр трубы

Для защиты подвалов зданий при наличии под ними водоносного пласта в случае, когда дно котлована не достигает водоупора, применяют пластовый дренаж (рис. 4.5). Его устраивают при глубоком залегании водоупора. Он принимает воду всей своей фильтрующей гравийной засыпкой, а отводится она дренажной трубой.

Контурный дренаж предназначается для защиты от подтопления отдельных зданий и сооружений или для устранения подтопления со стороны локальных источников питания грунтовых вод (искусственных водоемов, отстойников, бассейнов и т. д.). В отличие от пристенного и пластового контурный дренаж может устраиваться и на застроенной

территории при опасном подъеме уровня грунтовых вод. Контурный дренаж выполняют в виде горизонтальных или вертикальных дрен. Если под слабопроницаемым грунтом толщиной 10–15 м залегает водоносный напорный пласт, возможно применение комбинированного дренажа, состоящего из горизонтальных дрен, дополненных самоизливающимися вертикальными скважинами. Контурный дренаж может быть замкнутым, ограждающим объект со всех сторон, или линейным, при котором дренаж укладывают вдоль длинных сторон объекта.

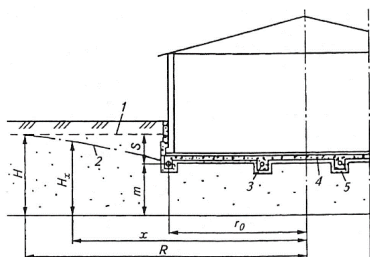


Рис. 4.5. Схема пластового дренажа:
 1 и 2 – непониженный и пониженный уровни грунтовых вод; 3 – трубчатая дрена; 4 – гравий; 5 – песок;
 r_0 – приведенный радиус дренажа;
 R – радиус действия дренажа;
 S – расстояние от непониженного УГВ до уровня воды; m – стояние от уровня воды в дрене до водоупора;
 H – расстояние от непониженного УГВ до водоупора; H_x – положение кривой депрессии на расстоянии x от центра дренажа

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 керамические и пластмассовые трубы. Асбестоцементные безнапорные трубы применяют при необходимости укладки их на большие глубины.

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 0,30 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.

4.3. Осушение болот для добычи торфа

Торфодобывающая промышленность – это одна из разновидностей природопользования. Она занимается изъятием природного вещества (торфа) в виде сырья из недр земли после осушения болот.

Торф широко используют в народном хозяйстве: в химической промышленности, медицине, при производстве строительных материалов, в сельском хозяйстве. В Беларуси торф пока еще является одним из топливных компонентов, на основе которого производят брикеты. Торф применяют для приготовления органических удобрений, торфяной подстилки скоту и т. д.

Торф, внесенный в почву, улучшает ее структуру, физико-химические свойства, способствует образованию гумуса, развитию микробиологических процессов, повышает влагоемкость почвы. Однако без осушения использовать торф на все эти цели очень сложно.

Задачей осушения торфяных месторождений является создание благоприятного водного режима в зоне выработки промышленных запасов торфа. При этом сбрасывают из торфяной залежи избыточные запасы воды и ограничивают поступление на территорию торфяного месторождения поверхностных и грунтовых вод с прилегающей территории. В результате осушения уменьшается средняя влажность торфяной залежи до эксплуатационного значения, понижается уровень грунтовых вод, уплотняется торфяная залежь, повышается выход воздушно-сухого торфа и создаются условия для прохождения торфяных машин. Этого эффекта достигают с помощью осушительной системы (рис. 4.6).

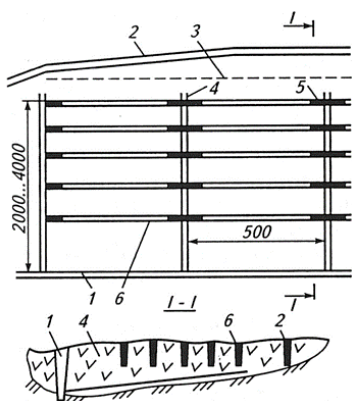


Рис. 4.6. Схема осушения болот для торфодобычи:
1 – магистральный канал; 2 – нагорный канал; 3 – узкоколейная железная дорога; 4 – валовый канал; 5 – трубчатые проезды; 6 – картовые каналы (размеры указаны в метрах)

Все торфяные месторождения по условиям осушения делят на две категории. К первой относят месторождения при влажности до 91 % и мощности верхнего слоя слаборазложившегося торфа до 0,5 м, а ко второй – при влажности более 91 % и мощности того же слоя более 0,5 м.

Осушение торфоплощадок осуществляют по схеме: оградительная сеть – нагорные каналы; регулирующая сеть – картовые каналы; проводящая сеть – валовые и магистральные каналы; водоприемник – 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 – 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 м, переходного – 20–40 м.

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

Магистральный канал проектируют по наиболее пониженным участкам с уклоном в пределах 0,0003–0,0010. Глубина должна быть больше глубины валового канала на 0,6–0,7 м. Заложение откосов принимают от 0,5 для малоразложившихся торфов, до 1,5 – для хорошо разложившихся торфяных грунтов.

Состав работ при предварительном осушении и сроки их проведения даны в табл. 4.1.

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.

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

Таблица 4.1. Состав и сроки проведения осушительных работ на торфяных месторождениях

Категория месторождения	Состав работ	Сроки проведения
Первая	Регулирование водоприемника. Устройство защитных дамб. Рытье нагорных и ловчих каналов. Рытье пионерных каналов глубиной 1,4 м по трассам магистральных и валовых каналов	В течение года
Вторая	Все работы, проводимые на месторождении первой категории. Первое углубление пионерных каналов до 1,8 м на трассах магистральных каналов и до 1,6 м на трассах валовых каналов	Через 6 мес. после прорытия пионерных каналов
	Рытье картовых каналов глубиной 1,2 м через 10–20 м	После первого углубления пионерных каналов
	Второе углубление пионерных каналов до 2,2 м	Через 6 мес. после первого углубления
	Углубление картовых каналов до 1,4 м через каждые 20 м	После второго углубления пионерных каналов

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

4.4. Осушение аэродромов сельскохозяйственной авиации

Осушение сельскохозяйственных аэродромов проводят для повышения несущей способности грунта путем быстрого удаления избытка воды. Осушают аэродромные площадки закрытой сетью, устраиваемой из керамических или других труб диаметром не менее 75 мм (рис. 4.7). На почвах атмосферного водного питания (для ускорения стока поверхностной воды) устраивают закрытые собиратели с соблюдением всех конструктивных требований для этого типа сооружений. Расстояние между собирателями зависит от грунтов и уклонов поверхности площадки. На глинах и тяжелых суглинках при уклоне поверхности земли 0,002–0,003 это расстояние составляет 6–8 м, а при уклоне 0,025 возрастает до 18–20 м. На супесях расстояние между закрытыми собирателями для указанных условий составляет

соответственно 12–14 и 28–30 м. Когда закрытую сеть устраивают для понижения уровня грунтовых вод, принимают следующие параметры сети: расстояние между дренами для глины и средних суглинков – 4–8 м, суглинков легких и супесей – 8–12 м, а глубина дрен – в пределах 1,1–1,3 м.

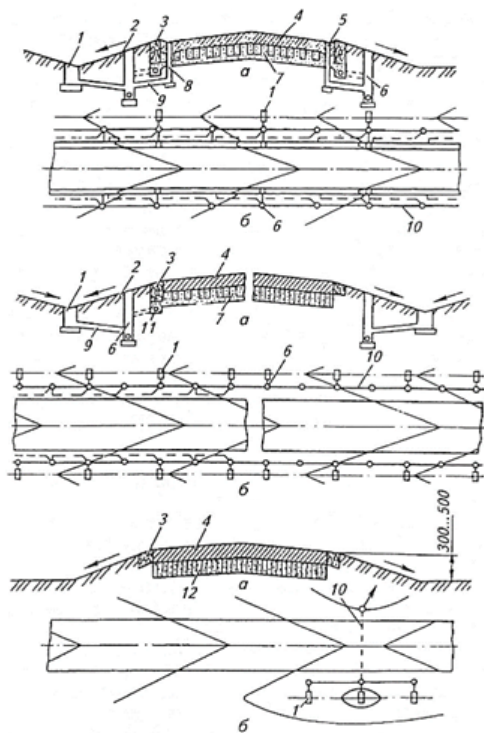


Рис. 4.7. Схема водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий:
a – профиль; *б* – план;
 1 – тальвежный колодец;
 2 – грунтовый лоток;
 3 – отмостка; 4 – покрытие;
 5 – лоток в кромке покрытий;
 6 – смотровой колодец;
 7 – основание с дренирующим слоем;
 8 – дождеприемный колодец;
 9 – перепуск; 10 – коллектор;
 11 – закрочная дрена;
 12 – основание без дренирующего слоя;

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

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

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

4.5. Осушение спортивных площадок и сооружений

Стадионы должны быть готовыми к проведению мероприятий буквально через несколько часов после выпадения интенсивных летних осадков. Исходя из этого, устанавливают параметры осушительной сети. Спортивные площадки и стадионы с травяным покрытием осушают горизонтальной закрытой сетью глубиной 0,7–1,0 м и расстоянием между регулируемыми 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 ливневосточную сеть. Регулирующую сеть устраивают из труб диаметром 50–60 мм или в виде траншей, заполненных щебнем или гравийно-галечниковой смесью.

4.6. Осушение лесов и парков

Древесина широко используется в народном хозяйстве, и потребность в ней постоянно возрастает. Однако значительные площади лесов невозможно освоить вследствие переувлажнения земель, на которых они произрастают. Поэтому для увеличения прироста древесины проводят осушение лесов. Продуктивность леса после осушения повышается на один-два класса бонитета.

Увеличение прироста древесины начинается уже через 2–3 года после начала осушения, достигая своего максимума через 15–20 лет. Дополнительный прирост древесины в результате осушения составляет в среднем 2–6 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, почвенно-грунтовые условия, наличие квартальных просек (рис. 4.8).

Средняя вегетационная 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. Глубину дрен принимают от 0,8–1,0 м при атмосферном типе водного питания и до 1,0–1,5 м при грунтовом.

Расстояние между дренами колеблется от 20–60 до 100–150 м на низинных торфяниках и от 8–20 м до 40 м на верховых болотах. Открытые элементы осушительной сети, дороги по возможности совмещают с квартальными просеками. Для предупреждения возникновения лесных пожаров и борьбы с ними устраивают водозадерживающие сооружения на каналах, противопожарные водоемы. Если позволяют условия, к осушительной сети подсоединяют водоподводящие каналы, забирающие воду из гарантированных источников воды.

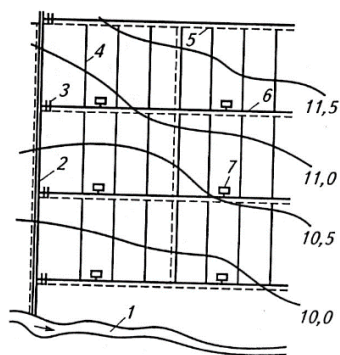


Рис. 4.8. Схема осушения лесных земель:

- 1 – река-водоприемник;
- 2 – магистральный канал;
- 3 – шлюзы-регуляторы; 4 – осушители;
- 5 – квартальные просеки;
- 6 – транспортирующие собиратели;
- 7 – противопожарные водоемы

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 сельскохозяйственных земель.

4.7. Осушение теплиц

Дренажные системы в теплицах применяют для регулирования водного режима почвы или субстрата, на котором возделывают растения. Обычно они сочетают функции осушительной и увлажнительной сети. В грунтовых теплицах такая сеть состоит из нескольких параллельных дренажных линий, выполненных из

полиэтиленовых или керамических труб диаметром 63–75 мм, которые уложены на глубину 25 см, с уклоном 0,003–0,005 и на расстоянии 0,5–0,7 м друг от друга.

В стеллажных теплицах трубы укладывают непосредственно на дно стеллажа в один или два ряда в зависимости от ширины стеллажа.

4.8. Осушение дорожного полотна

Дорожное полотно осушают для предотвращения его разрушения инфильтрующейся водой через швы дорожного покрытия, а также для отвода грунтовых вод из грунтового основания.

Система осушения земляного полотна автомобильных дорог представляет дренажные слои, прокладываемые под покрытием дороги, из которых вода сбрасывается через продольные, поперечные трубчатые дренажи или воронки. Дренажные слои состоят из песка, поэтому в пучинистых грунтах они одновременно предотвращают пучение.

При проектировании дренажных слоев используют два метода. Первый метод – это осушение, а второй – поглощение.

Первый метод основан на принципе удаления всей инфильтрационной воды, поступающей в дренажный слой; второй – лишь той ее части, удаление которой обеспечивает прочность дорожной одежды.

Для защиты от заиления дренажных слоев применяют фильтрующую ткань.

Для отвода воды из грунтового основания используют и общие системы дренажа, понижающие уровень грунтовых вод. Применение этих систем в некоторых случаях исключает необходимость специальных мероприятий по осушению земляного полотна.

4.9. Осушение коттеджных и дачных участков

Известно, что водный режим участка определяется комплексом природных условий: его положением на местности (водораздел, склон, низина), площадью внешнего и фактического водосбора участка, глубиной залегания грунтовых вод, плотностью грунтов и их водопроницаемостью. У сооружений, построенных на переувлажненных участках, нарушается цельность фундаментов, цоколей, отмосток, оград, имеет место сырость во внутренних помещениях. В зимний период грунты промерзают на глубину до 1,5 м. Промерзание переувлажненных глинистых и суглинистых грунтов увеличивает их объем (мороз-

ное пучение). Расширяющиеся грунты, воздействуя на подземную часть дома, вызывают сдвиги и разрывы стен, нарушают гидроизоляцию. Через разрывы в фундаментных блоках и трещинах в гидроизоляции вода в теплый период года попадает в подвальные помещения, накапливается там. В дальнейшем переувлажненные грунты, смерзаясь с подземной частью дома, при пучении приподнимают строение, вызывая серьезные повреждения в нем. К тому же грунтовая вода, содержащая в себе растворенные вещества, становится агрессивной к бетону и каменной кладке, разрушая их. Просочившаяся в подвальное помещение влага создает условия для развития в древесине плесени и грибов, споры которых могут распространяться по всему дому. Избыток влаги в подвальном помещении вызывает деформацию дверных коробок и оконных рам, коробление полов и их покрытий и, как следствие, потерю домом тепла в холодное время.

Таким образом, близкое стояние грунтовых вод, а также верховодка, образовавшаяся от снеготаяния и обильных осадков, нарушают нормальную эксплуатацию зданий и сооружений, требуют трудоемких и дорогостоящих ремонтов [15].

Выделяемые территории под строительство коттеджных поселков, садово-дачных товариществ в большинстве случаев имеют высокий уровень грунтовых вод относительно поверхности земли. Поэтому, как правило, до передачи земельных участков будущим владельцам на территории и границах участков осуществляют устройство систем водоотводных. Практика эксплуатации земельных участков свидетельствует о том, что почти каждый владелец загородного дома, дачи, коттеджа сталкивается с проблемой осушения участка, если до или в процессе строительства дома и освоения участка не были выполнены мероприятия, направленные на искусственное понижение уровня грунтовых вод.

Выбор мероприятий зависит от уровня грунтовых вод, типа и физико-механических свойств грунта, глубины заложения фундамента и его конструкции, глубины промерзания грунта, уклона участка и расположения на нем дома, наличия на территории единой системы осушительных каналов и их удаленности от участка, а также от поставленной цели – осушения всего участка или только защиты фундамента от увлажнения.

В строительстве при расположении уровня грунтовых вод выше подошвы фундамента применяют такие мероприятия, как дренажи, битумизация, цементация, силикатизация, гидроизоляция фундамента

и др. В каждом конкретном случае, в зависимости от перечисленных выше факторов, предусматривают те мероприятия, которые имеют преимущества по эксплуатационным, техническим, экономическим или иным соображениям.

Осушение участка можно проводить комбинированными способами. Наряду с устройством дренажной системы и другими мелиоративными устройствами осуществляют подъем уровня земли на участке за счет подсыпки привозного грунта, посадки влаголюбивых деревьев и растений, устройства бассейна-резервуара или декоративного водоема для сбора дренажных вод, который может использоваться в засушливый период для полива участка. Если не проводить подобные мероприятия, то высокий уровень грунтовых вод со временем приведет к разрушению фундамента, затоплению подвальных помещений, подземного гаража и других сооружений, появлению плесени и грибков, а проникновение корневой системы плодовых деревьев в грунтовые воды – к гибели сада.

Однако следует иметь в виду, что при определенных условиях водопонижения и характеристиках грунта изменение положения уровня грунтовых вод может вызвать просадку грунта, осадку дома, дороги и т. д. Поэтому, прежде чем начать работы по понижению уровня грунтовых вод, желательно, как минимум, получить консультацию у специалиста – гидротехника, занятого в этой сфере деятельности.

Выполняя работы по осушению участка, принимают во внимание, что кюветы вдоль дорог и каналы, расположенные на территории и по границам участков с гарантированным водосбросом в сторону уклона рельефа, снимают подпор грунтовых вод и снижают их уровень на примыкающей к ним территории. Для проезда через дренажную канаву со стороны дороги делают переезд: укладывают в канаву трубу диаметром 500–600 мм или устраивают мостик. Для въезда легкового автомобиля ширина переезда поверху должна быть не менее 3 м, для возможности въезда грузового транспорта с прицепом – 5–6 м, в зависимости от ширины улицы. Открытые водосточные каналы на участке направляют талые и ливневые воды в необходимую сторону и тем самым защищают почву от переувлажнения.

Для осушения участка посредством устройства дренажа составляют проект вертикальной планировки, на плане наносят отметки уровня грунтовых вод, определяют расположение будущего дома и глубины заложения фундамента, наличие вблизи участка водоотводящего канала. После этого принимают соответствующие решения по осушению

всего участка или только дома и других построек. Составляют план дренажной системы с отметками глубины ее заложения. Далее с плана на местность переносят оси дренажной системы и емкостей для сбора дренажной воды. Оси и углы емкостей обозначают кольями. Параллельно осям направления дрен (дренажных труб) на расстоянии 1,5 м от оси забивают через каждые 6 м колья, намечая на них принятую проектом глубину дна траншеи или закладки дрен. Устройство начинают от устья коллектора – наиболее заглубленной части дренажной системы. Траншею копают трапецеидального профиля – ширина по верху – 70–90 см, а по низу – 40–50 см. Однако при глубокой траншее и слабом грунте ширина ее может быть и большей. Землю при устройстве траншеи сбрасывают на обе стороны бровки.

От фундамента дома дренаж должен находиться на расстоянии 2–3 м, а его дно – на одном уровне с подошвой фундамента или на 20–30 см ниже.

В открытую траншею насыпают дренажный (фильтрующий) слой из мелкого щебня фракции 10–20 мм высотой не менее 15 см.

Дренажный слой выполняют с постоянным уклоном 0,005–0,010 (10–15 мм на 2 м длины). Для контроля можно использовать водяной уровень и шнур, или уровень, закрепленный на двухметровой рейке.

Укладку труб начинают от верхней отметки к низовому колодцу (водоему). Трубопровод собирают из отдельных дрен и фасонных деталей (переходников, отводов, тройников, заглушек) и укладывают на спланированный дренажный слой. В случае применения керамических и бетонных трубок зазоры в их стыках (5–15 мм) служат в качестве водоприемных отверстий. Для защиты от заиливания их обкладывают дерном, уложенным травой вниз, мхом, волокнистыми материалами. Соединение асбестоцементных труб осуществляют на муфтах с уплотнительными кольцами. Готовый трубопровод обсыпают дренажным (фильтрующим) слоем из щебня фракции 10–20 мм, высотой не менее 20 см над верхом трубы, не нарушая соединений и не изменяя созданного уклона. Траншею засыпают водопроницаемым грунтом (песком) до поверхности земли, а сверху укладывают плодородный слой земли (слой заготовленного дерна травой вниз).

Появление на рынке новых изделий для устройства дренажа, таких как гофрированные перфорированные трубы из поливинилхлорида (ПВХ) с фильтрами для различных типов грунтов, значительно упростило производство работ. Подобные трубы с ребрами жесткости позволяют равномерно распределять нагрузки по всей трубе, что делает

практически неограниченным срок их службы. Дренажные трубы из ПВХ укладывают на глубину не выше уровня промерзания, сообразуясь с глубиной существующего фундамента. Монтаж труб выполняют в указанной выше последовательности. Для предохранения дренажной системы от заиливания применяют фильтры.

Разрез дренажной траншеи показан на рис. 4.9.

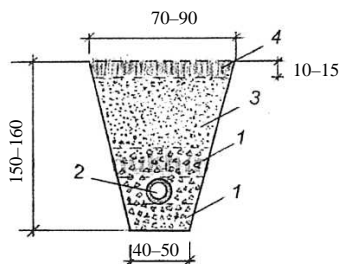


Рис. 4.9. Разрез дренажной траншеи [15]:

- 1 – дренажный (фильтрующий) слой из щебня фракции 10–20 мм, толщиной 20 мм;
- 2 – дренажная труба D 100 мм (130, 160);
- 3 – водопроницаемый грунт (песок) – 90–100 см;
- 4 – плодородный слой земли (дерн) – 10–15 см

Помимо указанных материалов в качестве дренажа могут быть использованы хворостяные канаты (фашины), жерди толщиной 6–10 см; камни плоской формы, булыжники, кирпич.

Емкости в виде колодцев, водоемов, бассейнов для сбора дренажных вод устраивают в низинной части участка. Их глубина зависит от заглубления устьевой части коллектора дренажной сети, которая, в свою очередь, зависит от уровня грунтовых вод. Форма и размеры емкостей могут быть различными.

На рис. 4.10 показана конструкция емкостей для сбора дренажных вод, выполненных из сборного железобетона.

Системы линейного водоотвода разработаны для отвода дождевой, талой и паводковой воды. В случае присоединения водосточной трубы к дождеприемнику вся дождевая вода с крыш также попадает в систему водоотвода.

Атмосферные осадки – природное явление, причиняющее существенные неудобства. Лужи, потоки дождевой воды на дорожках и площадках, просадка грунта на отдельных участках, проникновение влаги

в почву вокруг дома, сырость в подвале и другие неприятности наносят существенный вред сооружениям, находящимся на участке.

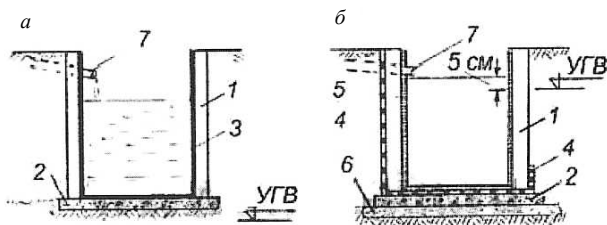


Рис. 4.10. Гидроизоляция емкостей для сбора дренажных вод [15]:

а – при отсутствии напора грунтовых вод;

б – при наличии напора грунтовых вод;

1 – стенка емкости (сборные железобетонные конструкции, монолитный бетон, кирпич); 2 – днище из бетона М 150;

3 – окрасочная двухслойная битумная гидроизоляция;

4 – клеенная гидроизоляция из двух слоев

рубероида (гидростеклоизола и др.); 5 – штукатурка из цементно-песчаного раствора состава 1:2;

6 – подготовка из гравийно-песчаной смеси; 7 – сливная труба

Строительный рынок предлагает различные системы поверхностного водоотвода. Основными элементами этих систем являются желоба, лотки, каналы, дождеприемники (водоотводы), пескоуловители и решетки. Отличаются эти системы размерами элементов, способами организации водоотвода, эксплуатационными характеристиками. Желоба (лотки) изготавливают из бетона с водоотталкивающей пропиткой, из бетона, армированного стекловолокном, полимербетона, пластика.

5. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

5.1. Образование и виды нарушенных земель

Ранее было отмечено, что для восстановления нарушенного хозяйственной деятельностью ландшафта требуется вмешательство человека. Для этого проводят рекультивацию – комплекс инженерных, мелиоративных, агротехнических, сельскохозяйственных и других работ, направленных на восстановление хозяйственной или другой ценности нарушенного ландшафта.

Объектами рекультивации выступают земли, потерявшие способность продуцировать биологические ресурсы и таким образом утратившие значение средства производства.

Рекультивации могут подвергаться следующие территории:

1. Земли, потерявшие землепользователей (выработанные торфяники и карьеры строительных материалов). Рекультивационные работы в этом случае представляют собой самостоятельный производственный процесс по специально разработанному проекту. Этот процесс осуществляется техническими средствами, приобретаемыми только для целей рекультивации.

2. Земли, нарушенные действующими предприятиями ранее, и те, где рекультивационные работы технологически несовместимы с основным производственным процессом. Для их выполнения требуются материально-технические ресурсы в полном объеме, как и в первом случае.

3. Земли, нарушаемые в настоящее время и подлежащие рекультивации в перспективе. Проектирование рекультивационных работ в данном случае осуществляется в составе проекта предприятия.

Главная цель рекультивации во всех случаях заключается в воссоздании (или создании заново) условий, при которых была бы достигнута максимально доступная продуктивность земли.

Управление природными ресурсами и максимальное их использование для экономического развития страны являются одним из важнейших направлений деятельности Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. В нашей стране в 2011 г. открыто два новых месторождения нефти (ежегодно добывается 260 тыс. т), начато бурение поисковой скважины глубиной более 5 км, полностью решена проблема обеспечения сырьем на 50 лет цементных заводов в Костюковичах и Кричеве, подготовлена минерально-сырьевая база для строительства двух новых предприятий данной направленности в Ветковском и Добрушском районах. Переданы в разработку восемь месторождений твердых полезных ископаемых. Продолжаются работы по разведке северного участка Лельчицкого месторождения бурого угля. Реализован комплекс мероприятий по вовлечению в разработку Петриковского и Старобинского месторождений калийных солей.

Интенсивное использование природных ресурсов приводит к увеличению площадей нарушенных земель при добыче торфа, производстве открытых горных работ и подземных разработок, нефти и нефте-

продуктов, функционировании урбанизированных территорий (свалки твердых бытовых отходов и т. п.), проведении разведочных и изыскательских работ и др. Ниже приведена характеристика наиболее распространенных объектов, которые требуют рекультивации. Прежде всего, это карьеры, провалы и траншеи. Их классифицируют по глубине и крутизне склонов следующим образом:

- на очень глубокие – свыше 100 м, глубокие – 30–100 м, среднеглубокие – 15–30 м, неглубокие – 5–15 м, мелкие – до 5 м;
- обрывистые – свыше 45°, очень крутые – 30–45°, крутые – 15–30°, умеренно крутые – 10–15°, покатые – 5–10°, пологие – до 5°.

В свою очередь, отвалы, насыпи, дамбы и кавальеры различают по высоте:

- высокие – 30–100 м;
- средневысокие – 10–30 м;
- невысокие – до 10 м.

Нарушенные земли рассматривают также в зависимости от состояния на них плодородного слоя почвы:

- снят полностью – карьерные выемки, придорожные полосы, открытые площадки различного назначения;

- снят на 50 % и более, перемешан с нижележащей неплодородной породой (при строительстве газо- и нефтепроводов, прокладке подземных кабельных линий связи, электропередач и других подземных сооружений);

- погребен под неплодородной породой на глубину 20 см и более (места разравнивания кавальеров вдоль каналов, отвалы при геолого-разведочных работах, кольматаж при очистке гидросооружений, солеотвалы, отвалы шахт, золоотвалы котельных и др.);

- загрязнен нефтепродуктами (при геологоразведочных и других работах, в местах стоянки машин и механизмов);

- загрязнен при добыче солей (засоление), засорен промышленными отходами (промышленные свалки), городскими отходами (городские свалки мусора).

Все нарушенные земли следует различать по площади:

- крупно площадные – свыше 50 га;
- средне площадные – 1–50 га;
- мало площадные – до 1 га.

В Беларуси наиболее распространена рекультивация торфяных месторождений, карьеров строительных материалов и загрязненных земель. При этом выработанные торфяники классифицируют как фрезерные поля, карьеры гидроторфа и др.

Фрезерные поля – это площади, оставшиеся после выработки торфа послойно-поверхностным способом (фрезерным) и имеющие выровненную поверхность.

Это прямоугольные участки, заключенные между валовыми каналами, которые располагаются друг от друга, как правило, через 500 м.

Длина валовых каналов достигает в отдельных случаях 3 км.

Внутри фрезерное поле расчленено регулирующей сетью каналов на прямоугольные участки. Глубина картовых каналов – 0,5–1,0 м, ширина поверху – 1,5–3,0 м.

В местах складирования торфа поверхность возвышается на 0,3–0,5 м, в отдельных случаях – до 2,5 м. Мощность оставшегося слоя торфа колеблется в пределах 0,1–0,7 м; в отдельных местах оставшийся торф достигает глубины более 1 м.

Недавно выбывшие из эксплуатации фрезерные поля практически не имеют растительности.

Осушительная сеть находится в удовлетворительном состоянии.

Вдоль бровок каналов расположены кавальеры минерального грунта.

Фрезерные поля давней выработки зарастают травой, кустарником и мелколесьем, особенно бровки и откосы каналов, кавальеры. Осушительная сеть на них не работает, каналы разрушены, запылены.

Увлажненность поверхности фрезерных полей незначительная. И лишь в том случае, когда с осушительной сети нет сброса воды (магистральный канал пересыпан, не работают насосные станции осушения, на канале имеются бобровые поселения), поверхность фрезерных полей затапливается.

Карьеры гидроторфа – это площади, оставшиеся после выработки торфа гидравлическим способом и представляющие собой чередование котлованов с перемычками.

Котлованы имеют сравнительно правильную прямоугольную форму со сторонами 45×125, 60×125 и 60×200 м.

Максимальная глубина выработки – до 5 м, длина сезонных проходов агрегатов – до 2 км.

Рабочие карьеры отделены друг от друга поперечными перемычками шириной 0,6–1,0 м, а сезонные проходы агрегатов – продольными перемычками шириной около 4 м.

В старых карьерах перемычки разрушены и залиты водой, заросли кустарником и мелколесьем, а мелководные участки карьера – тростником и рогозом.

Как правило, карьеры гидроторфа заполнены водой, оставшейся гидромассой и захлаплены вымытыми из залежи пнями.

Карьеры машиноформованной добычи торфа образовались после выработки торфяного месторождения элеваторным или экскаваторным способом и представляют собой выемки с чередованием траншей и перемычек. Траншеи шириной 4–10 м и длиной до 2 км отделены друг от друга продольными перемычками шириной 0,5–3,0 м. Перпендикулярно продольным перемычкам на расстоянии 10–80 м друг от друга располагаются поперечные перемычки, ширина которых колеблется в пределах 0,5–2,5 м.

Глубина выемки зависит от первоначальной толщины слоя торфа и обычно бывает в пределах 0,5–4,0 м. Перемычки карьеров захламлены пнями (особенно в верховых месторождениях), а давнишних лет выработки покрыты древесной растительностью. Пни находятся и на дне карьеров.

Карьеры заполнены водой, а на мелководных участках зарастают тростником, рогозом и осокой.

Карьеры резной добычи торфа – участки торфяных месторождений, изрытые отдельными ямами-копанцами при ручной добыче торфа на топливо. Они чаще всего имеют неправильную форму со сложной конфигурацией границ. Глубина их достигает 2 м. Перемычки между ними бывают различной ширины, в зависимости от густоты ямкопанцев. Карьеры заполнены водой, дно их неровное, перемычки зарастают кустарником и мелкоколесьем.

5.2. Подготовительный этап рекультивации

Подготовительный этап включает разработку рабочей документации, в том числе проведение инвестиционного обоснования мероприятий по рекультивации нарушенных земель.

Проектную документацию на стадии инвестиционного обоснования или рабочего проекта разрабатывают на основе задания заказчика на проектирование рекультивации нарушенных земель.

Инвестиционное обоснование представляет собой исследование вариантов проектных решений с целью выбора оптимального, имеющего наилучшее сочетание коммерческого, социального и экологического эффектов.

Рабочий проект – это регламентированный нормативами комплект проектно-сметной документации, по которой проводят работы технического и биологического этапов рекультивации нарушенных земель.

Любая стадия проектирования проходит согласование в инспектирующих органах и сопровождается экологической экспертизой.

Проектирование рекультивации на любой стадии начинают с анализа имеющихся проектов, при реализации которых произошли нарушения почв и растительного покрова, или технологий предприятий и организаций как источников этих нарушений.

При недостатке информации для принятия конструктивных решений проводят фрагментарные, а при необходимости комплексные изыскательские работы по всей нарушенной территории.

Выполнение работ по рекультивации осуществляется в соответствии с утвержденными проектами.

Рекультивация карьеров нерудных материалов (песок, гравий, глина), разработки месторождений общераспространенных полезных ископаемых, срок действия для которых ограничивается сроком стройки объекта (дорога, дамба, сооружение), выполняют по разделу строительного проекта с утверждаемой архитектурной частью, так называемому проекту горного отвода.

При длительном использовании карьера после проведения необходимого объема изыскательских работ, которые выполняют сразу же после закрытия карьера, разрабатывают проект двух этапов рекультивации – технического и биологического.

При этом устанавливается следующая очередность:

- 1) подготовительные и полевые работы;
- 2) топографические и почвенно-обследовательские работы;
- 3) проектные работы и изготовление документов.

В процессе подготовительных и полевых работ производят:

- инвентаризацию, подбор и изучение материалов почвенно-грунтового обследования, схем рекультивации нарушенных земель, плано-картографической основ и других данных, которые могут оказаться полезными при разработке проекта;

- уточнение расположения объекта и соответствия фактических границ нарушенных земель землеотводным документам;

- использование земель, прилегающих к рекультивируемому участку, и их агрономических показателей (гумусовый горизонт, кислотность, обеспеченность фосфором и калием, процент гумуса, урожайность в кормовых единицах и т. д.);

- определение состава пород, их смесей, характера их залегания, микроагрегатного состава, условий увлажнения и естественного зарастания, наличия токсических солей на участках нарушенных земель и т. д.;

- подбор общего направления технологии работ технического и биологического этапов рекультивации;

- выяснение необходимости проведения топографических и почвенно-обследовательских работ для разработки строительного проекта рекультивации.

По результатам изысканий составляют акт и характеристику нарушенных земель. На основании материалов изысканий разрабатывают задание, которое утверждает руководитель.

Топографические и почвенно-обследовательские работы выполняют с целью получения топографической основы на участки нарушенных и примыкающих к ним земель, а также материалов почвенно-грунтового обследования.

В зависимости от сложности объекта топографическую основу изготавливают в масштабе 1:2 000, 1:1 000, 1:500 с высотой сечения рельефа 1 м или 0,5 м.

Топографические и почвенно-обследовательские работы выполняют в соответствии с действующими инструкциями, указаниями, руководствами, методиками по топографическим съемкам, почвенному обследованию и составлению крупномасштабных планов и карт.

По результатам почвенно-обследовательских работ составляют: почвенно-грунтовую карту нарушенных территорий; заключение о составе и свойствах пород объектов обследования и рекомендации по биологической рекультивации.

В заключении указывают местоположение и площадь объекта обследования, природные особенности территории, определяющие условия рекультивации земель; дают характеристику морфологических, физико-химических свойств почв, пород, их смесей и рекомендации по приведению нарушенной территории в состояние, пригодное для использования в народном хозяйстве.

В рекомендациях отражают целесообразность нанесения плодородного слоя почв или потенциально плодородных пород на поверхность нарушенных земель с учетом их дальнейшего хозяйственного использования, виды основных сельскохозяйственных культур, агротехническое их возделывание в период биологической рекультивации и хозяйственное использование рекультивируемых земель, прогноз уровня их продуктивности.

В состав проектных работ входят:

- разработка технологии работ по рекультивации нарушенных земель;
- определение объемов работ;
- составление сметной документации.

Проект рекультивации и технологии его выполнения должны отвечать определенным требованиям, одновременная реализация которых призвана повысить эффективность восстановления компонентов природы. Такой набор требований называют *рекультивационным режимом*.

Рекультивационный режим определяется состоянием нарушенных земель и включает следующие основные показатели:

- эрозионную устойчивость поверхности земли;
- экспозицию отвалов и других форм рельефа нарушенных земель;
- допустимые нормы снятия почвенного слоя и сроки его хранения;
- геологический и химический состав горных субстратов и потенциально плодородных пород;
- толщину наносимого почвенного слоя при землевании;
- мощность рекультивационного слоя;
- допустимые пределы регулирования влажности почвы (субстратов) и глубины грунтовых вод;
- допустимые сроки затопления и подтопления земель;
- предельные значения общей минерализации поверхностных и грунтовых вод;
- допустимое содержание токсичных элементов в почвах, горных субстратах, поверхностных, грунтовых и сточных водах;
- агрохимические показатели плодородия почвы;
- интенсивность формирования наземной и водной биоты;
- эстетичный вид техноприродного ландшафта.

Выбор направления использования нарушенных земель в проекте выносят в отдельный раздел и тщательно обосновывают. Для этого используют материалы изысканий, прогнозы изменения природной среды и оценку пригодности земель для целей рекультивации.

Целевыми являются следующие виды использования нарушенных земель:

- сельскохозяйственное;
- лесохозяйственное;
- рыбоводческое;
- водохозяйственное;
- рекреационное;
- строительное;
- санитарно-эстетическое (санитарно-гигиеническое).

При выборе направления рекультивации предпочтение отдают созданию сельскохозяйственных земель, особенно в густонаселенных районах с благоприятными для этих целей условиями.

Рекультивацию по улучшению санитарно-эстетических условий проводят на объектах, представляющих угрозу для здоровья населения и экологического состояния природной среды.

Если необходимо, то такие нарушенные земли консервируют, а с появлением новых технологий, обеспечивающих их восстановление до нормативных требований, снова используют в хозяйственных целях.

Виды использования рекультивированных земель определяют на стадии проектирования. При этом учитывают:

- качественные характеристики нарушенных земель по техногенному рельефу, горным породам или искусственным грунтам, образующим корнеобитаемый слой, или по характеру обводнения (увлажнения);

- географические и экономические условия зоны размещения нарушенных земель;

- технико-экономические, экологические и социальные факторы.

Наряду с этим использование рекультивируемых карьеров нерудных материалов в народном хозяйстве обычно намечают аналогично использованию окружающей его территории.

Рекультивацию земель для использования в сельском хозяйстве проводят, как правило, на участках с нанесенным плодородным слоем почвы или участках, сложенных потенциально плодородными породами.

Земельные участки, рекультивируемые для использования в сельском хозяйстве, должны быть спланированы, покрыты плодородным слоем почвы мощностью не менее чем на смежных площадях аналогичных видов угодий.

Участки должны быть удобными для выполнения сельскохозяйственных работ с применением современных машин, иметь уровень грунтовых вод, обеспечивающий оптимальные условия для произрастания растений.

Водоемы, создаваемые в отработанных карьерах, должны иметь пологие берега, соответствующую защиту дна и берегов с целью предотвращения оползания, фильтрации или прорыва воды в смежные выработки, оборудованные необходимыми гидротехническими сооружениями и другими видами благоустройства.

Для рыбного хозяйства в основном используют глубокие карьеры после выработок из-под глин и суглинков, а также в местах, где необходимо иметь водоемы для хозяйственных целей.

Рекультивацию земель для использования в лесном хозяйстве проводят на малопродуктивных землях, в основном песчаных, супесчаных, когда на породу по тем или иным причинам не наносится перегнойный

гумусовый горизонт, а также на территориях, где тщательное выравнивание и планирование являются экономически нецелесообразными.

На земельных участках, подготавливаемых для лесохозяйственного использования, должен быть создан корнеобитаемый слой, необходимый для произрастания древесно-кустарниковой растительности, построены мелиоративные, гидротехнические, противозерозионные и другие сооружения согласно утвержденному проекту.

Нарушенные земли, рекультивация которых нецелесообразна, подлежат консервации с использованием технических, химических и биологических методов.

Передачу рекультивированных земель землевладельцам и землепользователям для использования их по назначению производят в соответствии с действующим законодательством.

5.3. Технический этап рекультивации

Технические мероприятия по рекультивации нарушенных земель подразделяют:

1) на проективные – создание новых проектных поверхностей и форм рельефа (вертикальная планировка, профилирование, ликвидация западин и понижений и т. д.);

2) структурные – изменение состава и структуры рекультивационного слоя (землевание, торфование, сапропелование, кольматаж, сооружение терпов);

3) химические (известкование, гипсование, кислование, внесение сорбентов, органических и минеральных удобрений).

Проективные мероприятия. В зависимости от вида и характера нарушения почвенного покрова и намечаемых мероприятий по приведению его для использования в народном хозяйстве подбирают метод определения объемов работ по технической рекультивации.

При значительном преобразовании естественных форм рельефа разрабатывают проект вертикальной планировки.

Основное содержание вертикальной планировки заключается в преобразовании существующей топографической поверхности в другую. Проектирование вертикальной планировки осуществляется различными методами.

По способам расчета проектных отметок различают аналитический, графический и графоаналитический методы.

По способу изображения преобразованного рельефа различают:

- метод профилей (для небольших карьеров простой конфигурации);

- метод проектных горизонталей и отметок (при значительных размерах и сложной конфигурации карьеров).

Рассмотрим подробно сущность первого способа и методику его проектирования.

Основой для разработки вертикальной планировки служат топографические планы масштабов 1:5000–1:500.

Проект вертикальной планировки предусматривает изменение форм и уклонов естественной поверхности земли, что отображают на карте проектными горизонталями.

Масштаб топографической карты, степень точности и подробности изображения на карте естественного рельефа должны позволить выбрать на ней с достаточной точностью наиболее целесообразное положение проектных поверхностей в отношении как уклонов, так и объема земляных работ.

При составлении проекта вертикальной планировки естественную поверхность называют фактической, а преобразованную – проектной, они характеризуются соответственно фактическими и проектными отметками. Разность между проектной и фактической отметками называют рабочей отметкой.

Положительные рабочие отметки характеризуют высоту насыпи, а отрицательные – глубину выемки.

Точку, для которой рабочая отметка равна нулю, называют точкой нулевых работ. Геометрическое место этих точек образует линию нулевых работ.

Фактическую поверхность показывают черными горизонталями, проектную – красными, линию нулевых работ – синим цветом.

Применяют различные способы определения наиболее выгодного положения проектируемых плоскостей (соблюдение уклонов, баланса работ, минимума земляных работ).

При проектировании отдельных площадок объема земляных работ вычисляют для каждого отдельного квадрата сетки и составляют картограмму земляных работ, которая служит дополнением к проекту вертикальной планировки на топографической карте. Этой картограммой пользуются при осуществлении на местности проекта вертикальной планировки.

На картограмму наносят сетку квадратов, выписывают у каждой вершины квадрата черные, красные и рабочие отметки (для насыпи – со знаком плюс, для выемки – со знаком минус), а в середине квадрата – объем земляных работ. Линию нулевых работ обычно показывают пунктиром, участки выемки – штриховкой.

Объемы подсчитывают отдельно как для насыпи, так и для выемки.

Для подсчета объемов с помощью профилей на них должны быть показаны черные, красные и рабочие отметки, расстояния, уклоны, нулевые точки. Объемы насыпи или выемки между двумя смежными профилями подсчитывают по упрощенной формуле усеченной пирамиды, основанием которой служат плоскости профилей, а высотой – расстояния между профилями.

Необходимой точности вертикальной планировки в большинстве случаев удовлетворяют размеры квадратов и расстояния между профилями, равные 20 м. В зависимости от сложности местности эти расстояния могут изменяться и приниматься равными 10, 30, 40 и 50 м.

Аналогично определению объемов работ по перемещению грунта устанавливают объемы работ по снятию и перемещению плодородного слоя почвы с примыкающих земель, грунт которых будут использовать для рекультивации нарушенных земель.

С учетом принятых технологических схем производства работ составляют локальные и сводные сметы и технико-экономические показатели на техническую рекультивацию.

Структурные мероприятия. Термин «структурные мероприятия» появился недавно. К структурным техническим рекультивационным мероприятиям относят изменение состава и структуры рекультивационного слоя (землевание, торфование, кольматаж, сооружение терпов). Они направлены в основном на улучшение структуры почвы, ее водно-физических свойств и плодородия.

Приемы эти давно известны, широко применялись в Германии, Голландии, Австрии, Польше в XVIII–XIX вв., в России и Беларуси первые опыты были проведены в прошлом веке.

Землевание – это комплекс работ по снятию, транспортированию и нанесению плодородного слоя почвы или потенциально плодородных пород на малопродуктивные угодья с целью их улучшения. Содержание гумуса в почве, наносимой на спланированную поверхность, должно быть не менее 2 %.

В качестве потенциально плодородных пород используют супесчаные и суглинистые грунты.

Землевание особенно необходимо при создании рекультивационного слоя на землях, не пригодных для проведения биологической рекультивации по физическим или химическим свойствам. Мощность рекультивационного слоя на потенциально плодородных породах определяют направлением использования нарушенных земель. Напри-

мер, при рекультивации сельскохозяйственных земель наносимый почвенный слой должен быть не менее 20–25 см, дальнейшее увеличение глубины землевания определяют уже экономическим эффектом, получаемым за счет прибавки урожая от этого мероприятия.

Торфование – это внесение торфа на рекультивированные 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 тяжелых суглинистых и глинистых почвах этот прием неэффективен.

Сапропеление почвы. Сапропель представляет собой современные отложения плоских, сравнительно мелководных, пресноводных, непроводящих водоемов или озер со слабыми течениями, которые содержат не менее 15 % органических веществ от абсолютно сухой массы.

При добыче сапропеля выгода двойная. Во-первых, обновляется озеро, почти потерявшее свою ценность. Во-вторых, в сельскохозяйственный оборот вовлекаются расположенные вдоль водоема пустующие земли.

В настоящее время существует две технологии добычи сапропелей: гидромеханизированная и экскаваторно-грейферная.

Первая из них является самой дешевой и наиболее распространенной, она 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 сапропелей 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 используется в лечебных, строительных и других важных целях.

Кольматаж – это наращивание рекультивированной поверхности почвы отложением взвешенных в воде потенциально плодородных наносов.

Кольматаж эффективен, если в речной воде содержится много мелкозернистых наносов.

Для кольматажа устраивают сеть каналов от реки-донора на кольматируемой площади, которые проводят по возвышенным местам так, чтобы дно их по возможности было выше проектной поверхности после кольматажа.

На кольматируемой территории устраивают бассейны, ограниченные дамбами. Размер бассейна, его глубина и объем подачи воды зависят от допустимой скорости движения воды, которая, в свою очередь, зависит от уклона поверхности и от характера взвешенных в воде наносов.

Скорость, при которой наносы выпадают, составляет:

- гравий, галька – 0,11–0,65 м/с;
- песок – 0,16–0,22 м/с;
- глина – 0,08 м/с.

Кольматируемую площадь разбивают дамбами на отдельные бассейны. Высота дамб должна быть на 0,5 м выше уровня воды, который определяется слоем залива бассейна водой (0,5–1,2 м). В теле дамбы устраивают шлюзы с водосливами, расположенными в шахматном порядке, шириной 4–6 м.

Кольматаж может быть периодическим, когда вода в бассейне стоит без движения, наносы выпадают, после чего очищенная вода выпускается, и бассейн вновь заливается мутной водой.

При длительном (непрерывном) кольматаже вода медленно протекает через бассейн и прорези в нижней дамбе.

Разновидностью кольматажа является подача средствами гидромеханизации разжиженного грунта. Намыв грунта слоем 2,0–2,5 м выполнен в Санкт-Петербурге на заболоченных землях вдоль Финского залива на участке длиной 20 км.

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. Аналогичные работы выполнены в Киеве, Могилеве на левом берегу Днепра и др.

Сооружение терпов (насыпка грунта). Под терпами понимают искусственные холмы-убежища, насыпаемые на заболоченных рекультивированных 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 в II в. до н. э. на территории современных Нидерландов. Холмы-убежища сооружали высотой 6–12 м. До настоящего времени сохранилось более 600 терпов благодаря ак-

тивной борьбе государства и общественности за их спасение, когда была доказана необходимость их защиты.

Подобные искусственные убежища имеются в дельтах Ганга и Брахмапуты в Индии и Бангладеш, которые были засажены плодовыми деревьями и заселены. Были они и у индейских племен в поймах и дельтах рек Огайо и Миссисипи (США). Археологи выделяют здесь специфическую культуру «строителей холмов».

К **химическим мероприятиям** при рекультивации земель относят известкование, гипсование, кислование, внесение сорбентов.

Известкование почвы внесением 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 вида почвы, реакции среды и качества удобрений. Кроме извести применяют доломитовую муку, сланцевую золу, цементную пыль, известковый туф, сапрпель. Нормы их внесения устанавливают путем пересчета на физические дозы извести.

Научными организациями разрабатываются приемы биологизации химической мелиорации. Найдены группы микроорганизмов, способных снизить фитотоксичность тяжелых металлов (алюминий, марганец, железо и др.).

Гипсование почвы. Солонцы, солонцовые комплексы и солонцовые почвы распространены в лесостепи, степи и зоне полупустынь. Всем им присущи неблагоприятные водно-физические свойства: при высыхании образуются прочные, трудно поддающиеся крошению глыбы, при увлажнении почвы подвержены заплыванию, поэтому они 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, хлоридно-сульфатные, хлоридные, сульфатно-хлоридные.

В зависимости от содержания поглощенного натрия (% от емкости поглощения) выделяют степень солонцеватости почвы: слабую (до 10 %), солонцы (более 30 %), в зависимости от которой, в свою очередь, дают оценку им по пригодности к земледелию и необходимости в гипсовании.

Почвы со слабой солонцеватостью пригодны для сельскохозяйственного использования без химической мелиорации. При сильной степени солонцеватости требуется химическая мелиорация путем внесения в почву сернокислого кальция – гипса, действие которого сводится к замещению поглощенного натрия кальцием.

Кислование – это способ мелиорации солончаков и солонцов с очень высокой щелочностью (рН 9–11) путем внесения кислых химических веществ (серная кислота, сера, сульфат железа, сульфат алюминия, хлористый кальций и др.).

Кислование проводят в несколько этапов. Сначала строят коллекторно-дренажную и оросительную сети, проводят капитальную планировку поверхности, вносят химикаты и проводят промывку почвы. На первый этап уходит 2 года. Далее проводят рассоление почвы под культурой (люцерна, озимая пшеница) за счет промывного режима орошения и окультуривание почвы. На проектную урожайность новые земли выводят за 4–5 лет.

Фосфоритование почвы. К химической мелиорации иногда относят применение минеральных удобрений (фосфорных, азотных, калийных, магниевых и др.) и микроудобрений (борных, медных, марганцевых, молибденовых, цинковых, кобальтовых и др.).

Внесение фосфорных удобрений (суперфосфата, томасшлака, 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.

Химические мелиоранты. Для улучшения почвы путем уменьшения ее плотности и соленакопления в ней, повышения водопроницаемости и водоотдачи, стабилизации почвенной структуры, закрепления гумуса и снижения эрозии применяют химические вещества – мелиоранты.

Наиболее распространены азотосодержащие химические мелиоранты (жидкий аммиак, мочевино-формальдегидные конденсаты), которые вносят одновременно с рыхлением почвы на глубину 40–70 см, и поликомплексы (высокомолекулярные вещества), которые после введения в почву, соединяясь между собой, образуют водопропрочную структуру.

5.4. Биологический этап рекультивации

Основные задачи биологической рекультивации:

- возобновление процесса почвообразования;
- повышение самоочищающей способности почвы;
- воспроизводство биоценозов.

Скорость формирования почвенных горизонтов зависит от свойств почвообразующих пород, их водного и теплового режимов, рельефа,

природно-климатических условий данного района, от видового состава растительности и т. д.

Скорость почвообразования составляет 2–4 мм/год. Интенсивное накопление гумуса на нарушенных землях наблюдается в период от 5 до 20 лет, далее скорость почвообразования снижается, что обуславливается устойчивостью биогеохимических процессов под определенными сообществами растений.

В результате этих процессов в конкретных природно-климатических зонах формируются молодые почвы, близкие по генезису к зональным, но отличающиеся от современных почв следующим признаками:

- процессом формирования почв (очень длительный);
- нарушенными землями, имеющими другие по генезису почвообразующие породы;
- факторами почвообразования, которые претерпели изменения.

С помощью биологической рекультивации удастся сделать следующее:

- ликвидировать ущерб, нанесенный ландшафту, или предотвратить его;
- создать условия для поддержания экологической устойчивости ландшафта;
- закончить формирование культурного ландшафта.

Биологическую рекультивацию проводят специализированные фирмы, имеющие соответствующую лицензию, и те предприятия, которым возвращают земли согласно принятому направлению использования нарушенных земель.

Биологическую рекультивацию осуществляют в два этапа.

На первом этапе выращивают пионерные (предварительные, авангардные) культуры, умеющие адаптироваться в существующих условиях и обладающие высокой восстановительной способностью.

На втором этапе переходят к целевому использованию нарушенных земель.

Для разработки эффективных способов биологической рекультивации большое значение имеет изучение процессов эволюции растительного покрова в различных природных зонах и техногенных условиях.

Продолжительность естественного формирования растительного покрова в лесной зоне характеризуется тремя периодами:

- от начала образования нарушенных земель до 5 (6) лет: появляется мозаичный несомкнутый растительный покров, состоящий из растений с широким диапазоном толерантности;

- от 5 (6) до 10 (12) лет: формируется многовидовое сообщество растений (30–50 видов), в котором заметно проявляются зональные черты и складывается многоярусная структура биоценозов;

- от 10 (12) лет и более: начинает преобладать дифференциация видового состава, господство переходит к многолетникам, создается устойчивый растительный покров с выраженной ярусностью, хорошо прослеживается сезонная динамика.

В сложных условиях сроки формирования растительного покрова значительно увеличиваются.

Наиболее эффективный прием биологической рекультивации на нарушенных землях – создание многовидового растительного покрова с участием многолетних трав и устойчивых пород кустарников и деревьев.

При такой многоярусной структуре нарушенные земли хорошо защищены от эрозии и дефляции, а благодаря листовому опадению и корневым системам получают большой прирост органических веществ.

Лесохозяйственная биологическая рекультивация. Рекультивацию лесохозяйственного назначения проводят для создания на нарушенных землях лесных насаждений промышленного, защитного, водорегулирующего, водоохранного и рекреационного назначения.

Начинают ее с подбора древесных и кустарниковых растений в соответствии с пригодностью нарушенных земель для биологической рекультивации и исходя из природно-климатических условий.

Например, в лесной зоне для рекультивации отвалов, насыпей, карьерных выемок, создания защитных лесных полос рекомендуют следующие породы деревьев и кустарников: вяз, клен ясенелистный, акацию белую и желтую, тополь черный, дуб красный, смородину золотистую.

В формировании молодых почв при проведении рекультивации для лесохозяйственных целей в качестве пионерных культур используют бобово-злаковые травы, кустарники и некоторые породы деревьев.

Из древесно-кустарниковой растительности наибольшее распространение в качестве пионерных имеют: акация белая, облепиха, акация желтая, смородина золотистая, ива, ольха, тополь, черемуха.

Биологическая рекультивация для рыбохозяйственного использования. Выработанные участки торфяных месторождений можно с успехом использовать в прудовом хозяйстве для разведения рыбы, особенно выработки гидравлического и фрезерного способов добычи низинного торфа. Площади выработанных участков торфяных месторожде-

ний верхового и переходного типов менее пригодны вследствие низкой биологической продуктивности и кислой реакции среды.

Пруды и водоемы, построенные на выработанных площадях торфяных месторождений, по режиму среды значительно отличаются от водоемов на минеральных грунтах.

При рыбохозяйственном использовании рекультивируемых земель после планировки ложе водоема рыхлят на глубину 5–7 см и вносят 1–3 ц/га перегноя или навоза.

Кислые почвы одновременно известкуют (до $pH > 7$).

Вода должна быть пригодной для жизни рыб.

Фосфорные и азотные удобрения вносят как по сухому ложу, так и по воде.

Норма минеральных удобрений за сезон составляет: аммиачной селитры – 2–5, суперфосфата – 1–2,5 ц/га. Аммиачную воду вносят за 7 дней до затопления пруда.

Биологическая рекультивация отвалов вскрышных пород. Формирование растительного покрова на отвалах вскрышных пород идет очень медленно из-за сложного, изменяющегося во времени рельефа поверхности отвала, бедности горных пород питательными веществами, неустойчивости водного и теплового режимов.

Отвалы и насыпи вскрышных пород быстрее зарастают с северной и северо-западной стороны, поскольку здесь водный и тепловой режимы устойчивы. Южные склоны, испытывающие наибольшие перепады температур и значительную эрозию, покрываются растительностью лишь в нижних частях склона, где накапливается смытый мелкозем.

Способность растения приживаться используют при рекультивации отвалов нетоксичных вскрышных пород без предварительного нанесения почвенного слоя.

Для этого разрабатывают специальную технологию культивирования растений, например:

- выращивание в течение 3–4 лет бобовых трав с запашкой на глубину 25–30 см;

- выращивание злаково-бобовой травосмеси с внесением небольшой дозы минеральных удобрений в течение 3–4 лет с последующей запашкой трав на глубину 20–25 см;

- посев трав (вико-овсяной смеси, донника) с последующей их запашкой.

На землях, где проведение технической рекультивации *затруднено* или возможно повторное их использование (например, повторное использование отвалов, содержащих породы с малой концентрацией

редких металлов), создают растительный покров разбрасыванием дражированных семян травосмесей и кустарников.

Семена растений с учетом их приуроченности к горным породам разбрасывают самолетом ранней весной вместе с небольшими дозами минеральных удобрений.

Биологическая рекультивация техногенно загрязненных земель. На землях, загрязненных техногенными продуктами, главная задача биологической рекультивации заключается в повышении самоочищающей способности почвы. Решить эту задачу можно с помощью совместного функционирования технических и биологических систем, оперирующих широким набором мероприятий, в том числе с использованием специально выращенных микроорганизмов.

Земли, загрязненные тяжелыми металлами, органическими веществами или продуктами промышленной переработки, на первом этапе очищают с помощью сорбентов, растений или микроорганизмов (биодеструкторов), а затем включают в хозяйственное использование под наблюдением агрохимических и санитарно-эпидемиологических служб.

Рекультивация (очистка) почв от техногенных продуктов с помощью микроорганизмов основана на деструктировании (разложении) этих продуктов в течение регламентированного времени.

На практике этот способ применяют для очистки почв, загрязненных нефтепродуктами, пестицидами и другими веществами, содержащими углеводороды.

Разрабатывают штаммы бактерий-деструкторов, устойчивые к мышьяку и тяжелым металлам. Эти бактерии способны к очистке почв в условиях смешанного загрязнения.

Технология биодеструктирования включает создание благоприятных водно-воздушных, тепловых и питательных условий для микроорганизмов и регулярный контроль численности применяемой популяции. Поэтому эффективность такого вида рекультивации зависит от управляемости регулирующих факторов и качества.

Для создания растительного покрова на землях, загрязненных химическими веществами, необходимо учитывать видовой состав растений, приуроченный к таким землям (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Видовой состав рекомендуемых растений на землях, загрязненных химическими веществами

Элемент	Видовой состав растений
Медь, железо	Шиповник
Цинк	Фиалка, ярутка
Цинк, свинец, кадмий	Горец большой
Никель	Гречиха

Биологическая рекультивация для сельскохозяйственного использования. Из всех направлений использования рекультивируемых земель в народном хозяйстве сельскохозяйственная рекультивация является самой сложной, так как большинство сельскохозяйственных культур предъявляют повышенные требования к поверхностному слою почвы, поэтому принципиальное значение для оценки возможности биологической рекультивации для сельскохозяйственного использования имеет состав и свойства верхнего слоя рекультивируемых земель.

Если нарушенные земли предназначены для сельскохозяйственного использования, то общий состав работ биологической рекультивации может быть следующим:

- планировка поверхности земли и нанесение на нее почвенного слоя, особенно на субстраты, содержащие малопригодные породы (заключительные работы технической рекультивации);
- выращивание пионерных культур (однолетних или многолетних) для активизации процессов почвообразования;
- введение специальных севооборотов для восстановления и формирования почвенного слоя;
- применение приемов почвозащитного земледелия для повышения плодородия почвы и ее устойчивости против водной эрозии и дефляции;
- мониторинг почв природоохранными и санитарно-эпидемиологическими службами.

В проекте биологической рекультивации карьеров для сельскохозяйственного использования определяют период их освоения; состав, чередование и нормы высева предварительных культур; нормы и периодичность внесения удобрений, известки.

Определяют агротехнику обработки почвы, возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

Рассчитывают потребность в удобрениях, известки, семенах и разрабатывают сметную документацию.

Предусматривают продолжительность биологической рекультивации карьеров нерудных материалов при их дальнейшем использовании в сельском хозяйстве:

- с нанесенным плодородным слоем – 4–6 лет;
- на землях, сложенных потенциально плодородными породами, без нанесенного плодородного слоя почвы – 8–10 лет;
- на малопродуктивных угодьях с нанесенным плодородным слоем почвы – 2–3 года.

Для восстановления плодородия рекультивируемых земель используют следующие предварительные культуры: клевер, люцерну, донник, люпин и др.

Зерновые высевают после 3–4-летнего возделывания злаково-бобовых травосмесей, а пропашные культуры в период биологической рекультивации не выращивают в связи с опасностью эрозии почв.

Зеленую массу можно запахивать на второй год освоения площадей. В первые годы биологической рекультивации вносят 60 т/га навоза, $N_{90}P_{60}K_{150}$, норму извести устанавливают в зависимости от pH, а семян многолетних трав высевают в 1,5 раза больше, чем на обычных почвах.

5.5. Рекультивация нарушенных земель

Рекультивация выработанных торфяников. В Беларуси ежегодно значительные площади нарушаются в результате добычи торфа. Так, например, на Докшицком торфо-перерабатывающем заводе, который в настоящее время выпускает свыше 50 наименований торфа питательных грунтов для самых различных видов растений и поставляет их в 20 стран мира (Турция, Германия, Болгария, Ирак и др.), общая площадь добычи составляет 730 га с запасами торфа 2,9 млн т. За год завод производит примерно 40 тыс. т торфопродукции и 7 тыс. т кускового топливного торфа, который по калорийности выше, чем березовые дрова. Доля экспорта в структуре производства составляет свыше 72 %, рентабельность – 17 %.

В составе выработанных площадей преобладают низинные торфяники с остаточным слоем торфа в 50 см и зольностью до 20 %.

подавляющее большинство из них подстилается песком с различной крупностью и мощностью залегания. После фрезерной добычи торфа остаются слабоволнистые поля с остаточным слоем торфа и сетью открытых каналов.

Остаточный слой торфа содержит вредные для растений химические соединения, малополезные микроорганизмы, имеет низкое содержание подвижных форм калия и фосфора, биологические процессы в нем протекают слабо. Он может быть бесплодным из-за отсутствия форм азота, достаточных для растений.

Задача рекультивации торфяных земель – превратить остаточный слой торфа в плодородную почву.

После фрезерной добычи торфа остаются карты шириной 500 м и длиной до 3 км, что соответствует расстоянию между валовыми каналами и их длине.

Поверхность этих карт ровная, превышения над общей поверхностью карт наблюдаются в местах складирования торфа вдоль валовых каналов от 0,5 до 2 м и вдоль картовых каналов – на 0,2–0,3 м.

Мощность оставшегося слоя торфа после фрезерования должна быть не менее 1 м, в то же время встречаются участки с обнаженным минеральным дном.

Площади торфяных болот, недавно выведенные из разработки, имеют редкую растительность, а на полях давней выработки формируется многоярусный растительный покров с кустарником и мелколесьем.

Устойчивый растительный покров с многолетниками в основном приурочен к бровкам каналов, местам складирования торфа и к участкам с благоприятным водным режимом.

Из элементов осушительной сети в удовлетворительном состоянии остаются лишь транспортирующие каналы, регулирующая сеть разрушена полностью.

При экскаваторной разработке остаются траншейные карьеры глубиной 0,5–0,4 м, шириной от 4 до 10 м, длиной до 2 км.

Эти траншеи ограничены продольными и поперечными перемычками, заполнены водой. Ширина перемычек составляет 0,5–4,0 м. На перемычках лежат пни и остатки погребенной древесины. Давние карьеры покрыты многоярусной растительностью.

Работы по технической рекультивации выработанных торфяников следующие:

- предварительное мелиоративное обустройство, включающее предварительное осушение и выравнивание поверхности выработанного месторождения;

- строительство новой или реконструкция существующей осушительной сети;

- культуртехнические работы с набором различных структурных и проективных способов (планировки, известкования, землевания и др.).

При сельскохозяйственном направлении рекультивации используют в первую очередь выработанные торфяники с остаточным слоем низинного торфа более 0,5 м.

Если же сельскохозяйственное использование участка нецелесообразно из-за больших затрат, то при остаточном слое торфа на нем более 0,3 м этот участок отводят под лесонасаждения, а менее 0,15 м – под водоемы.

Предварительное мелиоративное обустройство территории – это прежде всего мероприятия, относящиеся к карьерам экскаваторной

добычи, поскольку вышедшие после фрезерной разработки торфяные поля ровные и не имеют глубоких выемок.

Предварительное обустройство включает строительство временной водоотводной сети для сброса воды из замкнутых траншейных выемок и выравнивание поверхности карьера для ликвидации перемычек.

При проектировании мелиоративной системы на выработанных торфяниках стараются использовать отдельные элементы или части существующих сооружений, находящихся в удовлетворительном состоянии.

Линии и насыпи железных узкоколейных дорог, предназначенных для вывоза торфа, разбирают.

На фрезерных полях проводящую и ограждающую сеть, работающую исправно, реконструируют для последующего использования. Разрушенные картовые каналы и непригодные к эксплуатации проводящие каналы засыпают грунтом из кавальеров и подштабельных полос (мест складирования торфа).

Для регулирования водного режима и снижения опасности возникновения пожаров на осушаемых торфяниках проектируют увлажнение с помощью шлюзования или дождевания.

Культуртехнические работы проводят по типовым схемам, в которые можно включать известкование и землевание торфяных почв.

Биологическая рекультивация выработанных торфяников при использовании земель в сельскохозяйственных целях направлена на активизацию микробиологических процессов и регулирование скорости минерализации органического вещества.

Для этого применяют совершенную агротехнику и сбалансированное органическое и минеральное питание.

Продолжительность биологической рекультивации зависит от мощности и свойств оставшегося после разработки слоя торфа, а также от продуктивности выращиваемых культур.

Ориентировочно этот период составляет:

- 1 год – для низинных болот с высокой степенью разложения торфа и мощностью его слоя более 0,5 м;
- 2 года – с мощностью 0,3–0,5 м;
- 2 года – со средней степенью разложения и мощностью более 0,5 м;
- 3 года – со слабой степенью разложения;
- 3 года – для верховых и переходных болот.

В качестве предварительных культур используют однолетние травы на зеленые удобрения, семена, зеленый корм, сено и травяную муку.

Наибольшей эффективности в период биологической рекультивации достигают при выращивании культур в следующем порядке:

- первый год: травосмесь вико-овсяная, горохо-овсяная, люпино-овсяная;

- второй год: люпин на зеленый корм, райграс однолетний на зеленый корм, овес на зеленый корм, ячмень на зерно, рожь + вика озимая на зеленый корм;

- третий год: зерновые яровые (овес, ячмень) на зерно, рожь озимая на зерно, люпин на зеленый корм.

При выборе культур следует учитывать, что озимые выращивают только на незатопляемых в половодье участках. Способ обработки торфяной почвы зависит от засоренности остатками древесно-кустарниковой растительности и мощности оставшегося слоя торфа.

Последний год биологической рекультивации заканчивают планировкой торфяной поверхности.

Лесохозяйственную рекультивацию торфяников выполняют также после проведения мелиоративного обустройства территории и создания условий для выращивания лесных культур.

При лесоразведении используют районированные породы деревьев, пионерные культуры предварительно не высаживают.

Затопленные карьеры можно использовать для регулирования поверхностного стока, в качестве источников орошения, рыбоводных предприятий, зон отдыха, звероводческих хозяйств и охотничьих угодий.

На выработанных торфяниках с мощностью остаточного слоя торфа более 50 см окультуривание почв и рост урожайности сельскохозяйственных культур обуславливаются применением минеральных удобрений. Известкованию подлежат выработанные торфяники с величиной $pH < 5,5$. На сильнокислых участках известь вносят с интервалом в 2 года. Нормы внесения известковых удобрений дифференцируют с учетом объемной массы пахотного слоя.

Целесообразность осуществления мероприятий по освоению выработанных торфяных месторождений и сельскохозяйственного их использования устанавливают на основе определения общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию и освоение земель и экологического обоснования, причем в равных условиях предпочтение отдают сельскохозяйственному производству как наиболее эффективному способу возврата инвестиций.

Рекультивация карьерных выемок и отвалов. Карьерные выемки и отвалы образуются при добыче строительных материалов и полезных ископаемых открытым способом.

Вскрышные породы, выносимые на поверхность земли и складированные в виде насыпи, называют внешними отвалами, а вскрышные породы, отсыпаемые внутри карьера, – внутренними отвалами.

Глубина карьерных выемок определяется мощностью, расположением и глубиной залегания пласта добываемого материала. Высоту отвалов регламентируют проектами разработки месторождения и рекультивации нарушенных земель.

Поскольку полезные ископаемые добывают в течение длительного времени, то рекультивацию горных выработок и отвалов включают в технологическую схему разработки месторождения и осуществляют постоянно, по мере сработки пласта.

Основные работы, проводимые при создании рекультивационной поверхности отвалов, – планировка и землевание.

Последнее выполняют снятым почвенным слоем или потенциально плодородными породами.

Землевание поверхности откосов скальных отвалов осуществляют с помощью грунтомета, способного выбрасывать фрезерованный грунт на расстояние до 35 м.

Для создания на рекультивируемой поверхности отвала растительного покрова используют гидропосев многолетних трав. Рабочая смесь при этом может включать воду, почву, опилки, семена, небольшие дозы минеральных удобрений, пленкообразующие материалы.

Озеленение поверхности отвалов с помощью многолетних трав и древесно-кустарниковой растительности, подобранных для конкретных условий, ослабляет эрозионные процессы, повышает устойчивость откосов и ускоряет образование многоярусных сообществ биоты.

При добыче полезных ископаемых в зонах избыточного переувлажнения рекультивационная поверхность формируется одновременно с созданием благоприятного гидрологического и гидрогеологического режимов внутренних отвалов.

Поверхность отвалов планируют с уклонами, необходимыми для организации поверхностного стока, а при наличии близких грунтовых вод – для строительства открытой осушительной сети.

Конструкцию осушительной сети принимают в зависимости от направления использования нарушенных земель.

Рекультивация земель, нарушенных при строительстве линейных сооружений. К линейным сооружениям относятся дороги, трубопроводы, каналы, подземные кабельные линии и т. п.

Полоса земли, отводимой во временное пользование при строительстве автомобильных дорог, в среднем составляет 1,5–2,0 га на 1 км дороги.

Ширина полосы земель, отводимых во временное пользование под строительство магистральных трубопроводов, меняется от 20 до 46 м. При строительстве одной нитки водовода или канализационного коллектора отводится от 20 до 70 м. В эти нормативы не входят участки земель, занятых под временные подъездные дороги и сооружения. В целом общая площадь нарушенных земель получается гораздо большей, чем отводимая под строительство.

Рекультивация нарушенных земель при строительстве линейных сооружений имеет некоторые особенности, связанные с подвижным характером работ. Поэтому ее необходимо включать в технологическую схему производства основных работ, особенно ту часть, которая относится к технической рекультивации.

Рекультивация земель при строительстве и эксплуатации каналов включает:

- сохранение снятого почвенного слоя по фронту работ;
- проведение противоэрозионных мероприятий;
- разравнивание отвалов (кавальеров) грунта по месту работ или их использование для планировки на прилегающих территориях;
- возвращение предварительно снятого почвенного слоя на участки планировки и восстановление поверхности земли до проектных отметок;
- ремонт и обустройство дорожной сети, разрушенной в ходе строительных работ;
- восстановление пахотного слоя, а также травяного покрова, если земли используются под сенокосы или пастбища.

Рекультивация и обустройство свалок и полигонов хранения твердых отходов. Развитие человеческой цивилизации сопровождается ростом масс техногенных, промышленных и бытовых отходов. По подсчетам специалистов, ежегодно накапливается на одного человека 260–280 кг твердых бытовых отходов, объем промышленных отходов в 3 раза больше.

Отходы и свалки мусора стали крупным загрязнителем ландшафта, включая поверхностные и подземные воды.

Многие твердые отходы (пластмассы, стекло и др.) не разлагаются в течение многих десятилетий, что вызывает постоянный рост площади полигонов и ухудшение экологического состояния пригородов.

Отходы, образующиеся в жилищном, промышленном, сельскохозяйственном и других секторах хозяйственной деятельности, подлежат утилизации (переработке, захоронению, сжиганию, компостированию и обезвреживанию) на специализированных предприятиях и полигонах.

Место для размещения полигонов выбирают с учетом следующих условий:

- исключение или минимизация влияния отрицательных последствий на прилегающие территории (агроценозы, лесные насаждения, поверхностные и подземные воды);

- возможность создания техногенного рельефа, гармонично вписывающегося в природный ландшафт.

При выборе места для полигона предпочтение отдают землям не сельскохозяйственного назначения.

Полигоны располагают недалеко от городов (поселков, промышленных производств), поскольку далеко вывозить мусор экономически невыгодно.

Свалки должны быть изолированы от поверхностных и подземных вод, что обеспечивается обвалованием по периметру дамбами из глины с противодиффузионным ядром и созданием противодиффузионных завес (экранов) из экологически безопасных глин.

Защитные экраны создают методом «стена в грунте». Для отвода дождевых и талых вод со свалки устраивают каналы с очисткой воды до сброса ее в реки.

Рекультивацией и обустройством полигонов отходов занимаются организации, входящие в систему обращения с отходами и эксплуатирующие данные полигоны.

Работы выполняют в соответствии с проектом, разработанным и согласованным на стадии открытия полигона.

Наиболее распространенными методами обработки и захоронения бытовых отходов являются следующие.

Закрытые свалки – это метод, позволяющий обрабатывать большие объемы бытовых отходов (БО) при относительно малом воздействии на окружающую среду.

Пример обустройства территории с типовыми природоохранными мероприятиями приведен на рис. 5.1.

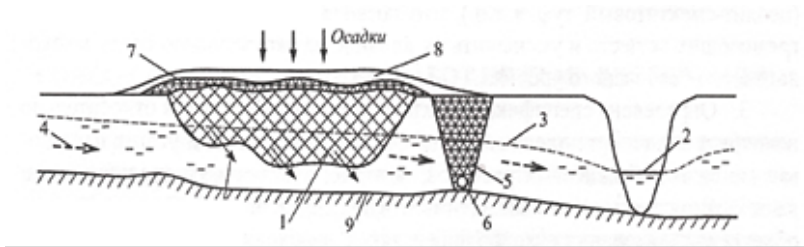


Рис. 5.1. Схема эколого-экономической безопасности на свалках:
 1 – локальный объект-загрязнитель; 2 – водный объект; 3 – УГВ;
 4 – фильтрационный поток; 5 – дренажно-аккумулирующая система;
 6 – дрена; 7 – защитный слой мелиоранта-сорбента; 8 – плодородный слой;
 9 – водопор

При этом методе исключаются горение и пожары, однако отсутствует утилизация продуктов БО.

Открытые свалки – это неконтролируемый сброс отходов, без уплотнения, изоляции, чаще всего «диким» способом. Самый неэффективный, но вместе с тем самый распространенный метод.

Нередко отходами завалены все обочины проезжих дорог поселков, опушки лесов, поляны и овраги.

Организованные полигоны отходов – это более современный метод захоронения отходов, но рассчитан на длительное отторжение площадей, поэтому его нельзя признать перспективным.

В последние годы широкое распространение получил *метод сжигания мусора*. В некоторых странах путем сжигания утилизируется до 70 % твердых отходов.

Сжигание мусора – далеко не безобидный метод, так как мусоро-сжигающие заводы не обеспечивают защиту окружающей среды.

Образующийся при сжигании мусора ядовитый газ диоксин загрязняет воздушный бассейн в радиусе до 30 км.

Перспективно применение *вторичной переработки отходов*.

Заслуживает внимания опыт организации переработки отходов в Токио (Япония), где создана широкая сеть пунктов сбора и сортировки использованной упаковки, на улицах установлены цветные контейнеры для раздельного сбора пластмасс, прозрачного и темного стекла и т. п. В Республике Беларусь также налаживается переработка отходов пластмасс в Могилеве, Гродно и других городах.

Прессование – это разделение отходов на твердые и жидкие компоненты с последующей их переработкой под давлением 80 МПа.

Получаемые при таких параметрах обработки твердые отходы имеют объемную массу около 1000 кг/м^3 и могут найти применение в строительстве.

Пиролиз – это обезвреживание отходов, которое происходит в условиях дефицита кислорода и при температуре $600\text{--}800 \text{ }^\circ\text{C}$, что приводит к термическому разложению отходов и их обезвреживанию.

Этот метод привлекателен в случае использования образующегося тепла для выработки тепловой или электрической энергии, а также для защиты атмосферы от газов и твердых выбросов.

Методы полевого компостирования ТБО целесообразно применять в городах с населением до 500 тыс. человек как наиболее простой и дешевый способ обезвреживания и переработки отходов.

Сооружение и оборудование полевого компостирования должны обеспечить прием и предварительное дробление отходов, биотермическое обезвреживание и окончательную обработку компоста.

Отходы разгружают в приемный бункер или на ровную площадку. Затем бульдозером или грейдерным краном формируют штабеля, в которых происходят процессы аэробного биотермического компостирования. Зрелый компост перед отправкой потребителю направляют на грохот, где его очищают от крупных фракций. Из отходов и компоста электромагнитным сепаратором извлекают металлолом.

Продолжительность рекультивационного периода полигонов отходов зависит от направления использования и времени стабилизации тела отвалов:

- для посева многолетних трав и создания пашни этот период составляет 1–3 года;
- для посадки декоративных деревьев и кустарников – 2–3 года;
- для создания садов – 10–15 лет.

Органическую составляющую отходов жилищно-коммунального сектора, образующуюся после сортировки бытовых отходов (до 70 % ТБО), древесно-растительные остатки (обрезка, сведение деревьев и кустарников) и незагрязненные потенциально плодородные грунты целесообразно направлять на производство *компоста* с последующим его использованием при благоустройстве и озеленении городских территорий или для рекультивации полигонов отходов.

Рекультивация и утилизация на полигонах хранения твердых, особенно токсичных отходов (пестициды, пришедшие в негодность и запрещенные к применению; отходы нефтепереработки и нефтехимии; использованные органические растворители; отходы, содержащие сви-

нец, цинк, кадмий, никель, сурьму, висмут, кобальт и их соединения и др.) является приоритетной задачей Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Восстановление плодородия почв сельскохозяйственных земель, подвергающихся уплотнению. Современные интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур обеспечиваются за счет многократного прохода по поверхности почвы тракторов, сеялок, комбайнов, автомашин, почвообрабатывающих машин и другой техники. Подобные технологии нарушают почвенную структуру, снижают пористость, водо- и воздухопроницаемость и, как следствие, оказывают существенное влияние на водный, пищевой, воздушный, тепловой и микробиологический режимы почвы. В конечном счете снижаются плодородие почвы и продуктивность возделываемых культур.

Процессы уплотнения почв характеризуются тремя группами факторов – *физическими, химическими и биологическими.*

Физические факторы включают механические нарушения или вызванные другими процессами ухудшения структурно-агрегатного состава, сложения почв, морфогенетического или гидрофизического строения почвогрунта, гидрологического режима почвенного покрова. Физическая деградация почв оценивается по изменению суммарной мощности их гумусово-аккумулятивного горизонта, плотности сложения, структурно-агрегатного состава, водопроницаемости и уровня залегания грунтовых вод.

К *химическим* факторам деградации почв относятся: уменьшение запасов органического вещества и питательных элементов, негативные изменения химических (физико-химических, геохимических) режимов почв, засоление, осолонцевание и загрязнение земель. Химическая деградация почв определяется по снижению запасов в верхней части почвенного профиля или в пахотном горизонте почвы гумуса и основных элементов питания растений, а также по негативным изменениям основных диагностических показателей процессов подкисления, ошелачивания.

Биологические факторы объединяют вегетативные изменения численности видового состава и биомассы микроорганизмов и возделываемых культур, оказывающие отрицательное влияние на основные биохимические процессы и режимы почв, которые обеспечивают устойчивое использование сельскохозяйственных земель определенного назначения.

На сельскохозяйственных угодьях уплотнение почвы происходит как в результате ее генезиса (генетическое уплотнение), так и в резуль-

тате обработки почвы с применением сельскохозяйственной техники (антропогенное уплотнение).

Увеличение плотности почвы сопровождается ухудшением экологических условий и снижением эффективности мелиоративных мероприятий. Без внесения корректировок в технологический процесс производства продукции и воспроизводства почвенного плодородия на таких землях создаются предпосылки к возникновению условий неустойчивого функционирования агроландшафта.

Для восстановления плодородия деградированных уплотненных почв разработана структурная схема комплексных мелиораций таких земель. В этой схеме рассмотрен комплекс мероприятий, включающий *физическую, химическую и биологическую* мелиорации.

Биологические мелиорации почв базируются на принципах адаптации к природным процессам и используют симбиоз микробиологических процессов и физиологических свойств самих растений. В качестве биологического мелиоранта используются бобовые культуры, формирующие большую массу корней и обеспечивающие накопление атмосферного азота в почве с помощью клубеньковых бактерий.

Химическая мелиорация является основным элементом интенсивных систем земледелия и направлена на компенсацию недостающих элементов минерального питания растений.

Реализация *физических* мелиораций связана с углублением корнеобитаемого слоя почвы как мероприятия, направленного на повышение эффективности использования биопотенциала сельскохозяйственных культур, формирующегося при свободном развитии корневой системы растения, а ее параметры (мощность) определяются оттоком ассимилянта в корни.

В зависимости от природно-хозяйственных условий возможно применение различных способов глубокого рыхления – сплошного, полосового и перекрестного (полосового по квадратам). Наиболее распространенным и эффективным приемом для улучшения структуры пахотного слоя является сплошное рыхление. Чем меньше расстояние между разрыхленными полосами, тем интенсивнее происходит разрыхление подпочвенного горизонта и больше эффект от глубокого рыхления.

Однако, как показала практика, длительное сохранение эффекта глубокого рыхления возможно лишь в том случае, если вновь созданная структура почвы стабилизируется соответствующими агромелиоративными мероприятиями. Решающую роль играют мероприятия, проводи-

мые сразу после рыхления почвы, так как вновь образованная структура наиболее неустойчива.

При применении химических мелиорантов с глубоким рыхлением наибольшее оструктурирующее воздействие на почву производят клевер, люцерна, костреч безостый, рапс озимый и яровой, сурепица, подсолнечник, люпин.

5.6. Рекультивация загрязненных земель

Загрязнение по своей сущности бывает природным или антропогенным. Антропогенное загрязнение – это поступление различных веществ в абиотические и биотические компоненты геосистемы, обуславливающие негативные токсико-экологические последствия для биоты.

Геосистемы становятся загрязненными, когда накопление в них загрязняющих веществ, а также формы их нахождения приводят к следующим последствиям:

- нарушению газовых, концентрационных, окислительно-восстановительных функций биоты, вызывающих утрату ее геохимического самоочищения;
- изменению биохимического состава продукции биоты, вызывающему нарушение жизненных функций цепей в данной геосистеме и за ее пределами при отчуждении биологической продукции;
- снижению биологической продуктивности геосистемы;
- разрушению генофонда, необходимого для ее существования;
- гибели биоты.

Природные процессы также могут вызывать загрязнения, но часто это результат деятельности человека.

Антропогенное загрязнение почв разделяется:

- на коммунальное;
- сельскохозяйственное;
- промышленное;
- военное.

Коммунальное загрязнение связано с функционированием населенных пунктов, при котором в природную среду сбрасывают продукты жизнедеятельности людей в местах их поселения: сточные воды, бытовые отходы, мусор и т. п.

Сельскохозяйственное загрязнение возникает на больших территориях как следствие применения средств борьбы с болезнями и вредителями культурных растений, с сорной растительностью (пестициды, ин-

сектициды, гербициды), при внесении повышенных доз минеральных и органических удобрений.

Сюда же можно отнести загрязнения, полученные при использовании сточных вод, в том числе и промышленных, с целью удобрения и увлажнения, а также при использовании для орошения вод с повышенной минерализацией.

Промышленное загрязнение почвы возникает воздушным путем через атмосферу, с дождем или снегом, парами, аэрозолями, пылью или растворенными тяжелыми металлами и органическими соединениями.

Локальное загрязнение возникает в местах хранения отвалов, отходов, при авариях и т. п.

Военное загрязнение возникает при ведении боевых действий, маневров, испытаниях боевой техники.

Объектами загрязнения могут быть все компоненты геосистемы: приземные слои воздуха, поверхностные и подземные воды, но основное внимание нужно уделять загрязнению почвы, которая, по определению В. В. Докучаева, является наружной оболочкой суши и в первую очередь воспринимает удар от многих загрязнителей, аккумулирует большой объем загрязняющих веществ.

В качестве основных мероприятий по рекультивации загрязненных земель следует рассматривать те, которые обеспечивают условия самоочищения почвы как за счет развития существующих почвенных процессов, так и за счет инженерно-экологического обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов, внесенных в почву для деструкции токсичных веществ.

Процесс самоочищения почвы идет нелинейно, т. е. со временем затухает (нелинейность природных процессов – одно из свойств геосистемы), поскольку деструкция загрязняющих веществ определяется ростом и отмиранием бактерий, функционирующих в условиях уменьшения объема питательной среды.

Особенность подготовительного периода рекультивации загрязненных земель – проведение исследований по установлению источников и причин загрязнения, выполнение мероприятий по снижению выбросов, локализации или ликвидации источника загрязнения.

Для оценки загрязненности почв в качестве критериев используют соотношение содержания химического вещества с его предельно допустимым (ПДК) или фоновым значением в почве и суммарный показатель химического загрязнителя.

Инженерно-экологическая система, создаваемая в ходе рекультивации, – это постоянно или длительное время действующий в управляемом режиме комплекс следующих сооружений и мероприятий:

- по восстановлению естественной самоочищающей способности компонентов геосистем;
- снижению до допустимых норм поступления в них загрязняющих веществ;
- активному удалению этих веществ;
- локализации очагов загрязнения;
- обеспечению экологически безопасного существования биоценозов и человека.

Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами. К тяжелым металлам относят свинец, цинк, медь, хром, кобальт, марганец, молибден, сурьму, мышьяк, ртуть, титан, ванадий, стронций, олово, кадмий и др.

Антропогенное загрязнение почвы тяжелыми металлами происходит вокруг металлургических, химических и других заводов, около шоссе и дорог.

В борьбе с таким загрязнением почвы важнейшее значение имеют предупредительные мероприятия:

- совершенствование технологий производства без выброса отходов в атмосферу;
- глубокая очистка сточных и природных вод;
- применение замкнутых водооборотных систем на обогатительных фабриках и др.

Загрязнение почв тяжелыми металлами приводит к образованию кислой или щелочной реакции почвенной среды, к снижению обменной емкости катионов, к потере питательных веществ, к изменению плотности, пористости, отражательной способности, развитию эрозии, дефляции, к сокращению видового состава растительности или к ее полной гибели.

Прежде чем начать рекультивацию таких земель, необходимо установить источник и причины загрязнения, провести мероприятия по снижению выбросов, локализации или ликвидации источника загрязнения.

Ориентиром при составлении перечня работ по рекультивации земель в первую очередь служит приоритетное вещество, вызывающее ухудшение экологического состояния почв и качество сельскохозяйственной продукции, а ожидаемую подвижность других опасных веществ регулируют специальными и комплексными мероприятиями.

Рекультивацию земель, загрязненных тяжелыми металлами, осуществляют следующими способами.

Культивирование устойчивых к загрязнению культурных дикорастущих растений. На загрязненных землях сельскохозяйственного назначения проводят реорганизацию и переориентацию сельскохозяйственного производства за счет введения новой структуры растениеводства, обеспечивающей получение качественной продукции.

С учетом конкретных условий на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, можно выращивать следующие устойчивые культуры: зерновые колосовые, злаковые травы, картофель, капусту, томаты, хлопчатник, сахарную свеклу.

Рекультивация почв с помощью растений, способных накапливать тяжелые металлы в вегетативных органах (фиторекультивация). Установлено, что дерево, растущее вдоль автомобильной дороги, за вегетационный период способно накапливать в себе свинец в количестве, соответствующем его содержанию в 130 кг бензина. Поэтому в населенных пунктах с загрязненными районами листовой опад целесообразно собирать и утилизировать.

Для очистки почв от цинка, свинца и кадмия необходимо выращивать большой горец, от хрома – горчицу, от никеля – гречиху и т. д.

Регулирование подвижности тяжелых металлов в почве. Поглощение тяжелых металлов растениями зависит от их подвижных форм в почве.

Почвы, тяжелые по гранулометрическому составу и высокоплодородные, содержат меньше подвижных форм тяжелых металлов, чем почвы легкие и малопродуктивные.

В районах с высокой автотранспортной нагрузкой и с промышленными предприятиями, связанными с сжиганием угля, нефти и производством стали, в атмосферном воздухе возрастает содержание оксида азота, диоксида азота, диоксида серы, что приводит к образованию кислотных дождей и повышению кислотности поверхностных вод и почв. На таких территориях создается опасность загрязнения продукции растениеводства, приусадебных участков и лесных угодий кадмием, свинцом, ртутью, медью и другими растворимыми в кислой среде токсичными элементами.

Подвижность соединений тяжелых металлов в почве регулируют с помощью известкования, гипсования, внесения органических и минеральных удобрений, землевания (внесение глины или песка), которые делают тяжелые элементы безвредными.

Регулирование соотношения химических элементов в почве. В основе этого способа лежит антагонизм и синергизм химических элементов, т. е. когда один элемент препятствует или способствует поступлению другого в растение. Например, цинк препятствует поступлению ртути, а избыток фосфора приводит к снижению токсичности цинка, кадмия, свинца и меди. Присутствие кальция может создать для одних металлов антагонистические, а для других синергические условия: в плодородной почве цинк и кадмий противостоят закреплению меди и свинца, а в малоплодородной процесс может развиваться в обратном направлении.

Создание рекультивационного слоя, замена или разбавление загрязненного слоя почвы. Его можно проводить по сложной многослойной схеме, которая представляет собой последовательное формирование на загрязненной поверхности многослойной структуры (известь, глинистый экран, песок, суглинистый или супесчаный грунт, почвенный слой), а также по однослойной и двухслойной схеме путем нанесения почвы или потенциально плодородной породы на предварительно экранированную или неэкранированную загрязненную поверхность.

Разбавление загрязненного слоя проводят землеванием чистой почвы с последующим смешиванием, а также с помощью глубокой вспашки, когда верхний загрязненный слой перемешивается с чистым нижним слоем.

Использование активных биологических средств заключается в культивировании на загрязненных землях живых организмов, способных аккумулировать в себе тяжелые металлы, включая радионуклиды. Один из представителей таких организмов – дождевые черви.

Механизм очистки почвы основан на трофической связи дождевых червей и почвенных микроорганизмов, которые переводят тяжелые металлы в ионную форму или сорбируют их поверхностью своего тела.

Дождевые черви, пропуская через себя почвенный субстрат, накапливают в себе часть этих металлов, а выработанные ими гуминовые кислоты образуют труднорастворимые соединения. С помощью специальных приманок и создания очагов наиболее благоприятных условий дождевых червей изымают из почвы.

Надежным приемом по борьбе с загрязнениями опасными веществами при их высокой концентрации является захоронение их в подземных структурах, надежно изолированных от водоносных горизонтов водоупорами и не имеющих связи с прилегающими территориями.

Мох и лишайник обладают высокими поглощающими свойствами по отношению к тяжелым металлам.

Положительное действие на урожай оказывает внесение в почву, особенно в подпочвенные горизонты, измельченной соломы в смеси с селитрой.

Рекультивация земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. При ежегодной мировой добыче нефти в количестве 2,5 млрд т в год теряется около 50 млн т, или примерно 2 %.

Загрязнение земель и вод происходит при добыче нефти, транспортировании нефти и ее продуктов, переработке, хранении, заправке машин топливом, в результате аварий, утечек, протечек, испарения.

Опасны не только крупные аварии на водном и железнодорожном транспорте, при прорыве нефтепроводов, но и мелкоочаговые загрязнения вокруг многочисленных мелких баз хранения и распределения топливно-смазочных материалов, топливозаправочных станций, при хранении и ремонте техники.

Мероприятия по рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, необходимо назначать с учетом санитарно-гигиенических норм и оценки экологической обстановки территорий.

Почвы с высоким уровнем загрязнения направляют на переработку с целью добычи извлекаемой части нефтепродуктов, после чего их рекультивируют в стационарных или полевых условиях.

Одним из приоритетных способов очистки почв от нефтепродуктов является использование биодеструкторов.

Их эффективность обеспечивается активностью микроорганизмов по отношению к углеводородам в условиях хорошей аэрации почв, благоприятного водного, температурного и питательного режимов почв.

Так, благодаря действию таких препаратов содержание нефтепродуктов в почве за 10 сут может снизиться на 30 %.

По мере снижения загрязненности почвы применяют мероприятия 1-го уровня рекультивации.

Возможная схема агробиологических рекультивационных работ:

- 1-й год – рыхление загрязненной почвы для освобождения ее от легких углеводородов и стимулирования биохимических процессов;
- 2-й год – применение биодеструкторов и регулирование для этой цели питательного и водного режимов почв;
- 3-й и последующие годы – выращивание устойчивых культур для получения качественной продукции.

Рекультивацию земель, входящих в зону чрезвычайной экологической ситуации или экологического бедствия (2-й и 3-й уровни), прово-

дят как систему мероприятий в составе инженерно-экологической системы.

Основу инженерно-экологической системы могут составлять:

- дамба обвалования;
- стена в грунте;
- нагнетательные скважины;
- горизонтальный и вертикальный дренажи;
- добывающие скважины;
- мероприятия по рекультивации загрязненных земель;
- мероприятия по технической и биологической рекультивации за-

грязненных земель.

Мероприятия и функции управляемой системы:

- устройство дамбы обвалования и проведение мероприятий по организации поверхностного стока защитят загрязненную территорию от затопления во время паводка и предотвратят поверхностный смыв нефтепродуктов;

- собранный поверхностный сток после предварительного биодеструктирования и доочистки будет отводиться в водотоки или использоваться в водооборотных системах промышленных предприятий;

- строительство стены в грунте по контуру нефтяной залежи или в зоне разгрузки загрязненных потоков прекратит дальнейшее продвижение загрязненных подземных вод.

Детоксикация загрязненных почв. Основными элементами системы земледелия являются: научно обоснованные севообороты, способы обработки почвы, технологии применения удобрений и средств защиты растений от вредного воздействия, мелиоративные мероприятия и др.

Одним из источников загрязнения окружающей среды является применение ядохимикатов в сельском хозяйстве, поскольку не существует нетоксичных для человека пестицидов.

К пестицидам относят органические и неорганические соединения, применяемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками, а также для ускорения созревания регенеративных органов ряда культур, убираемых машинами. В мире на 1 га в среднем вносят 300 г химических средств защиты растений.

Основным элементом пестицидов является биологически деятельное (активное) вещество, которое определяет способ воздействия на уничтожаемые организмы. Активное вещество является химическим соединением с высокой активностью по отношению к этим организмам. Средства защиты растений включают в себя обычно одно или

несколько активных веществ, а также так называемые нейтральные элементы, т. е. вещества, усиливающие эффективность активных веществ. Нейтральные элементы могут составлять в препарате защиты растений более 50 %. К сожалению, их химический состав обычно не указывается производителем. Не всегда они бывают нетоксичными и, поступая в природную среду, представляют собой ненужный балласт, который может проникать в пищу и корм.

Детоксикацию загрязненных почв проводят физическими, химическими, биотехнологическим и термическими методами (табл. 5.2).

Таблица 5.2. Методы детоксикации загрязненных почв

Условия применения	Методы детоксикации	Способы детоксикации
Детоксикация загрязненной почвы на месте	Вентилирование почвы	Рыхление почвы, внесение соломы, опилок и других древесных отходов и органических веществ; внесение компостов
	Активное окисление загрязненной почвы	Подача кислорода внутрь почвы нагнетанием, откачка загрязненных грунтовых вод с последующим закачиванием обогащенной кислородом воды, внесение минеральных и органических удобрений
	Экранирование загрязненных почв	Устройство противодиффузионных завес, кольцевой дренаж (траншеи с пористым наполнителем, обогащенным бактериями)
	Биотехнологические	Вспашка, рыхление, внесение органических удобрений, сидеральных удобрений, компостов, известкование с применением сорбентов
	Физические	Промывка почвы водой, применение поверхностно активных веществ – химических и биологических, бактериальная промывка
	Биологические	Выращивание растений-гиперконцентраторов (индийская горчица, тростник)
Очистка почвы на полигонах	Микробиологические	Применение микроорганизмов-деструкторов, токсикантов, биопрепаратов (штаммы бактерий, грибов, актиномицетов)
	Химические	Использование кислот, щелочей, детергентов, растворителей, микроэмульсий
	Термические	Сжигание в обжиговых печах, обработка инфракрасными лучами

Биотехнологические методы включают два приема: активизацию аборигенной микрофлоры почвы и внесение адаптированных к загрязнителю штаммов микроорганизмов-деструкторов [5].

Локально сильно загрязненные почвы очищают на специальных полигонах путем обработки химическими веществами, для очистки от пестицидного загрязнения эффективен прием компостирования.

Воздействие на загрязнение осуществляется в разных формах.

В зависимости от применяемых процессов технологии бывают: биологические, физические, химические, физико-химические, термические, комбинированные.

Как правило, *рекультивация* загрязненных земель проводится после того, как территория, предназначенная для восстановления, будет очищена от загрязняющих веществ. Поэтому, прежде чем приступить к рекультивации загрязненных земель конкретного участка, необходимо выполнить предварительный цикл работ, связанных с обезвреживанием (*нейтрализацией*, или *детоксикацией*) и удалением из экосистемы загрязняющих веществ.

Рекультивация земель, загрязненных радионуклидами. Радиация относится к тем факторам физиологического воздействия на организм человека, для восприятия которых у него отсутствуют рецепторы. Ни увидеть, ни услышать, ни почувствовать ее на ощупь или на вкус он просто не в состоянии. Радиация – это природный фактор, от которого не спрячешься.

В результате чернобыльской аварии около 70 % радиоактивных веществ, выброшенных в атмосферу, выпало на территории Беларуси.

Загрязнено 23 % всей площади, где проживало 2,2 млн человек. Загрязнению с плотностью выше 1 Ки/км² по цезию-137 подверглось более 1,8 млн га сельскохозяйственных земель, из которых 265 тыс. га исключены из сельскохозяйственного оборота. Выведены преимущественно земли с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 40 Ки/км², стронцием-90 – свыше 3, плутонием – свыше 0,1 Ки/км² в связи с превышением предельных дозовых нагрузок на население и сложностью получения сельскохозяйственной продукции с допустимым уровнем загрязнения радионуклидами.

В преодолении последствий чернобыльской катастрофы основное внимание направлено на загрязненные земли, где проживает население. Сельскохозяйственное производство ведется на 1,3 млн га, загрязненных цезием-137 с плотностью 1–40 Ки/км², из которых 0,46 млн га одновременно загрязнены стронцием-90 с плотностью 0,15–3,00 Ки/км². 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 и 5 %.

Вместе с тем известно, что до определенного содержания радионуклидов в почве на ней можно выращивать чистую сельскохозяйственную продукцию, не приносящую вреда для животных и людей. Ведение сельского хозяйства на землях, подверженных радиоактивному загрязнению, регламентируется Руководством по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь. По накоплению радиоцезия на единицу сухого вещества установлен следующий убывающий ряд: разнотравье естественных сенокосов и пастбищ, многолетние злаковые травы, клевер, зеленая масса рапса, гороха, солома овса, зеленая масса кукурузы, кормовая свекла, зеленая масса однолетних бобово-злаковых травостоев, солома озимой ржи, зерно овса, картофель, солома ячменя, зерно озимой ржи, зерно ячменя.

Снижение уровней загрязнения сельскохозяйственной продукции достигается путем осуществления агротехнических, культуртехнических, 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 глубину 1,1 м полностью ликвидирует внутреннее и внешнее облучение.

При загрязнении радионуклидами пахотного слоя понижение уровня грунтовых вод с глубины 0,5 м и менее до глубины 0,9–1,2 м уменьшает загрязнение сельскохозяйственной продукции на 65–80 % (до 3–5 раз). При дальнейшем понижении УГВ до 2,0 м уменьшение составляет только 35–50 % (до 1,5–2 раз) от первоначальной величины загрязнения. Переувлажнение загрязненного пахотного слоя приводит к увеличению содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции до 3 раз, а осушение до оптимальной влажности – к уменьшению до 3 раз (табл. 5.3).

Применение калия и кальция (аналогов цезия и стронция) путем доведения их содержания в загрязненном слое до оптимальных норм уменьшает загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами в 2–4 раза.

При выборе первоочередных объектов рекультивации в зоне загрязнения следует отдавать предпочтение чистым или с низким уровнем загрязнения территорий.

При этом на находящихся вблизи или внутри объектов участках с высоким уровнем загрязнения должны обязательно проектироваться системы локализации радионуклидов на месте выпадения.

Таблица 5.3. Диапазоны колебания УГВ, при которых минимизируется поглощение радионуклидов растениями

Типы почвогрунтов	Диапазон УГВ, м
1. Почвы, сформировавшиеся на тростниковых и осоковых торфах, со степенью разложения 40–50 %	0,9–1,2
2. То же на гино-осоковых торфах, со степенью разложения 35–40 %	0,8–1,1
3. То же на древесных торфах, со степенью разложения 5–55 %	0,7–1,0
4. Торфяно-глеевые почвы, подстилаемые с глубины 0,4–0,5 м песками	0,9–1,2
5. То же при наличии на контакте торфа с песками с оглеенной прослойкой	0,7–1,0
6. Песчаные почвы	0,8–1,1
7. Супесчаные почвы	0,9–1,3
8. Легкие суглинистые почвы	1,0–1,4
9. Пылеватые суглинки	0,9–1,2

Строительство и реконструкция существующих мелиоративных систем (осушительные и осушительно-увлажнительные системы, культурно-технические работы с элементами осушения и без них) допускаются на участках со следующей плотностью загрязнения почвы радионуклидами:

а) на минеральных землях – до 15 Ки/км² по цезию-137, до 1 Ки/км² по стронцию-90;

б) на торфяниках – до 5 Ки/км² по цезию-137, до 0,3 Ки/км² по стронцию-90.

Известкование – это эффективный прием снижения поступления радионуклидов из почвы в растения. Установлено, что в нейтральной среде поступление радионуклидов в продукцию снижается в 1,5–10 раз.

Применение органических удобрений на 15–30 % снижает поступление радионуклидов из почвы в растения, а использование повышенных доз калийных удобрений (120–180 кг/га) – на 35–57 %.

Рекультивация городских почв. Почвы городских территорий характеризуются поверхностным слоем мощностью более 50 см, созданным человеком в результате перемешивания, погребения или загрязнения естественной природной почвы непочвенными материалами и привозным органосодержащим грунтом.

Городские почвы формируются при активном влиянии антропогенного фактора и хозяйственной деятельности, подвергаются наиболее сильной трансформации по сравнению с другими природными компонентами урбанизированных ландшафтов. Почвы на территории города значительно отличаются по всем показателям от своих зональных аналогов по морфогенетическим признакам и физико-химическим свойствам.

Несмотря на то, что городские почвы находятся под мощным антропогенным прессом, они выполняют важные экологические функции. Эти почвы играют роль защитного сорбционного барьера от вертикального проникновения химического и биологического загрязнения. Почвы эффективно депонируют, преобразуют и нейтрализуют различные загрязнители. Поглощая вредные газообразные выбросы промышленных предприятий и автотранспорта, городские почвы регулируют состав атмосферного воздуха, выделяя метан, аммиак, углекислый газ и др. Выполнение этой функции обусловлено прямым участием живущих в городской почве микроорганизмов, способных к микробиологическому окислению газов.

Фильтрация атмосферных осадков, поверхностных сточных вод через почвенную толщу обуславливает их очищение и перевод в грунтовые воды. Благодаря своим физико-химическим и биогеохимическим свойствам, городская почва накапливает токсичные соединения, становится одним из важнейших барьеров на пути их миграции из атмосферы города в грунтовые воды и речную сеть. Тяжелые металлы, нефтепродукты и другие химические загрязнители удерживаются почвенно-поглощающим комплексом почвы.

Многие факторы окружающей среды оказывают влияние на генезис и формирование городских почв. В связи с этим их классификация достаточно сложна. Городские искусственно созданные почвы принято называть урбаноземами.

Деградация городских почв – это изменение состояния городских почв, выражающееся в снижении или утрате ими способности выполнять экологические функции в результате загрязнения, захламления, нарушения и иного ухудшения качества городских почв, вызванных хозяйственной и иной антропогенной деятельностью либо природными явлениями. Все виды деградации городских почв можно условно разделить на несколько групп:

- физическая (эрозия водная и ветровая, подтопление, захламление и переуплотнение);

- биологическая (истощение гумусового горизонта, сокращение биоразнообразия, заражение патогенными микроорганизмами);
- химическая (загрязнение тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими токсикантами, подкисление или подщелачивание почв);
- градостроительная (увеличение запечатанности территории жилыми административными зданиями, промышленными объектами, асфальтовым и другим дорожным покрытием).

Технология рекультивации городских почв. Практически во всех городах почвы нуждаются в серьезной рекультивации и реабилитации.

Рекультивация городских почв выполняется в два этапа.

Технический этап рекультивации почвы включает подготовку территории для последующего целевого использования (планировка местности, формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение плодородных почв на рекультивируемые земли, при необходимости – строительство дорог, специальных гидротехнических сооружений).

Биологический этап рекультивации почвы – это комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению ее плодородия.

Любой город или поселок городского типа имеет сложную инфраструктуру, разделен на функциональные зоны: селитебные, промышленные, природоохранные и рекреационные.

Каждая из зон отличается по степени техногенного воздействия на почву и характера ее загрязнения. В этой связи мероприятия по рекультивации почвы разных территорий города будут отличаться и зависеть от вида ее деградации, происходящего негативного экологического процесса.

6. ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.1. Экологическая политика в мелиорации и рекультивации земель

Обеспокоенность человечества своим будущим возникла примерно в середине XX в. после окончания периода бурного развития мировой науки и экономики, потребовавшего колоссальных ресурсов и производящего горы отходов.

Наибольшее опасение у международного сообщества вызывали проекты интенсивного использования природных ресурсов, например, увеличивающаяся распашка земель и химизация сельского хозяйства.

На всех континентах планеты меняется режим водотоков, появляются новые водоемы (водохранилища), строятся каналы, осушаются болота, вырубаются и заменяются искусственными насаждениями естественные леса; меняется газовый состав атмосферы, усиливается загрязнение гидросферы и атмосферного воздуха, уменьшается численность одних и увеличивается количество других видов растений и животных.

Общие необратимые потери земельных ресурсов в мире за весь исторический период достигли 20 млн км² и превысили площадь пахотных земель на планете. Ежегодно теряется 5–7 млн га различных земель. Возникла проблема так называемого «теплового загрязнения» планеты: ежегодно в биосферу выбрасывается $142,8 \cdot 10^{15}$ кДж тепла и 1 млрд т продуктов неполного сгорания.

Естественная реакция на эту угрозу – ограничение опасной для человека деятельности, установление экологического контроля над ней.

На мировом рынке возрастают требования к экологичности производства. Поэтому в настоящее время необходимо думать о внедрении стандартов так называемой зеленой экономики.

Возникла необходимость в формулировании экологической политики, под которой понимают заявление организации о своих намерениях и принципах, связанных с экологической эффективностью ее деятельности.

Для успешности управления качеством окружающей среды экологическую политику должны заявлять все органы управления, начиная от государства и заканчивая хозяйствующим субъектом и просто гражданином.

Любая организация должна создавать, внедрять, поддерживать и улучшать систему управления окружающей средой. Вместе с тем она должна удостовериться в справедливости своей экологической политики. Для этого нужно продемонстрировать соответствие своей экологической политики интересам других организаций и граждан и добиться одобрения (*сертификации* или *регистрации*) своей деятельности обществом, внешней организацией, например при экологической экспертизе проекта мелиорации земель.

Экологическая политика должна:

- соответствовать характеру и масштабу деятельности организации;
- учитывать вид продукции или услуг и соответствовать воздействиям на окружающую среду;
- включать обязательства в отношении соответствия природоохранному законодательству и регламентам;

- включать обязательства в отношении постоянного улучшения окружающей среды и предотвращать ее загрязнение;
- предусматривать основу для установления целевых и плановых экологических показателей и их анализа;
- быть оформлена документально, ее необходимо внедрять, поддерживать руководством и доводить до сведения всех сотрудников;
- быть доступной для общественности.

Экологическая политика природообустройства должна быть достаточно четкой, чтобы ее понимали внутренние и внешние участники хозяйственной деятельности, а также должна периодически совершенствоваться (анализироваться и пересматриваться).

Экологическая политика конкретно изложена в следующих принципах природообустройства: целостности, сбалансированности, природных аналогий, необходимого разнообразия, адекватности воздействия, гармонизации круговоротов, эффективности и безопасности, нравственности. Она ориентирует природообустройство на постоянное улучшение качества среды, экономное расходование всех ресурсов при его реализации, недопущение или компенсацию ущерба другим природопользователям и природе как таковой.

Приоритетные экологические проблемы Беларуси рассмотрены ниже.

1. Проблемы, связанные с загрязнением окружающей природной среды.

Радиоактивное загрязнение территории. Данному загрязнению подверглось 15 % сельскохозяйственных и 22 % лесных земель. Современная политика государства направлена на реабилитацию и восстановление загрязненных земель.

Проблема качества питьевых вод. Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения в Беларуси являются подземные воды. Единственный поверхностный водозабор на базе Вилейско-Минской водной системы функционирует в Минске. В Беларуси действуют системы централизованного (70 % населения страны) и децентрализованного водоснабжения (колодцы). Основная причина загрязнения в первом случае – несоблюдение режимов зон санитарной охраны, во втором – применение большого количества удобрений, отсутствие у колодцев необходимой инфраструктуры (глиняных замков, отмосток, содержание скота в непосредственной близости от них), а также размещение иных источников загрязнения. Для решения проблемы водоснабжения в Беларуси с 2002 г. действует специальная Государственная программа «Чистая вода».

Загрязнение поверхностных вод. В последние 5 лет 40–60 % поверхностных вод Беларуси относились к категории относительно чистых, 40–50 % – умеренно-загрязненных, 0–20 – загрязненных, грязных или очень грязных. Наличие трех последних связано с загрязнением реки Свислочь недостаточно очищенными сточными водами г. Минска. Основной причиной загрязнения озер и водохранилищ является их биогенное загрязнение.

Проблема отходов. Приоритетное значение приобретает не снижение объемов их образования, а повышение уровня их переработки.

2. Проблемы деградации природно-ресурсного потенциала.

Негативные изменения природных комплексов под влиянием крупномасштабной осушительной мелиорации. В Полесье сформировались обширные ареалы (25 % территории) с долей осушенных земель свыше 30 % (в среднем по стране – 6 %). Эти регионы следует рассматривать в качестве первоочередных для проведения оптимизационных мероприятий по созданию необходимой экологической инфраструктуры.

Деградация почв пахотных угодий. Деградация почв – это постепенное ухудшение их свойств, вызванное изменением условий почвообразования, содержания гумуса, почвенной структуры; эрозией, вторичным заболачиванием, минерализацией и разрушением торфа, снижением плодородия. Деградации мелиорированных земель как наиболее капиталоемких в стране уделяется особое внимание. Общая площадь деградированных торфяных почв в Республике Беларусь составляет более 300 тыс. га (на 18 тыс. га торф исчез полностью).

3. Проблемы, связанные с риском возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

Химически опасные объекты. В Республике Беларусь функционирует 544 таких объекта, в зоне их влияния проживает 3 млн человек.

Наводнения. Наводнения (весенние и летне-осенние) на реках Беларуси происходят в разных частях страны почти ежегодно. Средняя продолжительность затопления поймы реки Припять – 41–60 дней, Днепра – 40–53, Сожа – 29, Березины – 28, Западной Двины – 15–20. Максимальная ширина разлива в бассейне реки Припять от 2 до 15 км, минимальная в бассейне Западной Двины от 0,1 до 1,0 км. Для бассейна реки Днепр разработана и реализуется Государственная программа по защите поймы реки от затоплений.

Основные принципы государственной политики в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь сводятся к следующему:

- 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.

Воздействие человека на природу – необходимое условие его существования. Только в результате такого воздействия возможно обеспечение людей жизненными благами и непрерывное воспроизводство человеческого общества.

Воздействие человека сказывается, по существу, на всех ресурсах и компонентах природной среды (почвенном покрове, гидросфере, атмосфере, животном и растительном мире, литосфере). Даже труднодоступные районы земного шара – Арктика, Антарктида, высокогорья, глубины океанов, околоземное пространство – оказались в той или иной мере вовлеченными в хозяйственный оборот деятельности людей. Воздействие человека на окружающую среду становится соизмеримым с воздействием геологических сил и неизбежно влечет за собой изменения в экологических системах, ландшафтах, природных комплексах.

Мелиоративные мероприятия наибольшее влияние оказывают на почву (землю), воду, естественную растительность и животный мир, рыбные запасы, воздушную среду, ландшафты и памятники природы.

Процесс этот не был особенно заметным, когда мелиорированные земли занимали небольшую часть площадей водосборов рек.

Однако широкомасштабные мелиорации поставили в число самых актуальных вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов от истощения, деградации, загрязнения.

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 и т. д., затрагивая таким образом интересы многих отраслей народного хозяйства. Положительные стороны осушительных мероприятий широко известны. Однако при осушении больших болотных массивов и использовании их под пропашные культуры при сильном ветре могут возникать пыльные черные бури. Органиче-

ское вещество торфа выносятся на лесные массивы, озера и бесследно исчезает. В связи с этим следует использовать торфяники прежде всего под травы, применять высокую агротехнику возделывания других культур, проводить лесомелиоративные мероприятия по борьбе с эрозией почв, поддерживать оптимальный водный режим. Таким образом, влияние мелиорации на окружающую среду является весьма многообразным и разносторонним. Поэтому при осуществлении любого проекта мелиорации земель необходимо следующее:

- прогноз всех возможных последствий изменения в природной обстановке;

- обязательное планирование конкретных природоохранных мероприятий, исключающих отрицательные воздействия на окружающую среду.

Наличие объективной информации о состоянии земель и почв является основой их рационального, экологически безопасного и эффективного использования. В этой связи мониторинг земель, получив с начала 1970-х гг. статус самостоятельного направления прикладных и научных исследований, стал активно развиваться во многих странах.

Мониторинг земель – это система постоянных наблюдений за состоянием земель и их изменением под влиянием природных и антропогенных факторов, а также за изменением состава, структуры, состояния земельных ресурсов, распределением земель по категориям, землепользователям и видам земель в целях сбора, передачи и обработки полученной информации для своевременного выявления, оценки и прогнозирования изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, определения степени эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв, защиту земель от негативных последствий.

Национальные системы мониторинга земель в разных странах имеют значительные различия, обусловленные особенностями их природно-географического положения и темпами социально-экономического развития.

Первые наблюдения за состоянием природной среды на территории Республики Беларусь начали проводиться с древних времен и были обусловлены развитием земледелия, однако систематизированный характер они приняли только на рубеже XIX–XX вв. и были ограничены преимущественно наблюдениями за гидрологическим режимом рек. В этот же период действовал ряд метеорологических станций и гидрологических постов транспортных, мелиоративных и других ор-

ганизаций. Создание в 1930 г. гидрометеорологической службы Беларуси позволило расширить и систематизировать наблюдения за состоянием природной среды. Со второй половины XX в. эти наблюдения приобрели комплексный характер, что способствовало обеспечению национальной экономики и населения страны метеорологической, гидрологической, агропочвенной и другими видами информации. Кроме этого наряду с гидрометеорологической были сформированы другие ведомственные структуры.

С принятием в Республике Беларусь в 1993 г. Государственной программы «Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь» мониторинг земель стал являться составной частью единой системы мониторинга окружающей среды в стране. Принятый в 1999 г. Закон Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности» закрепил ведущее положение государственной гидрометеорологической службы в осуществлении мониторинга окружающей природной среды, в том числе и мониторинга земель.

В связи с чернобыльской катастрофой 1986 г. на всей территории страны была создана сеть радиационного мониторинга. Сеть радиационного мониторинга включает 54 станции, где ежедневно осуществляется измерение экспозиционной дозы гамма-излучений, 22 станции для измерения радиоактивных выпадений из приземного слоя воздуха, 18 ландшафтно-геохимических полигонов и 181 площадка для радиационно-химического мониторинга почв. Создана и эксплуатируется информационно-вычислительная система, которая позволяет оперативно обеспечивать центральные и местные органы государственного управления и население необходимой информацией.

Наблюдения за состоянием природной среды осуществляет также санитарно-эпидемиологическая служба, функционирующая в системе здравоохранения. Ее внимание направлено на контроль за проведением общегосударственных мероприятий по предупреждению и ликвидации загрязнений окружающей среды с точки зрения здоровья населения.

Правовая основа мониторинга земель установлена Кодексом Республики Беларусь о земле и Законом «Об охране окружающей среды». Нормативные документы по отдельным направлениям работ составляются головными организациями соответствующих ведомств и содержат основные технические, организационные, экономические требования к ведению мониторинговых наблюдений, содержанию и оформлению выходных материалов.

Содержание мониторинга земель составляют комплексные наблюдения, изыскания, обследования, съемки, характеризующие различные изменения природных ландшафтов.

По результатам мониторинга земель составляются оперативные доклады, отчеты, научные прогнозы, тематические карты и другие материалы, которые представляются в государственные органы.

Большинство из перечисленных направлений сводится к мониторингу земель, подверженных различным антропогенным нагрузкам. Конкретизировать с необходимой полнотой количественную и качественную сторону взаимоотношений между антропогенной нагрузкой и изменением свойств земель и почв достаточно проблематично, так как многие механизмы такого взаимодействия недостаточно определены.

Однако исходя из изменений физических, химических и биологических свойств почвенного покрова при проведении мониторинга можно выделить следующие основные оценочные критерии:

- критерии, характеризующие предельно допустимый уровень изменений свойств почв (физических, химических, физико-химических, микробиологических), возникающие под действием антропогенной нагрузки;

- критерии, характеризующие предельно допустимый уровень антропогенной нагрузки на земли (механической, химической, мелиоративной и др.);

- критерии, характеризующие уровень максимальной устойчивости почв, т. е. их способность к обратимым изменениям или потенциал физической, химической, физико-химической и биологической буферности.

В зависимости от территориального охвата различают глобальный, национальный, региональный и локальный мониторинги земель.

Глобальный (биосферный) мониторинг земель проводят в соответствии с Международной геосферно-биосферной программой «Глобальные изменения». Он позволяет оценить современное состояние всей природной системы Земли с целью предупреждения о возникающих экстремальных ситуациях. Наблюдения ведут базовые станции в различных регионах планеты, которые нередко располагаются в биосферных заповедниках.

Национальный мониторинг осуществляется в пределах государства специально созданными органами.

Региональный мониторинг – это слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то крупного региона, где эти процессы и явления могут различаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы.

Локальный мониторинг земель ведется на территориальном уровне, ниже регионального, вплоть до территорий отдельных землепользователей и элементарных структур ландшафтно-экологических комплексов.

На основе характера изменения состояния земель различают также фоновый и импактный мониторинги.

Фоновый мониторинг – это наблюдения за состоянием земель, не подвергающихся воздействию человека, его проводят в биосферных заповедниках.

Импактный мониторинг – это наблюдения за состоянием земель в местах непосредственного воздействия антропогенных факторов.

Пользователями данных мониторинга земель являются:

- Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь;
- Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь;
- Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, его комитеты и инспекции;
- предприятия, организации и учреждения других ведомств, деятельность которых связана с использованием земель, органы государственного управления;
- международные и зарубежные органы и организации в области охраны окружающей среды, рационального природопользования, землепользования;
- отдельные граждане.

Обобщенная информация о состоянии земель на уровне районов, областей и страны в целом оформляется в виде отчетов, научных прогнозов и публикуется в специальных периодических изданиях.

Система мониторинга земель должна не только содействовать надежной охране земель, но и давать значительный экологический и экономический эффект, обеспечивать подготовку достоверных текущих и долгосрочных прогнозов на проведение разноплановых мер по улучшению состояния земель.

6.2. Борьба с водной эрозией и оврагами

Под эрозией (от лат. *erosio* – разъедание) понимают разрушение почв и смыв их 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 талыми водами.

Водная эрозия наносит огромный ущерб природе и сельскому хозяйству. Она возникает и развивается в тех случаях, когда поверхностный поток воды превышает силы сопротивления почвогрунтов смыву и размыву. После прохождения ливневого или снегового эродирующего потока на полях образуются промоины. Это связано с обнажением корней трав после смыва верхнего слоя почвы, возникновением и развитием балок и оврагов.

Процесс водной эрозии почв, как и все процессы на Земле, совершается с затратой энергии. Различают два основных фактора, определяющих ход этого процесса. Активным фактором является энергия поверхностного потока, движущегося относительно тонким слоем по поверхности почвы или грунта. Этот поток формируется из дождевых капель или вследствие таяния снегов. Непременные условия генерирования энергии этого потока – силы гравитации и уклон поверхности почвы. Пассивным фактором является энергия сопротивления почв размыву – их противоэрозионная устойчивость. Все виды растительности, живущие на почве и получающие из нее питание, защищают последнюю от размыва.

Различают два вида водной эрозии: поверхностную (плоскостную) и струйчатую (линейную). При поверхностной эрозии частицы почвы и содержащиеся в ней питательные вещества более или менее равномерно смываются с поверхности склонов текущей водой. Струйчатая эрозия характеризуется местными размывами не только почвенного слоя, но и рыхлых подстилающих пород с образованием промоин, склоновых, береговых или донных оврагов.

Кроме водной эрозии, возникающей в результате естественных природных процессов, выделяют также водную эрозию, появляющуюся в результате антропогенной деятельности, что относится к орошению земель.

Здесь может быть два вида эрозии: полевая и сетевая.

Полевая эрозия возникает на орошаемых землях в результате несоответствия между применяемой техникой полива и природнохозяйственными условиями. Например, превышение интенсивности полива (при дождевании) над впитывающей способностью почвы может вызвать образование водных струй на поверхности, которые смывают почву.

Сетевая эрозия наблюдается около каналов оросительной или сбросной сети и гидротехнических сооружений и происходит вследствие неконтролируемой утечки воды из таких сооружений и неорганизованного ее сброса.

На водную эрозию влияют многочисленные факторы, которые можно разделить на естественные и искусственные.

К естественным относят:

- характер рельефа местности;
- уклоны поверхности полей;
- водопроницаемость почв;
- интенсивность осадков;
- размер водосборной площади;
- наличие растительности (особенно лесной).

Искусственными факторами водной эрозии являются:

- хозяйственная деятельность людей;
- неорганизованная (без учета особенностей почв и рельефа) обработка почвы;
- ликвидация лесов и растительности на водосборах и т. д.

Овражная эрозия почв развивается в основном в центральной части республики, где расположены лессы и лессовидные суглинки (Могилевская, Новогрудская, Минская возвышенности, Оршанско-Могилевское плато).

На территории страны овраги занимают около 11 тыс. га.

Наиболее развита водная эрозия почв в Витебской, Могилевской, Гродненской и Минской областях.

Ежегодно в Беларуси с возвышенностей смывается слой почвы толщиной около 2 см.

Различают два основных вида мероприятий по защите почв и грунтов от эрозии.

К первому виду относят организационные и агротехнические мероприятия, которые реализуются в основном на пашне, где проявляется площадная, или поверхностная, эрозия. Увеличение противоэрозионной устойчивости в этом случае достигается:

- при правильном использовании земель с учетом их противоэрозионной стойкости;
- дифференцированном применении севооборотов с учетом эродированности почв;
- правильном размещении линейных рубежей на склонах (границ полей севооборотов, рабочих участков, лесных и травяных полос, террас, водозадерживающих валов, водоотводных каналов, дорог), обеспечивающих обработку почв и посев сельскохозяйственных культур поперек склона или по горизонталям в районах водной эрозии;

- обоснованном назначении глубины вспашки или замены вспашки поверхностными способами обработки – дискованием, лущением с сохранением стерни;

- применении лункования, щелевания, обработки почв специальными веществами;

- кулисных посевах и т. п.

Перечисленные мероприятия, как правило, не требуют изъятия площадей из сельскохозяйственного использования.

Наиболее простым противоэрозионным мероприятием является посев трав и посадка кустарников, но они начинают эффективно защищать почву от эрозии после достаточного развития. Лесомелиоративные мероприятия в виде древесно-кустарниковых полос воздействуют на эродирующий поверхностный поток, уменьшая его мощность. Эти мероприятия требуют изъятия некоторой части пашни. Различают рассеивающие кустарниковые посадки, полезащитные, стокорегулирующие, приброчные и привражные лесные полосы.

Рассеивающие кустарниковые посадки устраивают в тех случаях, когда необходимо устранить эрозию по тальвегам промоин на склонах. В этих местах посадкой кустарников создается искусственная объемная шероховатость, снижающая скорость движения поверхностного потока. Они рассредоточивают поток по большей площади.

Полезащитные лесные полосы предотвращают ветровую эрозию почв, способствуют уменьшению вредного воздействия суховеев, а также накоплению и равномерному распределению снега на полях. Их располагают перпендикулярно преобладающему направлению наиболее опасных ветров, но при этом стремятся учитывать и опасность водной эрозии. Для этого на склонах круче 2° лесные полосы располагают поперек склона, независимо от направления ветра.

Стокорегулирующие полосы выполняют функции перехвата поверхностного стока дождевых и талых вод, перевода его полностью или частично во внутрипочвенный сток чем предотвращается смыв почвы в межполосном пространстве. Расстояние между основными стокорегулирующими полосами сокращают по сравнению с полезащитными, например, на склонах круче 4° расстояние уменьшают до 200 м.

Лесомелиоративные мероприятия заключаются в посадке лесных полос, которые размещают поперек склона. Целесообразно также проводить облесение земель несельскохозяйственного назначения и земель, имеющих низкое плодородие. Зрелые лесные насаждения задерживают до 34 % жидких осадков. Высота снегового покрова в лесах на 20–50 % больше, чем в поле.

Лесные водорегулирующие полосы устраивают шириной 10–30 м, их размещают поперек склонов через 150–200 м.

Прибалочные и приовражные лесные полосы размещают вдоль балок и оврагов как можно ближе к бровке, на расстоянии 3–5 м. Их создают для задержания снега на прилегающих склонах, поглощения стока, ослабления смыва и предупреждения размыва берегов балок и откосов оврагов.

В местах сосредоточения поверхностного стока в вершинах лощин, в верховьях оврагов, при наличии перепадов, промоин лесополосы неэффективны, поэтому применяют специальные гидротехнические сооружения: распылители стока, водосборные, водоотводящие, вершинные овражные, донные овражные и др.

Гидротехнические мероприятия применяют на крутых склонах с большими площадями водосбора, когда агротехнические и лесомелиоративные мероприятия оказываются недостаточными. Сюда включают террасирование гребневое, ступенчатое и траншейное.

Гребневые террасы бывают с горизонтальными и наклонными валами. Террасы с горизонтальными валами применяют при уклонах 0,02–0,12 на легких почвах. Валу высотой 30–40 см отсыпают параллельно горизонталям поверхности земли. Поперечное сечение вала треугольное с коэффициентом заложения откосов 1:3–1:4.

При уклонах поверхности земли более 0,12–0,15 расстояния между гребневыми террасами очень малые, поэтому вместо них применяют ступенчатые террасы.

При их устройстве выполняют срезку грунта в верхней половине террасы и отсыпку его в нижней. Благодаря этому уклон склона можно уменьшить до допустимого, при котором не будет смываться почва.

Основным направлением борьбы с развитием оврагов является регулирование стока талых и дождевых вод и сокращение или предотвращение поступления их в овражную сеть.

Достигается это агротехническими, лесотехническими и гидротехническими мероприятиями.

Кроме водопоглощающих лесных полос при борьбе с оврагами применяют также приовражные и прибалочные лесные полосы. Их размещают по границам полей на расстоянии 3–5 м от бровок оврагов и балок. Ширина таких полос – 30–50 м. По склонам самого оврага, его отвершков и на днищах проводят сплошные лесонасаждения для закрепления берегов и предотвращения размывов.

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).

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 земляным 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.

Сооружения для спуска воды в овраги часто включают нагорные каналы, устраиваемые с двух сторон оврага.

Нагорные каналы трассируют под уклоном не более 0,0005; при подходе к оврагу дно и откосы укрепляют камнем или дерном.

Для сброса воды в вершинах оврагов устраивают быстротоки, перепады, консольные сбросы. Быстротоки делают из фашин при высоте уступа в вершине оврага 2–3 м.

Борьба с оползнями грунта. Перемещение земляных масс на крутых склонах под воздействием выклинивающихся грунтовых вод называют *оползнями*.

Сила сцепления частиц грунта зависит от содержания влаги в нем: чем больше влажность, тем меньше сила сцепления.

По этой причине земляная масса, насыщенная водой, на крутых склонах может потерять равновесие и оползти. Оползни происходят в местах, где грунты слоистые, причем верхние слои более водопроницаемые, чем нижние.

Основными мерами, которые позволяют предотвратить сползание грунта, являются изолирование оползневого массива от притока к нему грунтовых (подземных) и поверхностных вод с вышележащих площадей, осушение поверхности соприкосновения (скольжения) отдельных слоев грунта, понижение влажности грунта, обеспечение устойчивости основания сползающего массива. Отсюда вытекают способы решения перечисленных задач.

Изолирование массива от притока воды проводят с помощью нагорных и ловчих каналов с отведением ее за пределы объекта.

Осушение поверхности соприкосновения слоев грунта осуществляют закрытыми дренами с засыпкой их фильтрующим материалом. Если толщина опасного слоя большая, применяют подземные галереи и штольни, которые укрепляют камнем или деревом.

Устойчивость основания достигается с помощью подпорных стен. Конструкция стены не должна создавать подпора грунтовыми водами в грунтах. Для этого в подпорной стене устраивают специальные водопропускные отверстия.

Причиной разрушения почв может являться не только вода, но и ветер. В том случае если причиной разрушения поверхности почвы является ветер, то это ветровая эрозия и явление носит название дефляция. В Беларуси площадь дефляционноопасных и дефлированных земель составляет 3,9 млн га, или 18,8 %, площади страны [4].

Ветровую эрозию делят на два вида: повседневную и пыльные бури.

Повседневная эрозия может происходить на незадернованной почве и развеваемых песках при скоростях ветра до 12 м/с. Ветер поднимает частицы и перемещает их над поверхностью.

Пыльные бури происходят при скоростях ветра более 12–15 м/с. Выдуваемая почва нередко переносится на большие расстояния. Причем в воздух обычно поднимаются легкие почвенные частицы, содержащие гумус. Особенно сильно ветровой эрозии подвергаются рыхлые песчаные, а также осушаемые и осваиваемые торфяно-болотные почвы.

Развитию ветровой эрозии способствуют многочисленные факторы. Среди них следует выделить способы обработки и сельскохозяйственного использования земель, отсутствие препятствий воздушному потоку, переосушение почв, интенсивное использование торфяников под пашню и неупорядоченный водный режим на них.

Борьбе с ветровой эрозией (дефляцией) способствуют:

- общие профилактические мероприятия, которые включают картирование эрозионно опасных земель и организацию охраны почв;
- увеличение эрозионной сопротивляемости почв, чего можно достичь повышением почвенной влажности. Сохранение влаги в почве достигается безотвальной пахотой, своевременным лущением стерни, а также снегозадержанием;
- мероприятия по ослаблению воздействия ветра на почву. Ослабить воздействие ветра можно механическими преградами, которые возводят при помощи бороздования пашни, обвалования и прикатывания снега, подбора лесных культур, расчета и обоснования густоты посадки защитных лесных полос. Защитные полосы устраивают шириной 10–60 м из нескольких рядов деревьев и кустарников поперек господствующего направления ветров.

Особое значение имеют противозерозионные мероприятия на торфяно-болотных почвах. Ветровая эрозия торфяных почв в Беларуси начинается при скорости ветра свыше 8 м/с.

6.3. Борьба с затоплением земель и наводнениями

Под затоплением понимают любое естественное или искусственное покрытие обычно свободного участка поверхности земли слоем воды. Наводнением считают затопление, приводящее к значительному ущербу природе, человеку, инженерным сооружениям, посевам и т. п. Наводнение – это стихийное бедствие, последствия от которого зависят как от времени, продолжительности и глубины затопления, так и от освоенности прибрежных территорий, уровня их социально-экономического развития, своевременности выполнения прогнозов, эвакуаций и т. п. Отличительная черта наводнений – наличие затопления и ущерба.

Затопление в отличие от наводнения может быть не опасным. Периодические разливы рек образуют поймы и дельты, являющиеся в естественных условиях средой обитания разнообразной флоры и фауны, в них формируются плодородные аллювиальные почвы, являющиеся ценными кормовыми угодьями. Регулируемое искусственное затопление поверхности полей – это простой способ их увлажнения: рисовые плантации, лиманное орошение. Промывку засоленных земель осуществляют с помощью затопления и строительства дренажа. На пойменных системах в поймах рек допускают контролируемое затопление сельскохозяйственных земель весной для влагозарядки почв, обогащения их ценным наилком.

Краткосрочное вредное затопление сельскохозяйственных земель на повышенных местах ликвидируют с помощью осушительных мелиораций. Поймы рек обваловывают, русла прочищают, строят пойменные мелиоративные системы. Это обычная практика осушения сельскохозяйственных земель.

Гораздо большую опасность представляют наводнения. Они происходят по разным природным причинам и в различные периоды.

Наводнения могут иметь техногенный характер:

- самые катастрофические наводнения возникают при прорыве плотин;
- при больших сбросах воды из водохранилищ;
- при прорыве дамб обвалования;
- в городах – при сильных дождях и плохой работе водостоков.

Продолжительность наводнений зависит от природы их формирования, климатических условий, размеров и характеристик водосборно-

го бассейна, от размера и формы русл. Они могут быть кратковременными – от нескольких часов до нескольких дней, наблюдаются на малых реках с водосбором менее 2 000 км²; длительными (от нескольких недель до нескольких месяцев) – на средних и крупных реках, особенно текущих с юга на север, и в местностях с муссонным климатом; многолетними – при тектонических явлениях, землетрясениях (завальные наводнения). Степень опасности наводнений приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Классификация наводнений по степени опасности

Наводнение	Продолжительность, сут	Вероятность Превышения максимальных расходов, %	Затопленная площадь, %
Незначительное	Менее 1	26–40	Менее 10
Высокое	1–3	11–25	10–25
Опасное	3–7	6–10	25–50
Катастрофическое	Более 7	Менее 5	Более 50

Очень часто наводнения возникают из-за разрушения объектов, находящихся вблизи береговой полосы, а также при стеснении русла при строительстве мостов, трубопроводов, плотин в русле реки.

Потенциальную опасность представляет глобальное потепление как результат «парникового эффекта» и связанный с ним рост температур и количества осадков в некоторых районах, усиливающих паводковый сток. По мнению ряда экспертов, катастрофические наводнения 1996 г. в Китае во многом объясняются именно этой причиной.

Причиной роста ущербов от наводнений является все более широкое вовлечение в хозяйственный оборот приречных и пойменных территорий. Объективно освоение речных долин требует меньших капиталовложений, что обусловлено удобством создания транспортных и инженерных коммуникаций, легким составом грунтов, более высоким плодородием земель.

Для предупреждения наводнений требуется проведение комплексных мероприятий, которые обеспечивают сохранение природной среды и повышение экологического и социально-экономического потенциала территорий. Существуют различные группы этих мероприятий.

К адаптационным мероприятиям относят:

- перенос населенных пунктов из зон затопления;

- реконструкцию авто- и железнодорожных путей, расположенных в речных долинах, с заменой земляных насыпей эстакадами;
- совершенствование системы земледелия, повышение плодородия почв и интенсификация сельскохозяйственного производства;
- трансформацию сельскохозяйственных земель (замену пашни на сенокосы и луга) или вынос их из зон затопления;
- ограничение рубок главного пользования и сплошных рубок леса, а также лесовосстановление на водоразделах; применение локальных систем очистки питьевой воды.

Защитные мероприятия включают:

- локальную защиту городов, промышленных объектов, поселков и крупных сельских населенных пунктов, в том числе системы водоснабжения и водоотведения в них;
- локальную защиту наиболее ценных сельскохозяйственных угодий в районах, обеспеченных трудовыми ресурсами;
- мелиорацию сельскохозяйственных угодий, совершенствование системы земледелия и интенсификацию сельскохозяйственного производства на защищаемых землях;
- регулирование стока и улучшение качества водных ресурсов путем создания водохранилищ, в том числе для водоснабжения населения, содержащие создание и реконструкцию систем канализации, очистных сооружений, реконструкцию хвостохранилищ горнорудных и промышленных предприятий.

Кроме этого необходим уход за малыми реками, включающий очистку от мусора, старых запруд и т. п.

На реках, имеющих рыбохозяйственное значение, строительство защитных дамб должно быть исключено или сведено к минимуму.

Наиболее распространенным мероприятием по защите от постоянного или временного затопления является обвалование. Оно бывает общим и по участкам. При общем обваловании выполняют одну дамбу, которая защищает всю территорию от реки или водохранилища. В этом случае перекачивают сток через дамбу в водохранилище.

Обвалование по участкам устраивают на территориях, на которых имеются большие овраги или реки с большим расходом воды. В этом случае перекачивание воды нецелесообразно. Для защиты населенных мест и промышленных территорий применяют незатапливаемые дамбы.

Схема обвалования русла реки приведена на рис. 6.1.

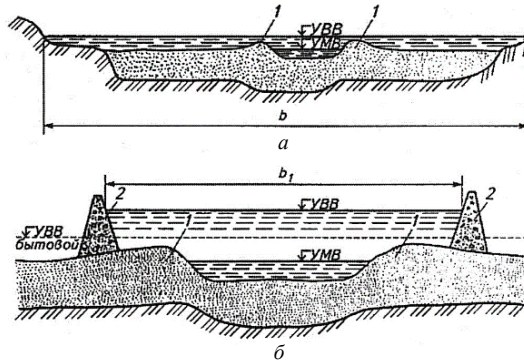


Рис. 6.1. Схема обвалования речного русла:
a – необвалованное русло; *б* – обвалованное русло;
 1 – прирусловые валы; 2 – дамба обвалования;
 УВВ – уровень высоких вод; УМВ – уровень меженных вод;
 УВВ бытовой – бытовой уровень;
b, *b*₁ – ширина русла

При установлении расстояния b_1 между дамбами необходимо обеспечивать:

- неразмывающую скорость для русла и тела дамб;
- устойчивость откосов береговой полосы между рекой и дамбой;
- устойчивость против фильтрационных деформаций дамб и их оснований;
- экономичность выбора и подпора уровня против бытового уровня вод.

Значительное уменьшение расстояния между дамбами вследствие повышения их высоты и необходимости крепления откосов из-за увеличения скорости течения позволяет увеличить площадь защищенной территории.

6.4. Содержание и восстановление малых рек

К малым относятся реки, среднемноголетний расход которых (норма стока) составляет меньше $20 \text{ м}^3/\text{с}$, а длина 10–200 км.

Малые реки формируют ресурсы, водный и гидрохимический режимы средних и крупных рек. Они участвуют в создании уникальных природных ландшафтов территорий, по которым протекают, поддерживают на них устойчивое равновесие за счет постоянного перераспределения влаги, переноса веществ и энергии.

Одна из основных особенностей малых рек – тесная связь формирования стока с состоянием водосбора, они чрезвычайно уязвимы от хозяйственной деятельности. Увеличение распаханности земель, отсутствие профилактических почвозащитных мероприятий и распашка речных пойм вплоть до уреза воды приводят к развитию эрозионных процессов на больших площадях бассейнов малых рек, заилению их русла, прудов и водохранилищ.

С экологической точки зрения река – это комплекс живой и неживой природы, возникновение которого определяется речным стоком. Живые организмы малых рек весьма разнообразны – от простейших растительных и животных существ до высших растений и животных. Жизнеобитаемой средой являются вода, поверхность дна и растений, а также толща ила. Помимо этого в водном мире существует много симбиозов, например колонии микроорганизмов на стеблях растений или ракушки, крепящиеся к створкам крупных моллюсков. Огромную роль играют биоценозы русел – высшие растения (рогоз, тростник, кустарник), защищающие берега от размыва и способствующие углублению русла в паводок. Положительно влияние множества микроорганизмов, обитающих в илистых отложениях. Они разлагают сложные загрязняющие примеси до простейших соединений и тем самым очищают воду. Один моллюск пропускает через себя 3 л воды в сутки, выпуская ее очищенной. Рыбы, добывая корм, взмучивают донные отложения, создавая условия для транспорта наносов.

Малые реки чрезвычайно чувствительны к различным видам загрязнений, так как имеют сравнительно низкую самоочищающую способность. Важный компонент их экосистемы – поймы, особенно когда их используют как луга, пастбища и нерестилища; биологическая продуктивность пойменных экосистем превышает продуктивность всех других континентальных ландшафтов.

Истошение, загрязнение и деградация малых рек требуют комплекса мер, для реализации которых требуется достаточно длительное время.

Нормативные документы, используемые при управлении природопользованием, запрещают хозяйственное использование узких прирусловых полос, именуемых прибрежными водоохранными зонами.

Минимальная ширина водоохранных зон для водоемов и малых рек установлена 500 м, а для средних и больших – 600 м. Прибрежная водоохранная полоса составляет для малых рек 50 м, а для средних и больших – 100 м. Для ручьев и родников водоохранная зона совпадает с прибрежной полосой и составляет 50 м. На территории городов

и поселков размеры этих зон устанавливают исходя из конкретных условий планировки и застройки в соответствии с утвержденными генеральными планами. Ширину водоохраных зон за пределами территорий населенных пунктов отсчитывают:

- для рек, стариц и озер – от среднееголетнего высшего уровня в период открытого русла;
- для водохранилищ – от среднееголетнего высшего уровня воды в безледоставный период, но не ниже форсированного подпорного уровня водохранилища;
- для болот – от их границы (нулевой глубины торфяной залежи).

Минимальную ширину прибрежных защитных полос устанавливают в зависимости от видов земель и крутизны склонов территории, прилегающих к водному объекту, она колеблется от 15 до 100 м (табл. 6.2).

Таблица 6.2. **Ширина водоохраных зон малых рек**

Показатель	Значение				
Протяженность реки от истока, км	50	100	200	300	400
Ширина водоохранной зоны, км	До 10	10–50	50–100	100–200	200–500

На территории прибрежных полос выполняют водоохраные противоэрозионные, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия: создание защитных лесных насаждений, выполняющих водорегулирующую и противоэрозионную роль; создание защитного травостоя путем посева многолетних трав; устройство несложных гидротехнических сооружений (водозадерживающие и водоотводящие валы, запруды, засыпка и укрепление оврагов и др.).

Границы прибрежных полос на местности закрепляют специальными знаками. Для водохранилищ, предоставленных в обособленное пользование, это делают водопользователи, а в остальных случаях – бассейновые и другие территориальные органы управления использованием и охраной водного фонда. Минимальные размеры водоохраных зон и прибрежных защитных полос должны быть нанесены на генеральные планы застройки городов, других поселений, планы землепользования, а также на иные планово-картографические материалы.

В пределах водоохраных зон запрещено:

- применение химических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками, использование навозных стоков для удобрения почв;

- размещение складов ядохимикатов, минеральных удобрений и топливно-смазочных материалов; площадок для заправки аппаратуры ядохимикатами, животноводческих комплексов и ферм, мест складирования и захоронения промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов; кладбищ и скотомогильников, накопителей сточных вод;

- складирование навоза и мусора;

- заправка топливом, мойка и ремонт автомобилей и других машин и механизмов;

- размещение дачных и садово-огородных участков при ширине водоохраной зоны менее 100 м и крутизне склонов прилегающих территорий более 3°;

- размещение стоянок транспортных средств, в том числе на территориях дачных и садово-огородных участков;

- проведение рубок главного пользования.

На приусадебных, дачных, садово-огородных участках, расположенных в пределах водоохранных зон, должны соблюдаться правила их использования, исключающие загрязнение, засорение и истощение водных объектов.

На территориях водоохранных зон разрешается проведение рубок промежуточного пользования и других лесохозяйственных мероприятий, обеспечивающих охрану водных объектов.

Помимо запрещения хозяйственного использования водоохранных зон на обустраиваемых территориях применяют комплекс водоохранных мероприятий, преследующих две основные цели: предупредить истощение водных объектов по показателям стока; исключить загрязнение вод по показателям содержания нежелательных компонентов. Различают следующие виды водоохранных мероприятий: организационные, агротехнические, лесотехнические, противозерозионные, гидротехнические, естественно-биологические.

К *организационным водоохранным мероприятиям* относят ограничительные и запретительные. В эти мероприятия входят: охрана поверхностных вод малых рек от попадания нефтепродуктов; охрана водных объектов от загрязнения удобрениями; охрана водных объектов от загрязнения стоками ферм, животноводческих комплексов и птицефабрик; ограничение стока осушительных и осушительно-увлажнительных систем в водные объекты.

К *гидротехническим водоохранным мероприятиям* относят работы, направленные: на расчистку русел; сохранение и восстановление сто-

ка; создание новых прудов, водохранилищ и лиманов; исключение вторичного загрязнения поверхностных вод донными отложениями; очистку стока с осушительных и осушительно-увлажнительных систем.

Среди гидротехнических мероприятий особую важность приобрели мероприятия по сохранению и восстановлению стока, т. е. мероприятия, именуемые «*природоприближенная реконструкция рек*».

При создании природоприближенного состояния водотока необходимо стремиться к сохранению свойственного ему ранее руслового процесса, т. е. созданное русло должно обладать примерно тем же многообразием морфологических структур, каким обладал естественный водоток до его деградации. Природоприближенный водоток должен иметь адекватные естественному русловые формы движения донных наносов (рифели, гряды, дюны, косы, острова, осередки, побочни, перекаты и т. д.). Подобными должны быть и плано-высотные макроструктурные образования реки (меандры, повороты и излуины, заливы и затоны, мелководные и глубоководные зоны).

Естественно-биологические водоохранные мероприятия включают в себя создание одно- и многоступенчатых биологических прудов, биоплато, низконапорных гидроузлов с водохранилищами, заселенными высшими водными растениями. К ним относятся камыш, рогоз, тростник, сусак, осока, элодея канадская, уруть мутовчатая, ряска, рдест, роголистник.

6.5. Обустройство водных объектов

Важная составляющая природообустройства – восстановление свойств компонентов природы или самих компонентов после их использования, в том числе восстановление (возобновление) запасов и качества поверхностных и подземных вод.

Поверхностные и подземные воды входят в состав единого государственного водного фонда страны, который включает все водные объекты, расположенные на ее территории. В соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь *водным объектом* является сосредоточение вод в искусственных или естественных углублениях земной поверхности либо в недрах, имеющее определенные границы, объем и признаки гидрологического режима или режима подземных вод. При этом поверхностные воды и земли, покрытые ими и сопряженные с ними (дно

и берега водного объекта), рассматривают как единый водный объект, а земли – как земли водного фонда. В зависимости от физико-географических, водно-режимных и других признаков водные объекты подразделяют на поверхностные и подземные.

Кроме того, выделяют следующие водные объекты:

- *природные*, созданные природой и функционирующие по природным законам (моря, реки, ручьи, озера, родники, болота, и т. п.);

- *квазиприродные* – модифицированные человеком (обвалованные, углубленные, спрямленные русла рек, водохранилища или запруды на реке, каптированные подземные воды и т. п.);

- *артеприродные* – искусственные, полностью созданные человеком, слабо взаимодействующие с окружающей средой (наливное водохранилище, плавательный бассейн, пожарный водоем и т. п.).

Водные объекты различного происхождения человек использует для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, промышленного и сельскохозяйственного производства, здравоохранения и отдыха, выработки электроэнергии, судоходства и лесосплава, рыбозаведения, обороны (реки – водные преграды) и безопасности (например, пожарной), приема и размещения различных видов отходов (сточных, сбросных и дренажных вод, тепла от тепловых и атомных электростанций) и т. п. Поэтому в данном случае правильно говорить о *ресурсе (количестве) водного объекта*. Понятие «водный ресурс» менее точно, так как некоторым водным ресурсом обладает и почва в виде доступных для определенных растений влагозапасов, и атмосфера, в которой содержится влага, и толща земной коры.

Ресурс водного объекта – это допустимое изъятие воды или энергии из водного объекта, допустимая антропогенная нагрузка на него, обеспечивающие сохранение объекта, экологическую безопасность для человека и природы. Ресурс водного объекта зависит не только от количества доступной для использования воды, но и от ее качества. Поэтому, например, у реки питьевой ресурс может отсутствовать из-за плохого качества воды, а для промышленного производства он имеется. Ресурс водного объекта – это допустимое изъятие воды или энергии из водного объекта, допустимая антропогенная нагрузка на него, обеспечивающие сохранение объекта, экологическую безопасность для человека и природы. Ресурс водного объекта зависит не только от количества доступной для использования воды, но и от ее качества. Поэтому, например, у реки питьевой ресурс может отсутствовать из-за плохого качества воды, а для промышленного производства он имеется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Земля и вода являются основными природными ресурсами и национальным богатством Республики Беларусь, от эффективности использования и охраны которых зависят экономическая, социальная и экологическая ситуация в стране, благополучие каждого человека.

В Беларуси большая распаханность территории сочетается со сложными природными условиями и культуртехнической неустроенностью. Сельскохозяйственные земли характеризуются большим разнообразием, обусловленным гранулометрическим составом почв, степенью их увлажнения, проявлением эрозионных процессов, степенью закустаренности. Произошедшие за последние годы стихийные бедствия антропогенного и климатического характера выявили проблемы в реализации мероприятий по предотвращению губительного воздействия этих явлений на безопасность жизнедеятельности человека, снижению поступлений нитратов и радионуклидов в водные ресурсы и урожай, защите сельских населенных мест от стихийных бедствий.

Первые работы по рекультивации носили прикладной характер, с решением конкретных задач для отдельных изолированных земельных участков. По мере увеличения площади нарушенных земель рекультивация стала рассматриваться как комплексная проблема восстановления и воссоздания новых ландшафтов, соответствующих современным требованиям данного региона, как часть комплексной проблемы охраны и воссоздания природных ресурсов.

Тема энергетической безопасности, снижения зависимости от импортных энергоресурсов, обеспечения растущих потребностей экономики в них является ключевой для каждого государства. Вполне логично, что, не обладая значительными запасами полезных ископаемых и будучи вынужденными импортировать традиционное сырье в значительных количествах, мы стремимся эту зависимость снизить, задействуя местные и возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Однако энергия воды, солнца, ветра, биогаза в общем балансе составила всего около 6 % (0,25 % ветроэнергетического и 6,4 % гидроэнергетического потенциала), в то время как в мировом производстве эта доля составляет примерно 20 %, а к 2035 г. достигнет 33 %.

Целесообразность использования энергии воды доказана давно. Это подтверждают работающие и новые установки. Так, введенная в 2012 г. Гродненская ГЭС обеспечивает производство 42,5 млн кВт · ч экологически чистой электроэнергии в год.

Биогазовый комплекс СПК «Рассвет» им. К. П. Орловского Кировского района позволяет ежегодно замещать 70 тыс. м³ природного газа. В республике срок окупаемости биогазовых установок составляет 6–8 лет, они позволяют производить высококачественные удобрения для сельскохозяйственных угодий, решив тем самым проблему с масштабными отходами животноводческих комплексов, каждый из которых дает в день до 700 м³ жидких отходов.

В Новогрудском районе на холмистой безлесной территории (300 м над уровнем моря) успешно работает ветроустановка мощностью 1,5 МВт (срок окупаемости 10 лет). При этом мнение скептиков опровергают расчеты ученых. С экологической точки зрения шумовой эффект от транспорта гораздо больше влияет на человека, а гибель птиц от линий электропередач (ЛЭП) в десятки раз выше, чем от ветряков.

Интенсивное развитие современной науки привело к бурному развитию научно-технического прогресса и создало предпосылки для переосмысления содержания отдельных разделов известных отраслей знаний, касающихся взаимоотношения человека и окружающей среды. Стратегия ресурсно-потребительской деятельности исчерпала себя, и во взаимоотношениях человека и природы требуются новые подходы, основанные на природосберегающих, созидательных принципах.

Природа всегда была и будет сильнее человека. Она породила его. Он миг в ее жизни. Она вечна и бесконечна. Принципы потребительства в той мере, в которой они до настоящего времени направляли деятельность людей, должны быть заменены пониманием того факта, что род людской всего лишь один из биологических видов и вне биосферы он существовать просто не может.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апр. 2014 г. № 149-3 (с изм. и доп. по сост. на 18 июня 2019 г.): принят Палатой представителей 2 апр. 2014 г.; одобрен Советом Респ. 11 апр. 2014 г. // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <http://www.pravo.by> (дата обращения: 14.08.2019).
2. Ефремов, А. Л. Гидротехнические мелиорации: учеб. пособие / А. Л. Ефремов. – Минск: БГТУ, 2008. – 240 с.
3. Желязко, В. И. Рекультивация и охрана земель: пособие / В. И. Желязко, Т. Д. Лагун, Э. Н. Герасименко. – Горки: БГСХА, 2014. – 245 с.
4. Желязко, В. И. Сельскохозяйственные мелиорации: пособие / В. И. Желязко, В. В. Копытовский, И. А. Левшунов – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – 393 с.
5. Ильин, С. П. Формирование и охрана компонентов окружающей среды: учеб. пособие / С. П. Ильин, В. Н. Рыбкин, И. С. Сильченков. – Москва: МГУП, 2007. – 143 с.
6. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23 июля 2008 г. № 425-3: принят Палатой представителей 17 июня 2008 г.; одобрен Советом Респ. 28 июня 2008 г.; в ред. Закона Респ. Беларусь от 16 марта 2026 г. № 133-3 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2026. – 5-1/3219.
7. Концепция Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года. – Минск, 2018. – 82 с.
8. Лихацевич, А. П. Мелиорация земель в Беларуси: монография / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Минск: БелНИИМил, 2001. – 308 с.
9. О мелиорации земель: Закон Респ. Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-3: принят Палатой представителей 24 июня 2008 г.; одобрен Советом Респ. 28 июня 2008 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H10800423> (дата обращения: 23.04.2026).
10. О Национальном плане действий по предотвращению деградации земель (почв) на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров от 15 июня 2021 г. № 341 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=11031&p0=C22100341> (дата обращения: 23.04.2026).
11. Почвы Беларуси: учеб. пособие / Т. Ф. Персикова, С. Д. Курганская, Е. Ф. Вайляша [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – 254 с.
12. Практика рекультивации загрязненных земель: учеб. пособие / Ю. А. Мажайский, Ю. А. Томин, А. В. Ильинский [и др.]; под ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2012. – 604 с.
13. Природообустройство: учеб. / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – Москва: КолосС, 2008. – 552 с.
14. Рекультивация земель: учеб. пособие / П. Н. Балабко, В. Ф. Басевич, Д. В. Виноградов [и др.]. – Рязань: РГТУ, 2015. – 109 с.
15. Синицын, Н. В. Основы мелиорации земель: учеб. пособие / Н. В. Синицын. – Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2017. – 296 с.
16. Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети: монография / Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко, В. П. Закржевский; НАН Беларуси, Ин-т мелиорации. – Минск: Беларус. навука, 2022. – 154 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИРОДООУСТРОЙСТВА.....	5
1.1. Объекты, ресурсы и виды природопользования.....	5
1.2. Виды природооустройства.....	7
1.3. Принципы рационального природопользования и природооустройства.....	8
1.4. Природно-техногенные комплексы природооустройства и их элементы.....	10
1.5. Инженерные системы природооустройства и их классификации.....	13
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕЛИОРАЦИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ.....	15
2.1. Общие сведения о мелиорации земель.....	15
2.2. Общие сведения о рекультивации земель.....	19
2.3. Особенности мелиорации и рекультивации земель в Республике Беларусь.....	21
2.4. Планирование и организация мелиоративных работ в Республике Беларусь.....	25
3. МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	30
3.1. Общие сведения об осушительных мелиорациях.....	31
3.2. Водный баланс участка земли.....	32
3.3. Типы водного питания переувлажненных земель.....	37
3.4. Водно-физические свойства почв.....	38
3.5. Процессы болотообразования.....	44
3.6. Режим осушения.....	46
3.7. Методы и способы осушения земель.....	48
3.8. Способы осушения земель и условия их применения.....	50
3.9. Гидротехнические сооружения и дороги на осушительной и осушительно-увлажнительной системах.....	61
3.10. Оросительные мелиорации и способы орошения.....	64
3.11. Оросительные системы.....	65
3.12. Режим орошения сельскохозяйственных культур.....	70
3.13. Орошение дождеванием.....	73
3.14. Ресурсосберегающие способы и технологии орошения.....	77
3.15. Источники и качество оросительной воды.....	80
4. МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ НЕСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	82
4.1. Категории земель несельскохозяйственного назначения.....	82
4.2. Мелиорация земель населенных пунктов.....	83
4.3. Осушение болот для добычи торфа.....	88
4.4. Осушение аэродромов сельскохозяйственной авиации.....	90
4.5. Осушение спортивных площадок и сооружений.....	92
4.6. Осушение лесов и парков.....	92
4.7. Осушение теплиц.....	93
4.8. Осушение дорожного полотна.....	94
4.9. Осушение коттеджных и дачных участков.....	94
5. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ.....	99
5.1. Образование и виды нарушенных земель.....	99
5.2. Подготовительный этап рекультивации.....	103
5.3. Технический этап рекультивации.....	108
5.4. Биологический этап рекультивации.....	114
5.5. Рекультивация нарушенных земель.....	120
5.6. Рекультивация загрязненных земель.....	131

6. ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	143
6.1. Экологическая политика в мелиорации и рекультивации земель.....	143
6.2. Борьба с водной эрозией и оврагами.....	151
6.3. Борьба с затоплением земель и наводнениями.....	158
6.4. Содержание и восстановление малых рек.....	161
6.5. Обустройство водных объектов.....	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	167
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	169

Учебное издание

Желязко Владимир Иосифович
Копытовский Виктор Владимирович
Лукашевич Виктор Михайлович и др.

**МЕЛИОРАЦИЯ
И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. Н. Минакова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 28.04.2026. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 10,0. Уч.-изд. л. 8,81.
Тираж 40 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.