

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

В.А. Базавлук

МЕЛИОРАТИВНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 626.8(075.8)

ББК 38.778я 73

Б 17 **Базавлук, В.А.** Мелиоративное обустройство территорий [текст]: учебное пособие / А.В. Базавлук. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – 184 с.

ISBN

Учебное пособие содержит основные положения проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных сооружений и работ в рамках инженерного обустройства территорий. Охватывает широкий круг мелиоративных мероприятий от конкретно-направленных, например, гидротехнических, до комплексных, сочетающих отдельные виды мелиораций в одном.

Предназначено для студентов старших курсов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 120700 Землеустройство и кадастры (квалификация (степень) «бакалавр») по профилям подготовки Городской кадастр и Землеустройство. Может быть полезно студентам, магистрам и специалистам городского и земельного кадастров в образовательной и практической деятельности, а также специалистам строительных направлений.

УДК 626.8(075.8)

ББК 38.778я 73

Рецензенты

Профессор Томского государственного архитектурно-строительного университета, д.т.н.;

Ю.С. Саркисов

Доцент Томского государственного архитектурно-строительного университета, к.г.-м.н.

Е.В. Сафонова

- © ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014
- © В.А. Базавлук, 2014
- © Оформление. Издательство Томского
- © политехнического университета, 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем учебном пособии изложены теоретические и практические положения, связанные с решениями мелиоративного обеспечения территорий в рамках их инженерного обустройства. Изложенный в пособии материал представляется отдельным разделом базовой учебной дисциплины БЗ.Б.9 «Инженерное обустройство территорий». Учебное пособие в соответствии с положениями общеобразовательного стандарта раскрывает содержание дисциплины, которая предусмотрена учебным планом для изучения в рамках Федерального образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 120700 «Землеустройство и кадастры» (квалификации (степень) «бакалавр»).

Опубликованные ранее работы по мелиорации раскрывают задачи, связанные в основном с мелиорацией земель сельскохозяйственного назначения. В тексте настоящего учебного пособия раскрываются решения задач по мелиорациям других составов земель, определенных положениями Земельного кодекса Российской Федерации, в том числе земель населенных пунктов, земель промышленности, транспорта, энергетики, земель особо охраняемых территорий и объектов, лесного и водного фондов. В зависимости от назначения земель и целей использования рассматривается более рациональный вид применяемых мелиораций или комплексное мелиорирование.

Текст пособия изложен в 8 разделах, на изучение содержания которых требуется 54 часа, в том числе 28 часов аудиторных занятий.

Учебное пособие направлено на реализацию следующих компетенций студентов:

- *обладание общекультурными компетенциями:*
- умением использовать в своей деятельности в сфере землеустройства и кадастров нормативные правовые документы (ОК-5);

– способностью использовать основные законы естественно-научных дисциплин применительно к профессиональной деятельности (ОК-10);

– *обладание профессиональными компетенциями*, в том числе:

в организационно-управленческой деятельности – способностью применять знания об основах рационального использования земельных ресурсов территорий (ПК-1);

в проектной деятельности – способностью использовать знания в планировании территорий, в том числе развития населенных мест, размещения границ проектируемых элементов мелиоративного обустройства территорий и оборудования (ПК-8).

в производственно-технологической деятельности – способностью использовать знания современных технологий объектов инженерного, в том числе мелиоративного оборудования территорий (ПК-16);

в научно-исследовательской деятельности – готовностью к изучению научно – технической информации, отечественного и зарубежного опыта использования мелиорированных земель и иной недвижимости (ПК-20).

Автор благодарен инженеру А.Н. Байгулову за оказанную помощь в графическом оформлении текста учебного пособия, а также инженеру Предко Е.В. за помощь в подборе материала и создании оригинала-макета настоящего учебного пособия.

Особую признательность автор выражают Ю.С. Саркисову, доктору технических наук, заведующему кафедрой химии Томского государственного архитектурно-строительного университета и Е.В. Сафоновой, кандидату геолого-минералогических наук, доценту кафедры охраны труда и окружающей среды Томского государственного архитектурно-строительного университета за ценные замечания, высказанные ими в ходе рецензирования пособия, которые были с благодарностью приняты и учтены автором в ходе окончательного редактирования текста.

ВВЕДЕНИЕ

В учебной дисциплине «Инженерное обустройство территорий», читаемой для студентов по направлению подготовки 120700 «Землеустройство и кадастры» материалы по мелиорации земель излагаются отдельным разделом в непосредственной связи с положениями инженерного обустройства территорий в рамках рационального природопользования.

Непосредственным и основным объектом мелиорации всегда является почвенный покров.

Задача мелиорации заключается в улучшении свойств и режимов поверхностных рыхлых отложений в горизонтах почвенного профиля в слое мощностью от 1 до 2 м.

В гумидной и семигумидной зонах почвенный покров является не только непосредственным, но и единственным объектом мелиорации.

В аридной и семиаридной зонах, особенно там, где засолены не только почвы, но и почвообразующие породы, а также грунтовые воды, задача мелиорации заключается в улучшении как почв, так и пород и поверхностных горизонтов грунтовых вод. Поэтому разделы мелиорации земель следует отнести к системной дисциплине, которая ассимилирует в себе достижения гидротехники и строительного дела, почвоведения, гидрологии, геологии, климатологии, экономики и др.

В гумидных ландшафтах всегда, а частично и на сухостепных и аридных территориях, почвы являются непосредственным и часто единственным объектом мелиорации. Поэтому очевидно, что чем лучше изучены почвы, тем правильнее могут быть реализованы мелиоративные мероприятия. Оценка почв как объекта мелиорации, осуществляется с генетических позиций, т. е. с учетом всех факторов, определяющих их возникновение. Такой подход строится на основе методов исследования, принятых докучаевским почвоведением.

Таким образом, до начала мелиорации оценивают те параметры, которые следует изменить с помощью мелиоративных мероприятий и спрогнозировать изменения почв по результатам мелиорации. Успех мелиорации всегда определяется тем, насколько полно изучены свойства и режимы почв в исходном состоянии (до мелиорации) и как детально отражены в проекте их изменения и эволюция после мелиорации. При этом очевидно, что эволюция почв протекает, безусловно, не спонтанно, не как некое саморазвитие, а как естественный ответ почвенного покрова на изменившиеся под влиянием антропогенных факторов внешние условия. Однако, как бы ни были проведены мероприятия по мелиорации, они будут пригодными для использования до тех пор, пока почвам не будут созданы условия, благоприятные для роста и развития сельскохозяйственных культур. Такие условия должны быть более благоприятными (или оптимальными) по сравнению с естественными (исходными), например, водный, тепловой и солевой режимы. Нередко в целях мелиорации необходимо улучшение только одного режима почв (например, водного).

При этом всегда следует иметь в виду, что мелиорация представляет собой лишь часть сложного комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию процесса сельскохозяйственного, лесохозяйственного и градостроительного производств. Ее эффект в полной мере проявляется только на фоне высокой культуры земледелия и лесного хозяйства. Следует подчеркнуть, что при низком уровне агрономического производства эффективность целесообразно построенной мелиоративной системы может оказаться весьма незначительной, а затраты на ее строительство не оправданными.

Таким образом, мелиорация земель является важной составляющей инженерного обустройства территорий во всех без исключения отраслях природопользования. Она включает в себя совокупность организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на коренное улучшение качества

земель с неблагоприятными водными и воздушными режимами, химическими и физическими свойствами и подверженных негативному механическому воздействию ветра и воды.

В учебном пособии изложены основные положения по гидротехнической (водной) мелиорации, осушению земель, химическим и агромелиоративной мелиорации, а также применяемым мелиоративным работам, связанным с обессоливанием почв и грунтов. Эти виды мелиорации требуют вложения определенных трудовых, материальных, экономических затрат, обеспечивающих требуемое качество работ и продукции и подлежащих оценке, в том числе кадастровой.

Издание учебного пособия «Инженерное обустройство территорий мелиорацией земель» призвано систематизировать современные представления о наиболее целесообразных способах оптимизации свойств почв и грунтов, используемых в отечественной и зарубежной практиках природопользования. Как бы сложны и совершенны не были эти способы, они служат целям повышения плодородия почв. Они должны быть наиболее благоприятными для возделываемых растений и в конечном итоге – улучшения условий сельскохозяйственного, лесохозяйственного, строительного производства и сферы местообитания человека. Такое мелиоративное обустройство территорий является элементом рационального землепользования.

Так, гидротехническая (водная) мелиорация занимает ведущее положение среди остальных. Этот вид мелиораций является основным для повышения урожайности сельскохозяйственных угодий, занимающих на планете 10 % суши. Шестая часть этих земель мелиорирована и с них получают от 40 до 50 % всех производимых сельскохозяйственных продуктов питания и потребления.

Орошение земель как вид мелиорации является разновидностью ирригации. Включает в себя подачу, распределение воды на поля, испытывающие недостаток влаги, и увеличение ее запасов в почве.

Водные ресурсы Земли (около 1400 млн км³) представлены водами с повышенной минерализацией, не пригодными для употребления растительностью и животным миром. На долю пресных вод на Земле приходится всего 28 млн км³, из которых только 4,2 млн км³ доступны для сельскохозяйственного использования, что составляет 0,3 % объема мировой гидросферы [12]. Распределение пресных вод по территории суши неравномерно, так же как дислоцирование потребителей воды (население, промышленность, сельскохозяйственные угодья), и это обстоятельство привело к дефициту ее в большинстве регионов. Наибольший расход пресной воды рек и водохранилищ в районах мелиорации приходится на ирригацию. Вторыми по потреблению пресной воды являются промышленность и энергетика, а затем коммунальное хозяйство городов. Исчерпаемость на Земле пресных вод частично сглаживается восстановительным процессом круговорота воды в природе.

В настоящем учебном пособии рассмотрены достоинства и недостатки применяемых видов орошения земель и особо выделены водосберегающие технологии, в том числе такие, как дождевание, аэрозольные и капельные поливы, позволяющие сократить вдвое нормативные расходы пресных вод.

Интенсивное освоение почвенных территорий земной суши привело к значительной засоленности почв.

Так, по данным Института мировых ресурсов (World Resources Institute), десятая часть суши Земли покрыта засоленными почвами. Большая часть засоленных почв располагается на аридных (сухих) территориях и площадях, представленных солонцами, солончаками и солодями. Территория России также представлена засоленными почвами, составляющими около 54 млн тыс. га, что соответствует 5 % ее общей площади.

Токсичное действие легкорастворимых солей на растительность проявляется в увеличении осмотического давления почвенной влаги, снижении ее доступности для корневой системы растений, нарушении нормального соотношения элементов

минерального питания и общим отрицательным воздействием на плодородие почв.

Возвращение засоленных почв в нормальное состояние выполняют путем их обессоливания агрономическими мелиорациями (мероприятиями), в основном, способами промывок. В учебном пособии такие способы промывок рассмотрены в зависимости от степени засоления, климатических условий, особенностей рельефа и вида почв.

К землям, имеющим неблагоприятный для сельскохозяйственных растений водный режим и нуждающимся в мелиорации, относятся избыточно увлажненные земельные участки. Такие земельные участки распространены на всех климатических зонах России от районов вечной мерзлоты и тундры до аридных зон и представлены болотами и заболоченными землями.

Методы осушения избыточно увлажненных земель для сельскохозяйственных, строительных и других целей в зависимости от типов водного питания и причин избыточного увлажнения путем понижения уровня грунтовых вод, ускорения стока поверхностных (в том числе талых) вод и отвода воды из пахотных горизонтов, ограждений осушаемых территорий от притока поверхностных и грунтовых вод рассмотрены в данном учебном пособии с учетом отечественного и зарубежного опытов.

Огромные территории России представлены кислыми или щелочными почвами. Перевод их в нейтральное (нейтрализация кислотности и щелочности), благоприятное для нормального развития растений состояние, осуществляется методами химической мелиорации. К таким методам нейтрализации относят известкование кислых почв, окисление щелочных почв, гипсование и фосфоритование. Все перечисленные методы и способы химической мелиорации почв рассмотрены в учебном пособии с точки зрения сельскохозяйственных целей.

При этом рассмотрены вопросы восприимчивости растений к раскислительным и восстановительным процессами и мероприятиям, реакция их на гипсование и фосфоритование почв.

Отдельными и важными в мелиоративном обустройстве являются решения по физическому и агромелиоративному улучшению земель. Эти мероприятия решают задачи сельскохозяйственной отрасли народного хозяйства страны, также отраслей капитального строительства объектов производственного, непромышленного и линейного назначения. Для этих хозяйственных отраслей становятся важными вопросы рекультивации земель, пескования, глинования, землевания как факторов, направленных на сохранение элементов природных ресурсов и ландшафтов, повышение и улучшение механического состава, прочностных и других физических свойств грунтов и почв, используемых в основаниях строительных сооружений.

В учебном пособии использованы данные многих авторов по исследованию вопросов мелиорации почв, в том числе учебных курсов, читаемых по классическим учебникам (МГУ), а также материалам наблюдений авторов, собранных по результатам работы оросительных систем Большого Чуйского и Ферганского каналов в Средней Азии, Республики Бурятия (Мухоршибирский район), Западной Сибири.

Данное учебное пособие по инженерному обустройству территорий путем мелиорации земель является одним из первых со времени введения в практику подготовки бакалавров по направлению 120700 «Землеустройство и кадастры».

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

О необходимости мелиорации земель для эффективного развития сельского хозяйства в России всерьез заговорили в конце позапрошлого века. Первым государственным учреждением по мелиорации стал созданный в 1894 г. при Министерстве земледелия и государственных имуществ отдел земельных улучшений (ОЗУ). В его ведении находились работы по орошению и обводнению земель, осушение болот и добыча торфа, гидротехнические и противоэрозионные работы, регулирование рек, строительство водозаборных скважин, а также управление водохозяйственными организациями на местах.

До Октябрьской революции 1917 г. в России орошались 3,8, осушались – 3,2 млн га, но со сменой власти все работы по мелиорации в стране были приостановлены. Новый старт мелиорационных мероприятий в СССР пришелся на первую пятилетку (1929–1932 гг.), а уже к 1941 г. площадь мелиорируемых земель превысила 11,8 млн га. В период 1945–1965 гг. были восстановлены и частично реконструированы устаревшие мелиоративные системы и построены новые, например, системы в зоне Волго-Донского, Кубань-Егорлыкского, Терскокумского каналов, Барабинской степи (Западная Сибирь) и др. Государство не скупилось на финансирование мелиоративных работ, так в 1966 г. на них было потрачено 1,7 млрд руб., а в 1985 г. – 8,3 млрд руб. Это принесло свои плоды. С 1967 по 1985 г. площади орошаемых и осушенных земель достигли своих исторических максимумов, они выросли соответственно с 9,8 млн до 19,7 млн га и с 7,5 млн до 14,6 млн га. К 1990 г. площадь мелиорированных земель в стране составила 22,1 млн га, т. е. 9,9 % от общей площади пашни. После распада СССР работы по мелиорации были заморожены и их показатели сократились [29].

Термин *мелиорация* в переводе с латинского означает улучшение. Мелиоративные работы включают в себя совокупность организационно-хозяйственных и технических мероприя-

тий, направленных на коренное улучшение земель с неблагоприятными водными и воздушными режимами, химическими и физическими свойствами и подверженных негативному механическому воздействию ветра или воды.

Мелиорация земель в рамках инженерного благоустройства и обустройства территорий относится к важному виду рационального природопользования. Работы по мелиорации направлены на улучшение качества земель [12].

Основным объектом мелиорации является почвенный покров Земли.

Задачами мелиорации почв являются улучшение их физических свойств и режимов, например, водно-теплового, водно-воздушного и др. Они реализуются в пределах почвенного горизонта, в слое мощностью от 1 до 2 м.

Рационально проведенные мелиоративные работы позволяют собирать высокие урожаи сельскохозяйственных культур даже в условиях засухи или выпадения обильных атмосферных осадков и способствуют общему климатическому оздоровлению территорий.

Выбор рационального вида мелиоративных работ базируется на изучении данных анализа и учета состава почв, а также изменений и отклонений от критических показателей элементов *рационального природопользования*. При этом под рациональным природопользованием понимают систему природопользования, при которой:

- достаточно полно используются природные почвенные ресурсы;
- обеспечивается восстановление плодородия почв и почвенных ресурсов;
- полно и многократно используются отходы сельскохозяйственного производства [12].

Мелиорация может касаться ландшафта в целом или какой-либо его части, например, лугов, водоемов, почв и других сельскохозяйственных угодий и территорий.

Мелиорация земель является объективной необходимостью в деле преобразования природных комплексов, в том числе превращения болот и заболоченных земель в высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья и, тем самым, социального и экономического преобразований в стране. Мелиорация как важнейшее звено интенсификации сельскохозяйственного производства, призвана внести ощутимый вклад в решение продовольственных программ России и зарубежных стран.

Так, в России в октябре 2010 г. была принята Федеральная Целевая Программа (ФЦП) «Развитие мелиорации до 2020 г.», рассчитанная на два этапа: первоочередной – с 2012 по 2016 гг. и долгосрочный – с 2017 по 2020 гг [24].

Первый этап Программы предполагает выполнение работ по реконструкции и техническому перевооружению оросительных и осушительных систем, созданных в советское и постсоветское время, а второй – проведение научных исследований, разработку и внедрение инновационных технологий в мелиорации.

Программа предусматривает увеличение потенциала сельскохозяйственных угодий на площади 10,3 млн га. По расчетам Минсельхоза РФ она должна позволить предотвратить выбытие из оборота 1,1 млн. га земельных территорий, защитить от заоплодения 210 тыс. га сельскохозяйственных угодий и сэкономить до 20 % воды для орошения земель. По расчетам специалистов реализация программы позволит приблизиться к показателю 1990 г. по объемам мелиорируемых земель, при этом площадь орошаемых земель должна вырасти до 4,9 млн га, а осушаемых – до 5,4 млн га. К тому же должна увеличиться средняя урожайность сельскохозяйственных угодий и снизиться зависимость объемов сельскохозяйственного производства от климатических условий каждого года.

Реализация ФЦП обойдется стране в 502,9 млрд руб., что составит восемь годовых бюджетов Минсельхоза РФ. При этом следует отметить, что в 2010 г. из-за неблагоприятных погодных условий страна потеряла 42 млрд руб. Реализация программы

мелиорации к 2020 г. позволит сократить на 3–5 % потери от природных катаклизмов [24].

Экологические аспекты мелиорации неразрывно связаны с хозяйственной стороной проблемы и требуют всестороннего внимания и глубокого осмысления. В России и в странах ближнего зарубежья площади, охваченные водной мелиорацией, постоянно увеличиваются. Сведения по количеству площадей орошаемых и осушаемых земель в СССР с 1970 по 1991 гг. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Площадь мелиорированных земель в СССР с 1970 по 1991 гг., млн га

Год	Площадь земель		Всего
	осушаемых	орошаемых	
1970	7,4	10,9	18,3
1975	10,1	14,2	24,3
1980	12,6	17,3	29,9
1986	14,9	20,2	35,1
1991	16,6	23,3	39,9

Статистические данные по площадям орошаемых земель в России и странах ближнего зарубежья (бывшего СССР), по состоянию на 2003 г., опубликованные 24.11.2010, приведены в табл. 2 [29].

Таким образом, по состоянию на 2003 г. из 22,4 млн км² земель территории России и стран ближнего зарубежья 212,320 тыс. км² являются орошаемыми, что составляет 9,5 % от общей площади сельскохозяйственных угодий. Наибольшая доля орошаемых земель в вышеобозначенных странах приходится на Россию, Узбекистан и Казахстан и составляет 58,6 % от общей площади сельскохозяйственных угодий.

Таблица 2

**Площадь орошаемых земель в России и странах бывшего СССР,
км² (по состоянию на 2003 г.)**

Страна	Площадь орошаемых земель	Страна	Площадь орошаемых земель
Россия	46000	Литва	70
Азербайджан	14550	Молдова	3000
Армения	2800	Таджикистан	7220
Белоруссия	1310	Туркмения	18000
Грузия	4690	Узбекистан	42810
Казахстан	35560	Украина	22080
Кыргызстан	10720	Эстония	40
Латвия	200	Всего	212320

При проведении водной мелиорации ежегодно расходуется до 200 км³ воды в зависимости от требуемой степени увлажнения почв. В России и странах ближнего зарубежья практически нет земель, которые бы для улучшения их плодородия не нуждались в тех или иных видах мелиорации. Освоение новых сельскохозяйственных угодий под орошение часто сдерживается дефицитом водных ресурсов, поскольку этот вид мелиорации характерен в первую очередь для южных районов страны.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ МЕЛИОРАЦИИ

Мелиорация является *элементом* землепользования вообще и земледелия в частности. Ее эффект тем больше, чем выше общий уровень земледелия. И наоборот, чем ниже уровень земледелия, тем менее эффективно проведение мелиоративных мероприятий [14].

Мелиорацию квалифицируют по двум основным признакам: по направленности в народно-хозяйственном использовании территорий и по способам реализации.

По *направленности* в народно-хозяйственном использовании территорий выделяют шесть основных видов мелиорации почв:

- агрономические;
- биологические (фитомелиорация);
- химические;
- гидротехнические;
- культуртехнические;
- тепловые.

Эта классификация отражает главным образом состав мелиорации при сельскохозяйственном и лесохозяйственном использовании территории [14]. Каждый вид мелиорации направлен на решение определенных задач. Так, например, агрономические – решают задачи эффективного изменения рельефа местности и физических свойств почв; биологические (фитомелиорация) улучшает состояние почв с помощью рационального использования травянистой и древесной растительности; химические – решают задачи улучшения химических свойств почв и вод; культуртехнические – создают благоприятные технические условия на поверхности почв и в пределах корнеобитаемой толщи; гидротехнические – решают задачи подачи, аккумуляции и сброса ирригационных и дренажных вод для водоснабжения, а тепловые – обеспечивают решение задач по оптимизации температурного режима почв.

Под *агрономической* мелиорацией (агромелиорацией) по-

нимают комплекс мероприятий, направленных на изменение (улучшение) рельефа и физических свойств почв. Задачи этого вида мелиорации решают путем планировки поверхности, профилирования, грядования, гребневания, узкозагонной пахоты. Агромелиоративные мероприятия обеспечивают организацию и ускорение поверхностного стока, улучшают распределение влаги на поверхности орошаемого поля.

К *агромелиоративным* мероприятиям относят приемы изменения физических свойств подпахотных горизонтов с помощью глубокого рыхления или кротования. К этой группе мероприятий относят и плантажную глубокую пахоту, а также песчаносмешанный, покровный и смешаннослойный способы земледелия на торфяных почвах, щелевание.

При биологических (*фитомелиорация*) используют возможность улучшения свойств почв и их режимов путем применения адаптированной к конкретным условиям травянистой и древесной растительности. К фитомелиорации относят залесение песков (например, залесение подвижных песков Центральной Азии посадками черного саксаула, создание лесных полос, наделенных транспирирующей способностью деревьев понижать уровень грунтовых вод, закрепление склонов, откосов, тальвегов посевами многолетних трав. Биологические особенности ряда растений могут быть использованы для рассоления поверхностных слоев профиля. Растения-сидераты улучшают структуру почвы, способствуют борьбе с их солонцеватостью.

Химическая мелиорация направлена на изменение неблагоприятных химических и физических свойств почв и оросительных вод. Она включает внесение крупных доз извести при глубоком мелиоративном рыхлении на всю глубину обработки, а также гипса при борьбе с солонцеватостью или при профилактике этого явления в процессе промывок засоленных почв от избытка водорастворимых солей. Химическая мелиорация также может быть связана с необходимостью изменения свойств оросительных вод. Так, например, внесение в поливные воды каль-

ция (обычно гипса) повышает их щелочность, а воды, обогащенные бикарбонатом натрия или разбавленной серной кислотой повышают их кислотность. К химической мелиорации относят мероприятия по кислотованию почв содового засоления, усилению окислительной способности оросительных вод путем их предварительного насыщения кислородом и др.

Культуртехническая мелиорация – комплекс технических мероприятий, обеспечивающих приведение в благоприятное состояние поверхности и корнеобитаемых горизонтов для возделывания культурных растений. Это достигается путем уборки поверхностных и внутгрипочвенных камней, удаления кустарника, пней, кочек, мелкокося, засыпки ям, разборки валов выкорчеванной древесины, извлечения погребенной древесины и др.

Гидротехническая мелиорация обеспечивает подведение к мелиорируемой территории поливных вод, необходимых для регулирования водного режима почв, аккумуляцию влаги в необходимом количестве и в нужное время, сброс избыточной гравитационной влаги за пределы орошаемых или осушаемых территорий. Гидротехническая мелиорация имеет своей основной задачей регулирование водного режима почв. Оно достигается орошением, осушением, двусторонним регулированием водного режима почв, обводнением территории, строительством водохранилищ или защитных дамб.

Тепловая мелиорация направлена на изменение теплового режима почв с помощью мероприятий по трансформации гранулометрического состава поверхностных горизонтов (например, внесение мелких камней в пахотные слои северных почв с целью уменьшения их теплоемкости и повышения температуры, систематического снегозадержания, мульчирования поверхности и др.).

По *способу* реализации видов мелиорации их классифицируют:

- на гидротехнические;
- химические;
- физические;

– агромелиоративные.

Различия между отдельными видами мелиорации носят несколько условный характер, однако принятое деление позволяет более четко ориентироваться в сложной системе современных мероприятий, направленных на улучшение свойств и режима почв.

Так как мелиорация – это система определенных технических и иных мероприятий, направленных на улучшение свойств и режимов почв, то обычно наибольший эффект удастся достигнуть при комплексном применении различных видов мелиорации. Например, при осушении тяжелых заболоченных почв – сочетанием агромелиорации, гидротехнических и культуртехнических видов мелиорации, при орошении засоленных почв – биологических, химических и гидротехнических видов мелиорации и т. д.

3. ГИДРОТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

3.1. Основные сведения

Гидротехническая (водная) мелиорация включают в себя три элемента техники полива, в том числе способ полива, приемы распределения оросительной воды по территории полива и организацию полива. Все эти составляющие имеют важное значение для обеспечения эффективной работы оросительных систем в целом [14].

В практике гидротехнических мелиораций приняты следующие *способы* орошения: поверхностные поливы, дождевание, аэрозольное (мелкодисперсное), внутрпочвенное и капельное увлажнение почв, сублиригация.

Независимо от применяемого способа, территория орошаемого поля должна быть подготовлена к его проведению. Таковыми подготовительными мероприятиями являются культуртехнические и агромелиоративные работы.

Для организации орошения особое значение имеет тщательная планировка (выравнивание) поверхности будущего орошаемого поля. Планировка необходима практически для всех способов полива, но она особенно актуальна для поверхностного орошения. Требования к проведению планировочных работ в значительной мере определяются проектируемым способом орошения.

Для выполнения планировочных работ разрабатывают специальные проекты на крупномасштабной топографической основе с масштабом 1:2000, 1:1000 с шагом горизонталей 0,10 или 0,25 м. Для выполнения планировок используют бульдозеры, скреперы, а для окончательного выравнивания поверхности – длиннобазовые планировщики или длиннобазовые автогрейдеры. Важным условием качества планировочных работ является сохранение гумусового горизонта и плодородия почвенного покрова.

Гидротехническая мелиорация обеспечивает насыщение и аккумуляцию влаги в почвах в необходимом количестве

и в нужное время, а также сброс избыточной поверхностной или грунтовой влаги за пределы границ рассматриваемой территории или промывку засоленных почв. Основной задачей гидротехнической мелиорации является регулирование водного и водно-солевого режимов почв. Это регулирование достигается увлажнением, осушением или промывкой почв.

Гидротехническая мелиорация издревле использовалась человечеством на практике на разных территориях Земли. Так, оросительные каналы строили еще древние египтяне, догадавшиеся таким способом повышать плодородие почв.

Водная мелиорация (орошение и осушение) является основным путем повышения урожайности сельскохозяйственных угодий, занимающих на планете 10 % площади суши. Шестая часть этих земель мелиорирована, и с них получают от 40 до 50 % всех производимых сельскохозяйственных продуктов питания и потребления.

Орошение обеспечивает решение следующих задач в земледелии:

- улучшение снабжения корневой системы растений влагой и питательными веществами, содержащимися в ней;
- снижение температуры приземного (припочвенного) слоя воздуха;
- увеличение влажности почвы и приземных слоев воздуха;
- исключение зависимости плодородия почв от влияния изменений погодных условий (в районах недостаточного естественного увлажнения);
- получение устойчивых урожаев многих сельскохозяйственных культур (в зонах недостаточного естественного увлажнения).

Развивая *приемы* орошения, в их основу закладывают водосберегающие технологии полива, способствующие резкому увеличению эффективности этого вида мелиорации. Но до сих пор коэффициент полезного использования поливной воды в оросительных сетях остается невысоким. Так, в оросительных системах Северного Кавказа только в межхозяйственных кана-

лах потери воды составляют до 30 % от общего объема ее забора. Значительные потери воды при водной мелиорации в ходе подачи ее по магистральными распределительным каналам, а также лоткам, устроенным в них, связаны с дополнительными расходами на фильтрацию в грунты.

Существенным резервом нормированного использования воды является правильный выбор и рациональное применение различных способов полива сельскохозяйственных угодий. За последние годы в сельских хозяйствах России площади полива угодий методом дождевания возросли до 75 %, что привело к потребительному снижению оросительных норм на 25–30 %.

В конце XX в. появились более прогрессивные способы полива, в том числе капельное и аэрозольное, обеспечивающие до 50 % экономии воды. Так, оросительная норма полива дождеванием в сочетании с мелкодисперсным увлажнением озимой пшеницы в среднем становится на 30 % ниже, чем при использовании только дождевания [9].

С развитием и освоением новых площадей орошаемых земель увеличивается объем вновь возникающих грунтовых верховодных коллекторно-дренажных вод. Они накапливаются в результате периодических поливов, когда отмечается избыточный сток вод, а также в ходе работ при рассолении почв промывкой. В этих случаях повышается степень минерализации речных вод, когда они становятся непригодными для орошения земель.

Так, например, дренажные воды с полей в больших объемах сбрасываются в Амударью. За последние 45 лет уровень минерализации воды в Амударье увеличился в два раза. Только с территории Таджикистана в реку и ее притоки ежегодно направляют 3 км³ коллекторно-дренажных и сбросных вод с минерализацией в пределах от 1 до 4 г/л [14].

Снижение степени минерализации воды осуществляют путем применения рациональных схем использования дренажного стока для различных народнохозяйственных целей, в том числе на обводнение пастбищ, выращивание солеустойчивых и очи-

щающих воду растений, водоснабжение на основе опреснения, снижение расходов воды при промывке засоленных земель, снижение удельных оросительных норм, повышение эффективности работы гидромелиоративных систем.

В современной России массовому развитию орошения препятствует высокая стоимость обустройства систем орошения и, как следствие, – длительный период окупаемости единовременных затрат в сроки от 10 до 12 лет, трудности хода проектирования и сооружения гидротехнических сооружений, согласований с различными проверяющими и контролирующими организациями, а также нехватка квалифицированных работников.

На практике для каждого способа орошения земель поливом, в том числе для поверхностного орошения земель, разработаны и апробированы свои технологии.

3.2. Классификация видов орошения

Оросительные мероприятия могут иметь различное назначение и оказывать различное влияние на режим и свойства почв. Их осуществляют весьма разнообразными способами. Кроме увлажнительной функции, которую осуществляет полив, другие виды орошения могут быть связаны и с реализацией ряда дополнительных задач. Их классифицируют по ряду признаков.

1. *По назначению* выделяют следующие виды орошения:

Увлажнительное (основной вид орошения). Улучшает или создает благоприятный водный режим почв для растений.

Удобрительное. В воду вносят удобрения, и вода транспортирует их на поля.

Утеплительное. Воду из теплоцентралей, от заводов и других источников подают на поля с целью согревания почвы.

Влагозарядковое. Орошение обеспечивает подачу значительных объемов воды на поля с целью их аккумуляции в почве. Поливы производят осенью, для того чтобы обеспечить накопление влаги в мощной толще почвы (обычно 2 м). Влагозарядковое

орошение применяют в случаях, если весной из-за образования наледей в каналах или по другим причинам невозможны предпосевные поливы, или если в результате поздневесенней климатической засухи в начале вегетации в почвах отсутствует или имеется малый запас продуктивной влаги, а полив в это время невозможен. К этому виду орошения относят также закачку воды в грунтовый поток через специальные каналы и фильтры с целью пополнения запасов подземных вод и их последующего использования на орошение сельскохозяйственных культур.

Промывочное. Применяют для растворения и вымывания токсичных солей из горизонтов почвенного профиля, а также в необходимых случаях для выноса солей из верхних слоев засоленных почвообразующих пород и верхних горизонтов грунтовых вод.

2. *По срокам и характеру* подачи воды на поле орошение дифференцируют на регулярное и нерегулярное, выборочное и сплошное.

Регулярное орошение обеспечивает систематическую подачу воды на орошаемое поле на протяжении всего вегетационного периода. Оно позволяет осуществлять все виды полива независимо от их назначения, в том числе увлажнительное, влагозарядковое, промывное, утеплительное орошение и др. Обычно при регулярном орошении производят вегетационные и влагозарядковые поливы. Регулярное орошение позволяет получить урожай в 2–3 раза выше, чем нерегулярное.

Нерегулярное орошение позволяет обычно осуществлять в течение года один массированный полив (влагозарядковый), обеспечивающий увлажнение мощной толщи почв преимущественно путем устройства лиманных оросительных систем.

Выборочным называют орошение, при котором осуществляют полив не всех культур, а только тех, которые обеспечивают получение максимальной экономической отдачи и отличаются повышенным влагопотреблением. Обычно выборочное орошение организуют там, где нет условий (экономических, гидро-

логических и др.) для организации сплошного орошения (например, ограничены водные ресурсы).

Сплошным является орошение, при котором на крупном массиве создаются условия для полива всех культур. Сплошное орошение осуществляют в равнинных районах с обеспеченными водными ресурсами, преимущественно в сухостепной, полупустынной и пустынной зонах.

3. По видам полива различают аэрозольное орошение, дождевание, поверхностное, внутрпочвенное, капельное орошение и субиригацию.

Схема по видам орошения земель приведена на рис. 1 [14].

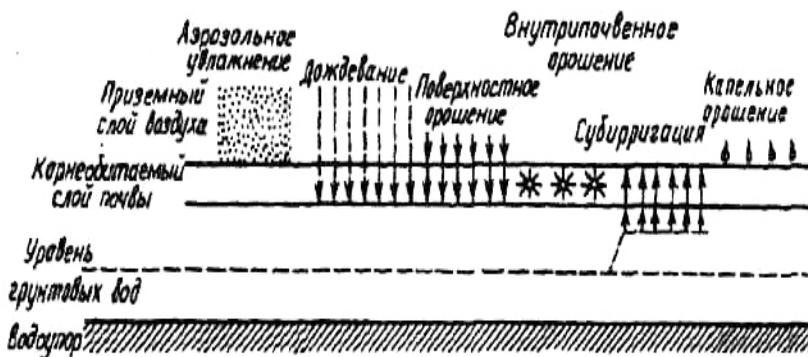


Рис. 1. Схема по видам орошения земель [14]

Аэрозольное (мелкодисперсное) орошение осуществляет увлажнение растений, приземного слоя воздуха и поверхности почвы тонко распыленными мельчайшими каплями воды. Водный туман, образованный над поверхностью почвы при аэрозольном орошении, способствует защите растений от заморозков. Оно применяется на территориях садов, виноградников, плантаций цитрусовых и чая, в теплицах и оранжереях.

Поверхностное орошение – это орошение территорий потоком влаги при непосредственном контакте с поверхностью

почвы воды, поступающей самотеком на поле. Различают следующие виды поверхностного орошения: затопление, напуск по полосам и напуск по бороздам.

Дождевание – механизированное орошение территорий, при котором оросительная вода в виде капель дождя при помощи насосов и дождевальными аппаратами попадает под напором в атмосферу и оттуда свободно падает на растения и почву.

Внутрипочвенное орошение основано на всасывающей способности почвы транспортировать воду по капиллярам от труб-увлажнителей (уложенных на глубинах от 0,4 до 0,6 м) к корневым системам возделываемых культур.

Капельное орошение – орошение, при котором вода с помощью гибких трубопроводов через специальные устройства (капельницы) по каплям поступает в зону распространения корней.

Субиригация – увлажнение корнеобитаемой зоны почвы путем активного подъема уровня грунтовых вод к дневной поверхности.

Орошение независимо от вида и назначения осуществляется оросительными системами.

Оросительная система – это сложное водохозяйственное устройство, которое реализует перевод гравитационной воды водоисточника в почвенную влагу орошаемого массива. Оросительные системы могут быть постоянного и периодического действия, а по своему устройству – открытыми (когда вся система состоит из открытых каналов), закрытыми (оросительную сеть образует система закрытых трубопроводов) и комбинированными. В последнем случае крупные каналы устраивают в открытых неукрепленных или укрепленных грунтах прилегающих территорий или из бетона, а мелкие (внутрихозяйственная регулирующая сеть) – из закрытых напорных трубопроводов.

Оросительная система постоянного действия состоит из источника орошения, головного водозаборного сооружения, оросительных каналов и трубопроводов, оградительных, водосборных и дренажных каналов, сооружений на каналах, дорож-

ной сети, мостовых переходов и переездов, водорегулирующих и полезащитных лесных насаждений.

3.3. Источники орошения

Источником орошения могут быть водоемы (реки, озера, водохранилища, артезианские скважины) и сооружения на оросительных системах.

К сооружениям на оросительных системах относят:

1. *Головное водозаборное сооружение* (или насосная станция) забирает воду из источника орошения в магистральный канал в необходимых количествах и в нужные сроки.

2. *Магистральный* или *главный канал* оросительной системы доставляет воду на орошаемые массивы. Магистральный канал состоит из холостой и рабочей частей. Холостая часть магистрального канала находится в пределах от головного сооружения до первого распределительного канала, а рабочей частью являются распределительные каналы частей. К орошаемому полю вода из магистрального канала поступает по распределительным каналам к временным оросительной и поливной сетям.

3. *Распределительная водопроводящая сеть каналов* в оросительной системе состоит из межхозяйственных и хозяйственных каналов.

4. *Межхозяйственные каналы* распределяют воду, подаваемую магистральным каналом, между всеми хозяйствами системы. *Хозяйственные каналы* целенаправленно подают воду каждому хозяйству, а при больших размерах хозяйств – на отдельные крупные поливные участки в хозяйстве (межучастковый канал).

5. *Участковый распределитель* подает воду только на один севооборотный участок. Групповой ороситель (или трубопровод) забирает воду из участкового распределителя и подает ее на поле севооборота. Групповой ороситель – последний элемент проводящей сети.

Схема сооружений на оросительных системах поверхностного орошения сельскохозяйственных полей приведена на рис. 2

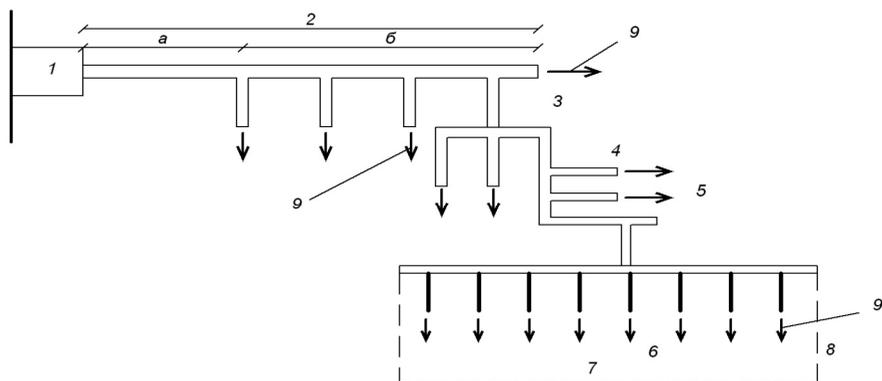


Рис. 2. Схема сооружений на оросительных системах поверхностного орошения земель:

1 – главное водосборное сооружение; 2 – магистральный (главный) канал оросительной системы (а – холостая часть канала, б – рабочая часть канала); 3 – распределительная водопроводящая сеть каналов; 4 – межведомственные и хозяйственные каналы; 5 – участковые распределители; 6 – групповой ороситель; 7 – поле севооборота; 8 – граница поля севооборота; 9 – направление движения воды по сооружениям системы орошения.

6. *Временная оросительная регулирующая сеть* внутри крупных поливных участков состоит из временных ежегодно возобновляемых оросителей, выводных борозд и поливных борозд и полос, распределяющих воду на полях и переводящих ее при поливе в почвенную влажность нужной величины. Оросительная регулирующая сеть при дождевании состоит из закрытых или передвижных трубопроводов и передвижных дождевальных устройств, а при подпочвенном орошении – из закрытых труб. Временные оросители перед поливом нарезают канавокопателями, а осенью после уборки урожая сельскохозяйственных культур

тур заравнивают. Распределительные или секционные борозды забирают воду из выводной борозды и подают ее на секцию борозд. Секция обычно объединяет до 20 поливных борозд. *Поливная сеть* – это поливные борозды, полосы, чеки, позволяющие распределить воду по полю. К ней относятся и внутриводоемные увлажнители.

3.4. Оценка пригодности воды для поливов и ее влияние на почву

Пригодность воды для полива определяют с помощью качественных и количественных тестов, а также по результатам визуальных и органолептических анализов ее состояния в исследуемом источнике [14].

Качественная оценка воды позволяет сделать предварительное заключение о пригодности ее для полива. Качество характеризуют ее следующие внешние признаки.

Гнилостный запах, возникающий в ходе поднимающихся со дна к поверхности водоема пузырьков газов (метана, сероводорода, аммиака) в результате анаэробного брожения, свидетельствует о низком качестве или непригодности вод для орошения.

О наличии в воде вредных примесей промышленного происхождения свидетельствует ее цвет. Перегнойные и органические вещества придают воде желто-коричневую окраску. Соли двухвалентного железа придают воде зеленовато-голубоватую окраску, а свободная сера окрашивает воду в голубой цвет.

О качестве воды судят по состоянию в водоемном сообществе флоры и фауны. На *хорошее состояние* воды указывает присутствие в водоеме рыб, амфибий и пресмыкающихся, а на берегах водоема – интенсивный рост рдестов (род многолетних водных трав) и ряски. Напротив, появление осоки, ситника, камыша и других растений, приспособившихся к существованию в условиях развитого почвенного анаэробного брожения, свидетельствует об ухудшении качества воды.

Степень минерализации растворенными веществами в поливной воде определяют ее пригодность для орошения. При оценке пригодности воды для полива учитывают качественный состав солей, возможную вероятность засоления (в том числе борного), возможность осолонцевания почв, карбонатного подщелачивания.

Опыт орошения территорий в полуаридных и аридных зонах позволяет признать пригодной для орошения воду с минерализацией менее 0,2 г/л. Воду минерализацией от 0,2 до 0,5 г/л считают хорошей при отсутствии в воде нормальной соды. Минерализация воды от 0,5 до 1,0 г/л допустима при поливе устойчивых к засолению растений на легких почвах. Минерализация воды, равная от 1 до 2 г/л, опасна с точки зрения возможного начала засоления почв. Воды с большей минерализацией (например, морские) могут использоваться в районах с гумидным климатом на легких почвах с низкой поглотительной способностью.

Соли, растворимые в оросительной воде и применяемые для поливов, обладают разной токсичностью. Схема, предложенная Л.П. Розовым [24], отражает степень для растений опасности различных солей. Схема токсичной опасности солей в растворах для растений приведена на рис. 3.

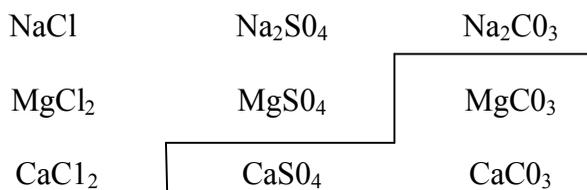


Рис. 3. Схема токсичной опасности солей для растений

Все виды солей, приведенных на схеме выше черты, вредны для растений, ниже – безвредны. В приведенном перечне солей наиболее опасна нормальная сода. Ее относительную токсичность отражает следующая шкала

Соль	Na_2CO_3	NaCl	Na_2SO_4
Степень токсичности	10	3	1

Все соли натрия и все хлориды являются вредными для поливов, а карбонаты и сульфаты кальция и карбонаты магния – безвредны. Серноокислый и углекислый кальций используют как удобрения и как мелиоранты, улучшающие свойства почв. При этом учитывают, что свободная углекислота и анионы серной кислоты оказывают агрессивное действие на цементный бетон и поэтому могут способствовать разрушению оросительных сооружений на соответствующих системах орошения.

Пригодность минерализованных вод для полива обусловлена не только их химическим составом, но и *климатом* местности, *числом* и *способом* поливов, а также *свойствами почв*.

Несоленая и нещелочная оросительная вода с концентрацией солей не выше 0,5 г/л оказывает положительное влияние на щелочные почвы. В таких водах среди катионов преобладает кальций. В результате систематического орошения в течение нескольких лет или десятилетий с применением пресных кальцийсодержащих вод щелочные почвы становятся нейтральными. Их физические, химические свойства и биологические особенности улучшаются.

Качество поливной воды может быть оценено по данным анализа ее электропроводимости. Шкала засоленности оросительной воды по данным [14] приведена в табл. 3.

Ирригационные воды с неблагоприятным химическим составом могут вызывать весьма опасные деградационные явления, такие как засоление, ощелачивание, солонцеватость почв.

Однако неблагоприятные последствия орошения могут иметь место и при использовании для полива вполне благоприятных по составу пресных, неминерализованных вод. Это особый случай деградации почв при орошении, механизм которого заключается в следующем.

Шкала засоленности оросительной воды

Классификация воды по степени засоленности	Электропроводность, мСм/см при 25°C	Приблизительная концентрация солей, г/л
Низкая. Пригодна для орошения большинства культур на большинстве почв	Менее 250	Менее 0,2
Средняя. Используется в условиях умеренного выщелачивания. Культуры средней солеустойчивости можно выращивать, не применяя мер для борьбы с засолением	от 250 до 750	от 0,2 до 0,5
Высокая. Даже при хорошем дренаже могут потребоваться мероприятия по борьбе с засолением. Следует выбирать культуры, обладающие высокой солеустойчивостью	от 750 до 2250	от 0,5 до 1,0
Очень высокая. Непригодна для орошения в обычных условиях. Полив возможен при следующих условиях: высокая проницаемость почв, наличие дренажа, подача избыточного количества оросительных вод, выращивание культур очень высокой солеустойчивости	Более 2250	от 1 до 3

При *переполивах* (особенно при кратковременных переполивах) пресными водами в верхних гумусированных горизонтах возникают анаэробные явления, которые сопровождаются глееобразованием на фоне застойно-промывного водного режима. В таких условиях глееобразование сопровождается переходом в подвижное состояние марганца, железа, щелочноземельных

металлов, органического вещества. Эти элементы и соединения выносятся за пределы верхних слоев почвенного профиля. При этом одновременно наблюдается резкое ухудшение физических свойств почв вследствие выноса веществ, цементирующих почвенные агрегаты. В результате почвы приобретают признаки слитости, резко уменьшается их активная порозность, фильтрация, возрастает плотность сложения, снижается пористость [14].

Наличие в поливной воде взвешенных твердых частиц (твердый сток) может указывать на различные свойства поливных вод. Так, крупные (песчаные), обычно кварцевые частицы диаметром более 0,005 мм не представляют для почв ценности как удобрение. Вместе с тем они быстро оседают в каналах, что обуславливает необходимость систематической очистки последних. Однако пылеватая фракция твердых примесей с размерами частиц от 0,001 до 0,00055 мм обычно доносится оросительной водой до поля.

Воды, благоприятные для полива и не вызывающие ухудшения почв, подаются на сельскохозяйственные поля инженерными оросительными системами. Они представляют собой сложные гидротехнические сооружения, обеспечивающие подачу воды из водисточника на орошаемое поле и перевод гравитационной воды водисточника в почвенную влагу корнеобитаемых горизонтов.

3.5. Поверхностное орошение поливом

Различают следующие виды поверхностного орошения поливом: напуском по полосам, напуском по бороздам, затоплением. Независимо от вида орошения вода при поверхностном поливе всегда движется по поверхности почвы под уклон.

3.5.1. Полив напуском по полосам

Полив напуском по полосам используют при орошении узкорядных культур, культур сплошного сева и при влагозарядковых поливах на почвах разной водопроницаемости.

Существенное преимущество полива по полосам заключается в том, что равномерный слой воды, покрывающий поверхность почвы, не вызывает перераспределения солей и их миграцию к неполиваемым участкам поверхности. Такой полив приводит к перемещению солей в глубь почвенного профиля.

Недостатком полива по полосам является разрушение структуры почвенного покрова, коркообразование, перемещение и смыв частиц почвенного мелкозема. Для образования поливных полос применяют полосообразователи различных типов. Полосообразователи формируют на поверхности орошаемого участка невысокие земляные валики высотой от 12 до 18 и шириной в основании от 45 до 60 см, которые ограничивают размер полосы и направляют движение воды орошения.

Расстояние между валиками делают кратным захвату сеялок. Чем меньше расстояние между валиками, тем легче распределить воду на поливной полосе, но тем труднее применить средства комплексной механизации и произвести уборку зерновых, сенокошение. При этом снижается коэффициент земельного использования. В последнее время получил распространение полив напуском по широким полосам с расстояниями между земляными валиками до 20–30 м. Предельно допустимую длину полосы при проектировании полива по полосам определяют по формуле [14]

$$l = \frac{q \cdot t \cdot 10000}{m}, \quad (1)$$

где q – расход воды на 1 м полосы, м³/с; t – время полива, с; m – поливная норма, м³/га.

Время полива t рассчитывают по формуле

$$t = \left(\frac{m}{10000 \cdot \kappa_0} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, \quad (2)$$

где α – показатель степени, зависящий от свойств почв (обычно равен от 0,2 до 0,6); κ_0 – средняя скорость впитывания влаги за первый час полива, м/с. Параметры α и κ_0 определяют экспериментально в полевых условиях процесса хода впитывания поливной нормы.

Длина полос полива находится в пределах от 150 до 200 м. В некоторых случаях длина полос достигает 400 м и более. Вода на полосу полива поступает из временного оросителя через выводную борозду.

Схема полива земель по полосам приведена на рис. 4.

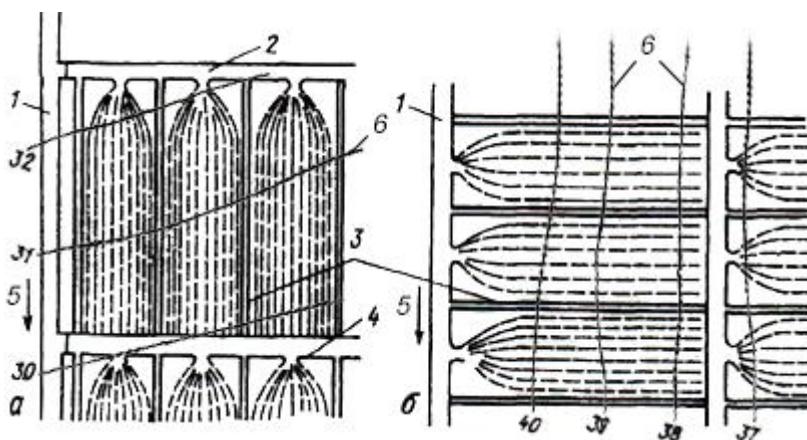


Рис. 4. Схема полива земель по полосам:

a – параллельно временным оросителям по уклонам склона поля менее 0,005; *b* – перпендикулярно временным оросителям при уклонах склона более 0,005; 1 – временный ороситель; 2 – выводная борозда; 3 – валик; 4 – поливная трубка, щиток или сифон; 5 – направление движение воды; 6 – 30–32; 37–40 горизонтали

Подачу воды на полосу при благоприятном рельефе местности производят *головным* напуском, а при сложном рельефе – *головным* и *боковым* напусками. Из выводной борозды вода поступает на полосу через сифоны или через небольшие земляные разъемы в валиках. Поливные полосы всегда устраивают пер-

пендикулярно или под углом, близким 90° к горизонталям. В зависимости от размеров полосы меняется общий расход поливного потока (струи), который складывается из удельных расходов. Удельным расходом поливной струи называют объем воды, подаваемый в одну секунду на один метр ширины полосы. Полив напуском по полосам выполняют после тщательной планировки поверхности. При этом поливальщик движется перед фронтом воды и мотыгой регулирует ее равномерное движение по полю. Подачу воды для полива заканчивают после того, как вода прошла $2/3$ длины полосы. Скорость движения воды при поливе по полосам не должна превышать $0,15$ м/сек на супесчаных, а также суглинистых и $0,30$ м/сек на глинистых почвах. Для юга России параметры поливных полос в зависимости от скорости впитывания воды в почву и уклона орошаемого участка приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры поливных полос в зависимости от скорости впитывания и уклона орошаемого участка (рекомендации ЮЖНИИГиМ)

Средняя скорость впитывания воды в почву с поверхности, мм/мин	Уклон орошаемого участка, доли единицы	Длина полосы, м	Удельный расход воды, л/с м
Свыше 1,5	0,002–0,004	250–300	8–6
	0,004–0,007	300–350	6–5
	0,007–0,010	350–400	5–4
От 1,5 до 3,0	0,002–0,004	200–250	10–8
	0,004–0,007	250–300	8–6
	0,007–0,010	300–350	6–5
Свыше 3,0	0,002–0,004	150–200	12–10
	0,004–0,007	200–250	10–8
	0,007–0,010	250–300	8–6

Из табл. 4 следует, что чем больше уклон поверхности, тем длиннее могут быть поливные полосы. Техника полива тесно связана с физическими свойствами почв, особенно с их водопроницае-

мостью. С увеличением скорости впитывания воды в почвы уменьшается длина поливных полос и увеличивается удельный расход воды. Полив по полосам не производят при уклонах, больших 0,020.

При поливе напуском по полосам, особенно при применении широких (до 20–25 м) и длинных (до 500 м) полос, получают сельскохозяйственную продукцию с минимальной себестоимостью. Однако этот полив (как и затопление) все же оказывает неблагоприятное влияние на физические свойства почв и их плодородие. Поэтому при его использовании возникает необходимость выполнения дополнительных работ и мероприятий по защите почв от деградации.

3.5.2. Полив по бороздам

Среди применяемых способов поверхностного полива земельных участков, способ полива земель по бороздам является наиболее совершенным. Он может быть использован для всех основных видов орошаемых почв и не требует выполнения значительных объемов планировочных работ. Полив по бороздам не вызывает такого интенсивного разрушения структуры почв, как полив по полосам. По сравнению с другими видами поверхностного полива он наиболее экономичный в отношении расхода воды, поскольку позволяет применять значительно меньшие поливные нормы. Его отрицательные особенности заключаются лишь в том, что при поливе слабосолончаковых почв на гребень поливной борозды по капиллярам может перемещаться некоторое количество легкорастворимых солей, приводящих к засолению.

Полив по бороздам применяют для орошения пропашных культур (овощных, хлопчатника, кукурузы), плодовых насаждений и виноградников. Различают глубокие и мелкие, проточные и тупиковые, затопляемые и незатопляемые поливные борозды. Наиболее распространенными являются проточные борозды, в которые вода при движении впитывается в почву. При достижении водным потоком конца борозды вся заданная поливная норма должна впитыв-

ваться в почву без сброса. Полив по проточным бороздам со сбросом обычно применяют в горных районах при больших уклонах поверхности в пределах от 0,030 до 0,050. В этом случае вода, поданная в голову борозды, протекает по ней полностью и поступает на сброс, не задерживаясь в конце. Затем она перехватывается выводной бороздой и используется для полива почвы на участке, расположенном ниже. Такие поливы по *проточным бороздам* со сбросом воды используют на почвах с неразвитым или укороченным почвенным профилем, с близким от поверхностей залеганием галечников. В этом случае применяют мелкие борозды.

Полив по *тупиковым затопляемым бороздам* производят на суглинистых почвах с низкой водопроницаемостью, где невозможно впитывание поливной нормы за время движения воды по борозде. Полив по тупиковым затопляемым бороздам применим на участках с малыми (менее 0,005) уклонами поверхности земельных участков, и это мероприятие позволяет равномерно увлажнять почву и исключает возможность переполнения нижних частей поливной борозды. При поливе по бороздам вода из временного оросителя поступает в выводную (секционную) борозду и затем из нее через переносные сифоны или трубки поступает в борозду.

Подача воды в борозды сифонами из оросителя приведена на рис. 5.

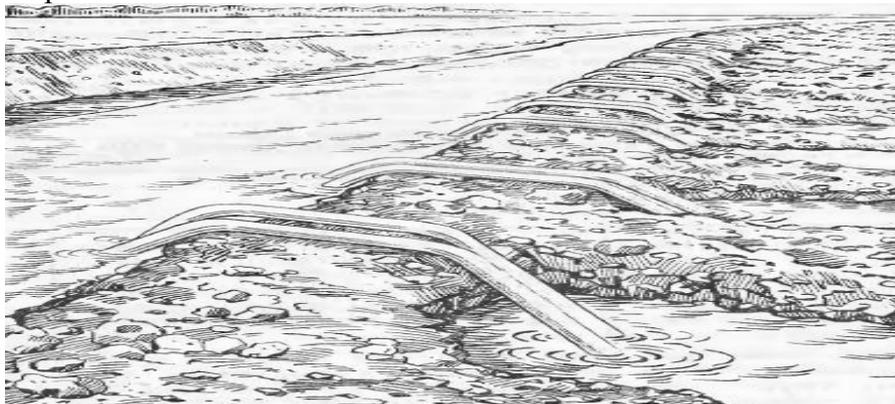


Рис. 5. Подача воды сифонами из оросителя в поливные борозды

Применяют две схемы расположения борозд и временных оросителей – продольную и поперечную. При продольной схеме временный ороситель располагают вдоль поливных борозд, при поперечной – перпендикулярно поливным бороздам.

Схема временной оросительной сети поливом по бороздам приведена на рис. 6.

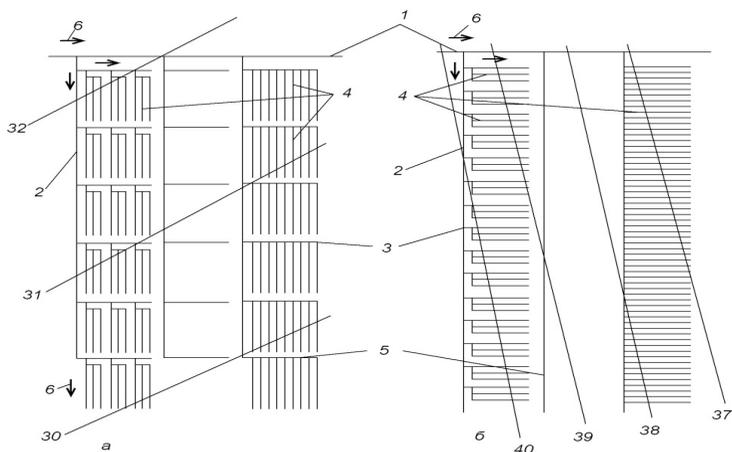


Рис. 6. Схема расположения временной оросительной сети поливом по бороздам: а – продольная; б – поперечная; 1 – распределительные каналы; 2 – временные оросители; 3 – распределительные борозды; 4 – поливные борозды; 5 – выводные борозды; 6 – направление движения воды; 30–32, 37–40 – горизонталы

Вода в борозды как в первом, так и во втором случаях поливов поступает из выводных борозд. Применение этих схем зависит от уклона поверхности. Обе схемы применяют при уклонах в пределах от 0,005 до 0,010. При уклонах менее 0,005 временные оросители при бороздовом поливе применяют по продольной схеме. Оптимальный уклон временных оросителей находится в пределах от 0,001 до 0,005.

Длина поливных борозд находится в прямой зависимости от уклона поверхности орошаемого земельного участка. В табл. 4 приведены данные по расходу воды в поливных бороздах

в зависимости от скорости впитывания воды в почву, уклона склона орошаемого участка и длины поливной полосы [14].

Таблица 4

Расход воды в поливных бороздах в зависимости от скорости впитывания воды в почву, уклона склона орошаемого участка и длины поливной полосы

Средняя скорость впитывания воды с поверхности в почву, мм/мин	Уклон орошаемого участка, доля единицы	Длина поливной полосы, м	Расход воды в борозде, л/с
Менее 1,5	0,002–0,004	250–300	1,5–1,2
	0,004–0,007	300–350	1,2–0,8
	0,007–0,010	350–400	0,8–0,5
От 1,5 до 3,0	0,002–0,004	200–250	1,5–1,2
	0,004–0,007	250–300	1,2–1,0
	0,007–0,010	300–400	1,0–0,8
Более 3,0	0,002–0,004	120–200	2,0–1,5
	0,004–0,007	200–250	1,5–1,2
	0,007–0,01	250–350	1,2–1,0

Глубина поливных борозд определяется следующими условиями. Мелкие борозды устраивают на глубину от 15 до 20 см, а их ширину по верху назначают в пределах от 30 до 45 см. Мелкие борозды применяют для культур с узкими междурядьями и при ленточных посевах в пахотных горизонтах легких почв с хорошей водоотдачей. Глубокие борозды глубиной от 20 до 30 см и шириной от 45 до 60 см прокладывают в почвах с низкой водоотдачей, и они рассчитаны на большой объем заполнения. Расстояние между бороздами обусловлено шириной междурядий возделываемых культур и физическими свойствами почв. Для равномерного увлажнения ведут полив таким образом, чтобы в почвах произошло смыкание контуров промачивания.

Контуром промачивания называют ореол увлажнения поливной нормой верхних слоев почвенного профиля в плоскости, нормальной к оси борозды.

Схема контуров промачивания почв приведена на рис. 7.

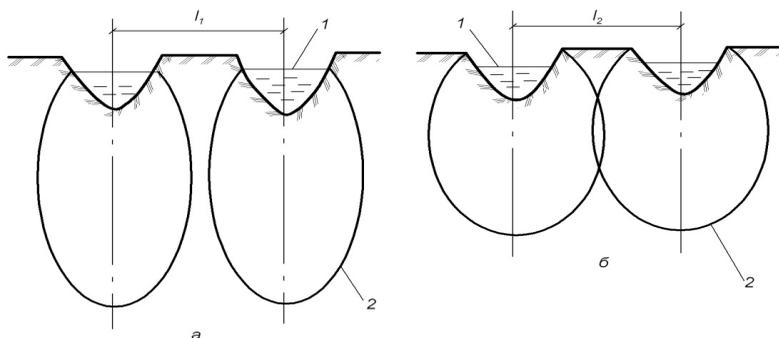


Рис. 7. Схема контуров промачивания легких (а), средних и тяжелых (б) почв при поливе по бороздам (l_1, l_2 – расстояние между осями борозд):
1 – борозда; 2 – контур промачивания почв.

Ореол контура промачивания устанавливают путем непосредственного определения его элементов в полевых условиях. Его устанавливают после нормированного увлажнения почвы при поливе по бороздам. Если наблюдения опытов показывают отсутствие смыкания контура промачивания, то расстояние между осями борозд уменьшают. В легких и структурных тяжелых почвах при поливе по бороздам происходит более глубокое промачивание профиля. Расстояния между осями борозд в легких почвах устраивают меньше, чем на почвах тяжелого гранулометрического состава. При поливе по бороздам примерно 35 % площади орошаемой территории увлажняется в результате непосредственного соприкосновения ее с водой, а 65 % – за счет капиллярного перемещения воды в почве. Площади, орошаемые по бороздам, характеризуются большим коэффициентом земельного использования, чем орошаемые напуском по полосам.

3.5.3. Полив затоплением

Полив земельных участков затоплением является наиболее древним способом орошения. Его применяют для возделывания тех культур, которые способны выносить кратковременное затопление. Кроме того, такой полив используют для влагозарядки, промывки почв от солей. Полив затоплением применяют при возделывании риса с использованием лиманного орошения.

Преимущество полива земель затоплением заключается в его простоте, высокой производительности, а также в том, что он обеспечивает равномерное покрытие поверхности почвы водой (за исключением затопления почвы при лиманном орошении). При поливе засоленных почв затоплением соли равномерно оттесняются в глубокие слои почвенного профиля.

Очевидны и отрицательные стороны этого вида полива. При поливе затоплением применяют высокие поливные нормы, что обуславливает возможность быстрого подъема уровня грунтовых вод. Кроме того, затопление вызывает в поверхностных горизонтах профиля анаэробные процессы и увеличивает подвижность органического вещества, разрушение почвенной структуры, коркообразование, слитизацию и другие неблагоприятные явления.

Полив затоплением осуществляют по чекам или по обвалованным участкам. Площадь чека составляет от 1 до 50 га. Вода, поступившая в чек из выводной борозды временного оросителя, заполняет его слоем толщиной от 10 до 25 см. Такой полив возможен после выполнения тщательных планировочных работ. Неровности рельефа исключают возможность равномерного затопления земельных участков, обуславливают застой воды в понижениях после окончания полива и вымокание культур. Поэтому на поле при затоплении не допускается перепад высотных отметок более чем на 20–30 см. Вода в чеки подается из временных оросителей через распределительную борозду. Каждый чек обслуживает одна такая борозда. При поливе расходуются значительные удельные объемы воды. Так, при поливе затоплением

чеков площадью 4–5 га удельный расход воды составляет от 20 до 40 л/с га. При площади чека от 15 до 20 га удельный расход увеличивается до 80 л/с га, а при 40–50 га – до 150 л/с га.

3.6. Дождевание

3.6.1. Система дождевания

Дождевание земель относят к способу полива растений и территорий земельных участков с применением специальных дождевальных машин или агрегатов, обеспечивающих равномерное поступление оросительной воды на поверхность почвы в виде искусственного дождя. Путем дождевания производят вегетационные и освежительные поливы [30].

В последние годы повсеместно отмечается прогрессирующее распространение именно этого способа орошения. Так, в 1965 г. доля дождевания земель в России не превышала 7 % от всех способов орошения. В настоящее время дождеванием поливают более 50 % орошаемых земель.

В мелиоративной практике дождевание стало широко применяться относительно недавно. В России впервые оно было применено инженером Аристовым в 1875 г. Затем в области дождевания начался период разносторонних исследований. Так, в конце 30-х годов XX века инженер М.С. Яншин разработал конструкцию двуконсольного дождевального агрегата, массовое серийное производство которого было организовано в конце 40-х – начале 50-х годов XX века. Эта удачная конструкция полностью механизированного дождевального агрегата, смонтированного на тракторе с модификациями, успешно эксплуатируется до настоящего времени. Одновременно разрабатывались и внедрялись в производство весьма разнообразные конструкции других дождевальных агрегатов, машин и установок [14].

В систему дождевания входят: насосно-силовое оборудование; водоподводящие, распределительные и поливные трубы;

дождевальные аппараты и машины. Системы дождевания по своему действию и принципу работы делят на стационарные, полустационарные и передвижные [31].

В стационарных системах все элементы, кроме дождевальных аппаратов, занимают стационарное неподвижное положение. Такие системы используют в парниках и теплицах, а также для орошения горных склонов, на участках выращивания высокорентабельных сельскохозяйственных культур.

На таких системах дождевания широко применяют средства автоматики. В специальных колодцах устанавливают самопогружающиеся дальнеструйные установки, откуда вода напором поднимается для полива. На автоматизированных стационарных системах устанавливают короткоструйные, среднеструйные и дальнеструйные машины и установки. Такие системы создают наиболее благоприятные условия для регулирования влажностного режима почв.

Полустационарные дождевальные системы также получили широкое применение в практике дождевания. На этих системах насосные станции, хозяйственные и участковые распределители, групповые оросители (или трубопроводы) устраивают постоянными, оросители и транспортирующие трубопроводы – временными, а дождевальные устройства – самоходными или переносными.

В передвижных системах все их элементы в процессе полива перемещаются. Например, закончив подачу воды на одной позиции, насосная станция перевозится вместе с трубопроводами на другую, где она подает воду в переносные или передвижные дождевальные установки или машины. Такие системы устанавливают на небольших земельных участках, занятых пастбищами, овощными культурами, где нет необходимости в больших расходах поливочной воды.

3.6.2. Виды дождевания и дождевальных оросительных систем

Различают обычное и импульсивное дождевание.

Обычное дождевание характеризуется тем, что воду на поля подают в виде непрерывного капельного дождя, насыщающего влагой расчетный слой почвы на глубину от 0,4 до 0,6 м до значений верхнего предела оптимальной влажности (0,9 ВПВ) и одновременно увлажняющего приземный слой воздуха.

Импульсивное дождевание отличается от обычного *циклическостью* подачи воды в виде капельного дождя. Оно предназначено для освежительного увлажнения растений и поверхностного слоя почвы. Импульсивное дождевание является разновидностью полива почв дождеванием.

Синхронное импульсное дождевание – это одно из новых, прогрессивных технологических направлений в дождевании для получения максимального рассредоточения поливного тока. Отличительная особенность этого способа – подача воды на орошаемый участок на протяжении всей вегетации в полном соответствии с водопотреблением тех или иных сельскохозяйственных культур. Это дождевальное мероприятие достигается за счет максимального рассредоточения поливного тока по системе и значительного (30 м и более) радиуса действия дождевателей при небольших (до 0,1 л/с) расходах воды.

Синхронно-импульсные аппараты работают одновременно на всей поливной площади земельного участка в режиме непрерывно чередующихся пауз, образующихся в гидропневмоаккумуляторах накопления и периодов выплеска воды под действием сжатого воздуха. Для обеспечения подачи воды в объемах, соответствующих водопотреблению сельскохозяйственных растений, установленная продолжительность пауз накопления может быть в 50–200 раз дольше периодов выплеска воды. Средняя интенсивность дождя при этом составляет от 0,01 до 0,02 мм/мин.

Оросительная *сеть импульсного дождевания* состоит из насосной станции, распределительных стальных труб диаметром от 50 до 80 мм, поливных полиэтиленовых импульсных дождевателей, средств управления и при необходимости подкормщика.

Дождевальная оросительная система состоит из:

- источника орошения;
- постоянных и передвижных насосных установок;
- постоянной сети каналов и трубопроводов;
- временной сети каналов или быстроразборных транспортирующих трубопроводов;
- стационарных и передвижных дождевальных устройств с системой разбрызгивающих аппаратов.

Оросительная сеть может быть:

- *открытой*, если она состоит только из земляных и (или) бетонированных каналов и лотков;
- *полузакрытой*, если крупные земляные или бетонированные каналы являются открытыми, а внутрихозяйственная сеть, из которой дождевальные машины и установки забирают воду, состоит из закрытых трубопроводов;
- *закрытой*, когда вся оросительная сеть состоит из закрытых трубопроводов.

3.6.3. Требования к дождеваниям

Качество дождя характеризуют его интенсивностью, диаметром дождевых капель, равномерностью полива и силой удара капель о почву и на растения. Чем меньше диаметр капель и интенсивность дождя, тем меньше они разрушают почву, тем лучше почвой впитывается вода, создавая условия аэрации во время полива. И, наоборот, при крупных каплях и большой интенсивности дождя структура почвы сильно разрушается, на поверхности поля быстро образуются лужи и водостоки, а после полива – почвенная корка. Скорость впитывания воды в почву при дождевании становится меньше, чем при поверхностном поливе. Качество дождя также характеризуют коэффициентом равномерности полива, который определяют по формуле

$$K_p = \frac{h_{cp}}{h_{max}}, \quad (3)$$

где h_{cp} – средний слой дождя, мм/мин; h_{max} – максимальный слой дождя, мм/мин.

Коэффициент равномерности полива K_p должен иметь значение не менее чем 0,7.

При поливе дождеванием интенсивность дождя не должна превышать скорости впитывания воды в почву, а также, чтобы не повреждались соцветия, завязи и листья растений. При этом учитывают тип орошаемых почв. Так, при поливе дождеванием тяжелых почв она должна быть не более 0,06–0,15, средних – 0,10–0,25 и легких – в пределах от 0,15 до 0,45 мм/мин. Оптимальная интенсивность дождя определяется значением от 0,06 до 0,15 мм/мин. Диаметр капель дождя не должен превышать 1–2 мм.

Одно из основных требований к дождеванию заключается в том, чтобы при поливе на поверхности орошаемых земельных участков не происходило образования луж и не формировался водосток. Поэтому интенсивность дождя должна зависеть от водопроницаемости почв. Эта взаимосвязь обусловлена тем, что при величинах интенсивности дождя большей, чем водопроницаемость почв, происходит застой влаги на их поверхности, в них возникают анаэробные (жизнь без участия кислорода воздуха) явления, происходят слитизация и другие неблагоприятные почвенные процессы. Если интенсивность дождя становится ниже значений водопроницаемости почв, то в этом случае неоправданно затягивается время их полива. Интенсивность полива тесно связана с величиной уклона поверхности склона, степенью защиты его растительностью, гранулометрическим составом почв. Значения величин по допустимой интенсивности дождевания в зависимости от вида орошаемых почв, уклона склонов

рельефа и защищенности их растительностью, по данным фирмы «Skinner» [31], приведены в табл. 5.

Таблица 5

Величина допустимой интенсивности дождевания, q , мм/мин

Вид почвенного грунта на терри- тории орошения	Интенсивность дождевания территорий на склонах, защищенных и не защищенных растительным покровом							
	уклон склона земельного участка, %							
	0–5		5–8		8–12		более 12	
	защищенного	незащищенного	защищенного	незащищенного	защищенного	незащищенного	защищенного	незащищенного
Крупный песок однородный	0,85	0,85	0,86	0,64	0,64	0,44	0,42	0,21
Крупный песок с компактным подстиланием	0,74	0,64	0,53	0,42	0,42	0,32	0,32	0,19
Легкая супесь однородная	0,64	0,42	0,53	0,34	0,42	0,05	0,32	0,17
Легкая супесь с компактным подстиланием	0,53	0,32	0,52	0,21	0,32	0,17	0,21	0,13
Суглинки одно- родные	0,42	0,10	0,34	0,17	0,25	0,13	0,17	0,09
Суглинки с компактным подстиланием	0,25	0,13	0,21	0,11	0,17	0,07	0,13	0,04
Тяжелые суглин- ки и глины	0,09	0,07	0,07	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03

Численные значения величин данных таблицы показывают существенное снижение допустимой интенсивности дождевания с увеличением крутизны (уклона) склона и тяжести почв. Так, увеличение крутизны склона от 1 до 12 % требует снижения интенсивности дождя в 4 раза для полива песчаных почв, а изменение тяжести почв по гранулометрическому составу от песчаных до тяжелых суглинков и глин – в 10 и более раз.

Важное значение для оценки качества дождя имеет размер его капель. Оно определяется следующими факторами [24]:

- деформациями дождевального факела под воздействием ветра;
- потерями на испарение и сносом ореола дождя ветром;
- безопасностью для почв;
- возможностью вторичного использования сточных вод;
- снижением инфильтрационной способности почвы в связи с ее уплотнением при поливах;
- способностью влаги проникать в толщу корнеобитаемого почвенного покрова.

Дальность уноса ветром капель дождя в зависимости от их диаметра приведена в табл. 6.

Таблица 6

Дальность уноса ветром капель дождя в зависимости от размера капли и вида дождя

Диаметр капли, мм	Вид дождя	Дальность уноса ветром капель дождя, м
1,00	Умеренный	1,5
0,50	Слабый	2,5
0,30	Мелкий	4,0
0,20	Очень мелкий	5,0
0,10	Туман (водная пыль)	15,0
0,03	Облако	145,0

Мелкие капли проникают в гущу ботвы и травостоя значительно легче, чем крупные, и благодаря чему облегчается доступ воды и содержащихся в ней питательных веществ к растениям. При поливе дождеванием происходит уплотнение почв и снижение их фильтрационной способности. Действия этих процессов зависят от силы удара капель, которая определяется их массой и скоростью. Крупные капли ударяются о почву с большей кинетической энергией, чем мелкие. Эти факторы почти не проявляются на участках защищенных плотным травяным покровом, но оказывают существенное значение при выпадении дождя на незащищенную растительным покровом почву. Вместе с тем дождевой факел с большим содержанием мелких капель размером менее 1 мм – водяная пыль, очень восприимчив к изменению направления ветра.

Таким образом, дождевание является наиболее совершенным и перспективным способом полива почв. Оно имеет следующие преимущества по сравнению с поверхностным поливом:

1. Возможность применения средств механизации и автоматизации полива.

2. Поливная норма воды регулируется более точно и в широких пределах (от 30–50 до 300–800 м³/га и более), что позволяет создавать водно-воздушный режим почвы, близкий к оптимальному и регулировать глубину промачивания почвы.

3. Позволяет регулировать процесс орошения строго нормированными и, при необходимости, малыми дозами воды.

4. Дождевание позволяет сочетать полив и подкормку растений, производить внесение в почву ядохимикатов и применять дефолиацию растений (искусственный листопад) перед уборкой урожая.

5. На хорошо водопроницаемых почвах для полива дождеванием не требуется производить работы по тщательной планировке поверхности земельного участка.

6. Обеспечивает возможность применения освежительных поливов.

7. Обеспечивает возможность регулирования частоты подачи воды на орошаемое поле и полива растений в соответствии с суточным дефицитом влажности почвы.

8. Возможность полива земельных участков с крутыми уклонами склонов и со сложным микрорельефом.

9. Обеспечивает забор воды из открытых каналов и лотков, а также из закрытой водоподающей сети.

10. Исключаются работы по устройству в почвах валиков, поливных и выводных борозд.

11. Улучшаются условия применения механизации посевов, посадки, обработки и уборки сельскохозяйственных культур.

12. Улучшаются микроклимат и развитие корневой системы растений, активизируются процессы ассимиляции (усвоение питательных веществ), повышаются плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур.

13. Запланированный урожай сельскохозяйственных культур достигается при 15–30 %-х меньших расходах воды, чем при поверхностном орошении.

К недостаткам полива дождеванием относят:

1. Высокую металлоемкость на изготовление дождевальных машин, установок, труб и аппаратуры, составляющих от 40 до 100 кг на один гектар.

2. Большую энергоемкость процесса дождевания, составляющую в пределах от 40 до 100 кВт на один полив при расходе воды до 300 м³/га.

3. Невозможность глубокого промачивания тяжелых типов почв при высокой интенсивности дождя без образования луж и поверхностного водостока.

4. Нецелесообразность использования дождевания на тяжелых типах почв в условиях сухого и жаркого климата.

5. В ветреную погоду возникает неравномерный и неоднородный полив территории земельных участков и снос ореола дождя ветром за пределы орошаемого участка.

6. При применении повышенных поливных норм на поверхности почвы образуются лужи и возникает поверхностный сток, а на крутых склонах – эрозия.

7. В аридных (жарких и сухих) районах и в зоне сухих степей при подаче небольших (от 300 до 400 м³/га) поливных норм не происходит глубокое промачивание почвы. При этом возникает необходимость резкого увеличения числа последовательных поливов и как следствие – повышение затрат энергии, удорожание процесса орошения и рост себестоимости сельскохозяйственной продукции.

8. Существенным недостатком дождевания является также и то, что его нельзя использовать для влагозарядки и для промывки засоленных почв. Полив полей дождеванием даже с небольшой минерализацией воды, особенно когда выполняют частые орошения, может вызвать интенсивное засоление или осолонцевание почв. Это явление происходит потому, что после каждого полива и интенсивного испарения в самых поверхностных слоях почвы накапливаются и сохраняются водорастворимые соли. Поэтому в сухостепной и аридной зонах дождевание сочетают с поверхностным орошением.

3.6.4. Аэрозольные и капельные поливы

Разновидностью полива дождеванием является *мелкодисперсное* дождевание (аэрозольное увлажнение). Это один из основных способов орошения, начинающих получать широкое применение за счет достижения эффективного увлажнения и регулирования микроклимата приземного слоя воздуха. Сущность этого способа заключается в периодическом смачивании листовой поверхности растений мелкодиспергированной водной пылью с диаметром капель не более 500 мкм. В этом случае капли не скатываются с листа на почву, а испаряются, охлаждая при этом лист и воздух. Такие поливы выполняют, когда на поливной территории температура воздуха превышает физиологиче-

ски оптимальную для развития растений норму. Поливы аэрозольным способом осуществляют всеми типами опрыскивателей, в том числе такими, как и при борьбе с вредителями и болезнями растений.

Стационарные системы мелкодисперсного дождевания состоят из насосной станции, сети трубопроводов и мачт высотой от 9 до 25 м, на которых монтируют распыливающие форсунки.

Мелкодисперсное орошение в жаркие годы при незначительных расходах оросительной воды существенно активизирует ход процесса фотосинтеза растений и повышает их урожайность.

Капельные поливы применяют в случаях продолжительной засухи для орошения на земельных участках открытого или закрытого грунта. Особенно эффективно этот способ полива растений применяют на крутых склонах рельефа.

По таким склонам от куста к кусту или от комля одного дерева к комлю другого прокладывают гибкие хлорвиниловые или другие виды гибких шлангов. Шланги для капельного полива корневой системы растений оборудуют специальными капельницами или, например, обычными отверстиями. Такие шланги укладывают вдоль склона по рядам высаженных растений вплотную к их корневым шейкам. Корневая система деревьев при надежном капельном поливе хорошо обеспечивает устойчивость склона.

Капельное орошение широко применяют в южных странах с низкой обеспеченностью водными ресурсами, преимущественно на незасоленных и слабозасоленных почвах.

Несомненным преимуществом капельного орошения является экономное и строго направленное расходование воды на увлажнение корневой ризосферы растений, возможность применения автоматизации полива, нецелесообразность проведения значительных планировочных работ, возможность подачи к корнеобитаемой зоне поливной воды с необходимыми элементами питания.

Капельное орошение имеет ряд недостатков. Один из наиболее существенных недостатков этого вида полива связан с возможностью быстрого выхода из строя капельниц в результате закупорки (заилиения) их отверстий. При капельном орошении возникает необходимость в проведении более тщательного контроля за режимом влажности почв корнеобитаемых горизонтов. Также при капельном орошении в результате капиллярного влагопереноса по периферии контура увлажнения возможны накопление водорастворимых солей и вторичное засоление почвы. При капельном орошении происходит поверхностное развитие корней древесных растений и ветровалы в случаях сильных порывов ветра. Схема системы капельного орошения земельного участка приведена на рис. 8 [14].

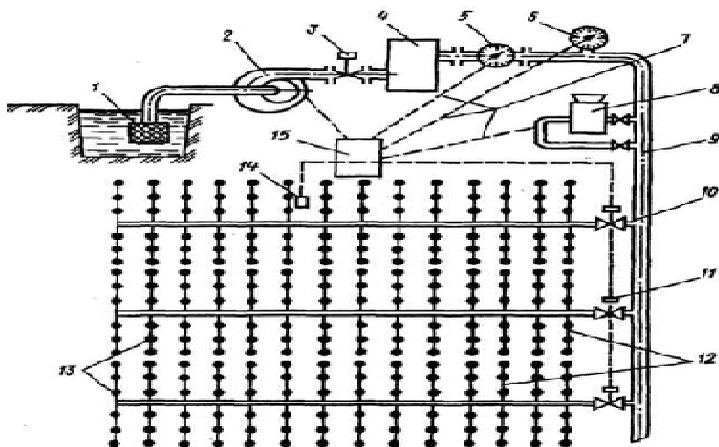


Рис. 8. Схема системы капельного орошения земельного участка:

- 1, 2 – водозаборный и напорообразующий узлы; 3 – головная задвижка; 4 – фильтр; 5 – водомерное устройство; 6 – манометр; 7 – каналы связи; 8 – устройство для подачи удобрений в поливную сеть; 9 – магистральный трубопровод; 10 – распределительный трубопровод; 11 – дистанционно управляемая задвижка; 12 – поливные трубопроводы; 13 – капельницы; 14 – датчики необходимости полива; 15 – пульт управления

Система капельного орошения (см. рис. 8) состоит из: контрольно-распределительного блока (КРБ-насос, фильтр, манометры), который устанавливают перед и за фильтром; регулятора расхода и давления воды; бака-смесителя удобрений; инжектора для впрыскивания раствора удобрений); магистрального трубопровода; распределительных трубопроводов различного порядка, отводов от полевых трубопроводов и капельниц (или дозаторов). Системы капельного орошения работают при небольшом напоре (до 30 м). Такой напор создается центробежными насосами.

Вся оросительная система и капельницы защищаются от засорения фильтрами, через которые пропускают воду. Для борьбы с водорослями, забивающими отверстия капельниц, в воду добавляют медный купорос (1 мг/л), который ингибирует (препятствует) развитию альгофлоры (водоросли). В капельных оросительных системах используют трубопроводы небольших диаметров, обычно 12–19 или 25 мм. Диаметр отверстий капельниц не превышает 2 мм. Применяют различные конструкции капельниц и приспособлений для их прочистки и аэрации почв. В систему также подают компрессорами сжатый воздух.

В зависимости от принятого режима подачи воды в почву системы капельного орошения снабжаются капельницами мелкоструйного или периодического порционного истечения.

Системы капельного орошения по характеру использования применяют *стационарными* и *односезонного* использования, а по виду размещения систем на орошаемой территории – *наземными*, *надземными* и *подземными*.

Стационарные капельные оросительные системы используют главным образом для полива многолетних сельскохозяйственных культур, реже – для однолетних.

Капельные оросительные системы широко внедряются в ирригационную отечественную и зарубежную практику. По сравнению с дождеванием капельное орошение для получения сопоставимых урожаев сельскохозяйственных культур расходует на 50–

80 % меньше поливной воды. Эффективность поливов достигается за счет снижения потерь на фильтрацию и испарение воды. В этих условиях отсутствует угроза ирригационной эрозии. Капельное орошение позволяет использовать в орошаемом земледелии слаборазвитые почвы с близким залеганием галечника или малоплодородные пески.

3.6.5. Дождевальные устройства

Конструкция, создающая искусственный дождь, называется *дождевальным устройством*. Дождевальным устройством могут быть дождевальные агрегаты, машины, установки, насадки (или аппараты).

Дождевальным агрегатом называется устройство, состоящее из самоходной опоры (нескольких опор) и смонтированных на ней дождевальной установки и насоса.

Дождевальная машина – устройство, состоящее из самоходной опоры (нескольких опор) и смонтированной на ней дождевальной установки. Напор воды для работы дождевальной машины создается автономной насосной станцией.

Дождевальной установкой называют дождевальное устройство без самоходных опор. Вода к дождевальным установкам подается насосными станциями по трубам напорной оросительной сети.

Дождевальной насадкой (или дождевальным аппаратом) является дождевальное устройство, состоящее только из распыляющего приспособления (сопла, вспомогательные сопла и др.), которое монтируют на гидранте. Примером такой насадки является дождевальная насадка «Роса».

Вид дождевальной насадки «Роса-2» приведен на рис. 9. Дождевальную насадку устанавливают на гидрант. Гидрант – это устройство для отбора воды из трубчатой оросительной водопроводной сети. Вид гидранта, оборудованного насадкой «Роса-2», приведен на рис. 10.



Рис. 9. Дождевальная насадка «Роса-2»

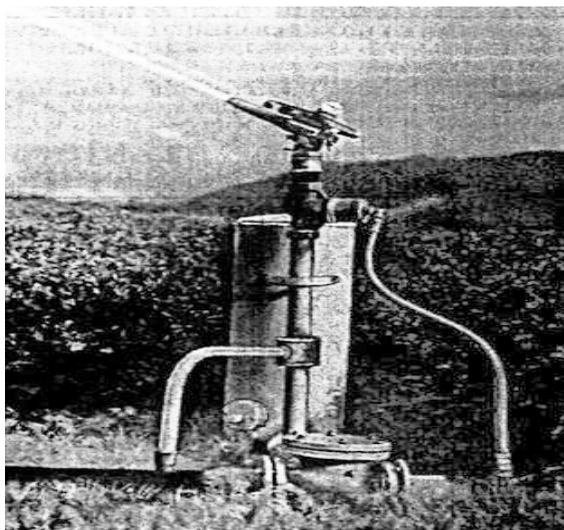


Рис. 10. Гидрант и дождевальная насадка «Роса-2»

Дождевальные устройства по радиусу разбрызгивания капель воды подразделяются на короткоструйные с радиусом разбрызгивания до 10 м, среднеструйные с радиусом от 10 до 40 м и дальнеструйные с радиусом свыше 40 м. Наиболее распространенным является гидрант с радиусом разбрызгивания воды от 50 до 70 м. Короткоструйные устройства относят к низконапорным; среднеструйные – к средненапорным; дальнеструйные – к высоконапорным.

Широкое применение получили короткоструйные двухконсольные дождевальные агрегаты ДДА-100М, ДДА-ЮОМА. Они применяются для полива всех видов сельскохозяйственных культур, кроме садов. На трактор навешивается двухконсольная ферма длиной 110,3 м, на нижнем поясе которой находится оросительный трубопровод. Через каждые 10 м трубопровода установлены открьлки с распылительными диффлекторными насадками.

Схема работы двухконсольного дождевального короткоструйного агрегата приведена на рис. 11.

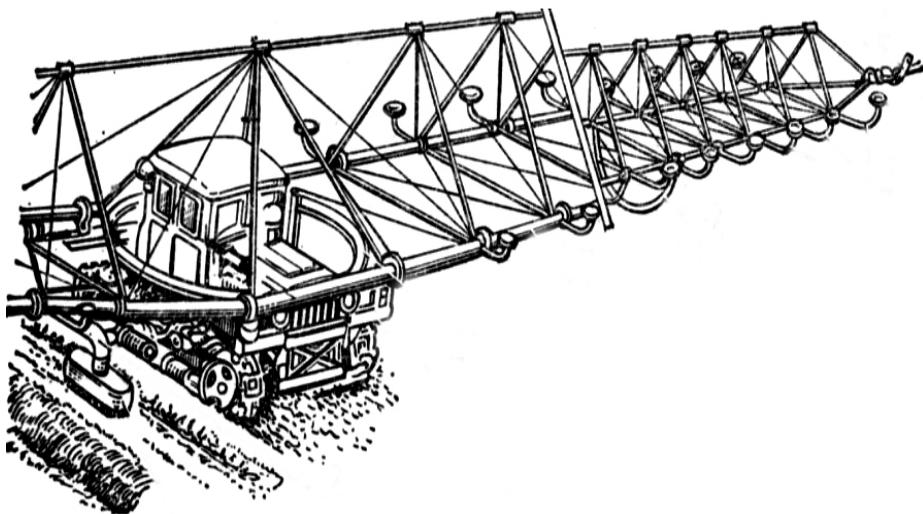


Рис. 11. Двухконсольный дождевальный короткоструйный агрегат ДДА-100МА

Радиус действия каждой насадки равен 5 м. Двухконсольная ферма навешивается на трактор, снабженный водяным насосом. Агрегат работает позиционно и в движении. За смену (8 ч) агрегат ДДА-100М при поливной норме 300 м^3 орошает 6–7 га, за сезон – от 100 до 120 га, а агрегат ДЦА-ЮОМА соответственно – от 120 до 150 га [14].

Вода в агрегат для полива центробежным насосом, смонтированным на тракторе, подается из временных оросителей, расположенных на расстоянии 120 м друг от друга. Оросители (земляной канал или бетонный лоток) имеют длину от 400 до 800 м, глубину – около 1 м, ширину по дну от 0,5 до 0,6 м. На земельных участках с малыми уклонами (0,0010–0,0005) склона их располагают под прямым уклоном к горизонталям, а при больших уклонах – под углом к горизонталям. Трактор дождевального агрегата обычно движется по грунтовой дороге, проложенной грейдером с левой стороны от оросителя. Скорость движения агрегата находится в пределах от 200 до 1000 м/ч. Средний слой дождя за один проход составляет от 7 до 20 мм с соответствующими расходами от 70 до $200 \text{ м}^3/\text{га}$. Агрегаты ДДА-ЮОМ и ДЦА-ЮОМА после некоторой модификации могут быть использованы для поверхностного полива по полосам и бороздам. В этом случае дождевальные насадки на консолях агрегата заменяют на шланговые водовыпуски. Такая замена может оказаться весьма целесообразной и при поливах в ветреную погоду. Дождевальный агрегат ДДА-ЮОМ используют для полива низкостебельных овощных, зерновых, технических культур и трав на участках с уклоном i до 0,0050.

Дождевание территорий выполняют машинами, установками, аппаратами разделенными по силе дождевой струи на следующие группы: среднеструйные дождевальные машины и установки – А, дальнеструйные дождевальные агрегаты – Б и синхронно-импульсные дождеватели – В.

Среднеструйные дождевальные машины и установки (А). Представляют собой перемещающийся по кругу трубопро-

вод на А-образных колесных опорах-тележках. В центре круга находится гидрант, из которого вода поступает в трубопровод. Последний располагается на высоте 2,2 м и покоится на 12 – 16 (в зависимости от модификации машины) самоходных тележках. На каждой такой тележке находится секция трубопровода длиной 28 м. Такие установки используют в различных природных условиях и выпускают более чем в десяти модификациях.

Схема среднеструйной многоопорной самоходной дождевой установки приведена на рис. 12.

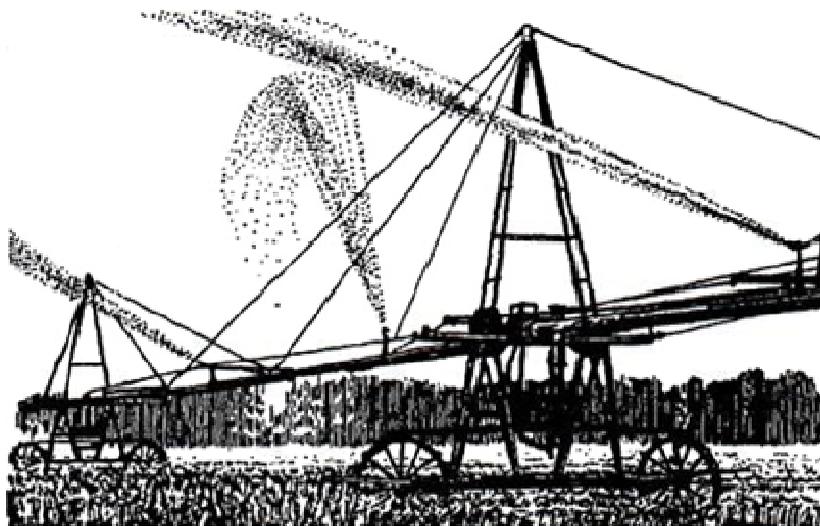


Рис. 12. Самоходная дождевальная среднеструйная многоопорная машина «Фрегат»

Базовая модель такой дождевальной машины имеет длину трубопровода 453,5 м, установленного на 16 опорных тележках. Расход воды 90 л/с, площадь полива с одной позиции – 72 га, радиус полива – 488 м. Площадь полива за смену от 4,5 до 5,0 га. Интенсивность дождя составляет от 0,2 до 0,3 мм/мин. На водопроводящем 16-опорном трубопроводе расположено 49 среднеструйных аппаратов и один концевой с радиусом действия

30–35 м. Машина может обеспечить орошение поливными нормами от 240 до 1200 м³/га. В зависимости от размера поливной нормы время перемещения трубопровода по кругу может колебаться от 50 до 250 ч и более. Движение машины осуществляется за счет реактивной силы поливной струи. Поскольку полив осуществляется по кругу, то часть территории поля до 12 % остается неполивной. Для устранения этого недостатка применяют одновременный полив поля самоходной дождевальной машиной «Фрегат» и машиной фронтального действия «Волжанка» или другими дождевальными устройствами.

«Фрегат» применяют для полива всех сельскохозяйственных культур, в том числе и высокостебельных, а также для орошения сенокосов и пастбищ. Преимуществом этой дождевальной машины является и то, что на водопроводящем трубопроводе ее модификации ДМУ-А имеются специальные гибкие вставки, позволяющие вести эксплуатацию установки на участках со сложным рельефом.

Самоходный многоопорный дождевальный трубопровод «Волжанка» (ДКШ-64) состоит из двух водопроводящих трубопроводов (крыльев) диаметром 130 мм и длиной по 396 м, монтируемых из отдельных звеньев труб длиной 12,6 м.

Схема самоходной дождевальной многоопорной фронтальной установки приведена на рис. 13.

Подачу воды в установку осуществляют через гибкие шланги из гидрантов оросительной сети, отстоящих друг от друга на 18,3 м.

На каждом крыле этой дождевальной машины расположено по 32 среднеструйных дождевальных аппарата кругового действия с диаметром сопла 8 мм. Расход воды каждого аппарата составляет от 0,9 до 1,0 л/с. Каждое крыло «Волжанки» в центре имеет тележку с двигателем внутреннего сгорания, который приводит в движение 34 металлических колеса, жестко закрепленных на трубе трубопровода. За счет энергии двигателя «Волжанка» перемещается с одной позиции на другую. С одной позиции машина поливает 1,5 га. Длина дождевальной машины и расход во-

ды в ней могут варьировать в зависимости от числа подключенных трубок секций. Расход воды при работе двух крыльев составляет 64 л/с. Средняя интенсивность дождя составляет от 0,25 до 0,30 мм/мин. Одна оросительная машина «Волжанка» может полить за смену от 4 до 5 га, а за сезон оросить площадь, равную от 70 до 100 га. Один оператор обслуживает 2–3 машины. Недостатком «Волжанки» является возможное отклонение отдельных секций от прямолинейного положения из-за неровностей рельефа.

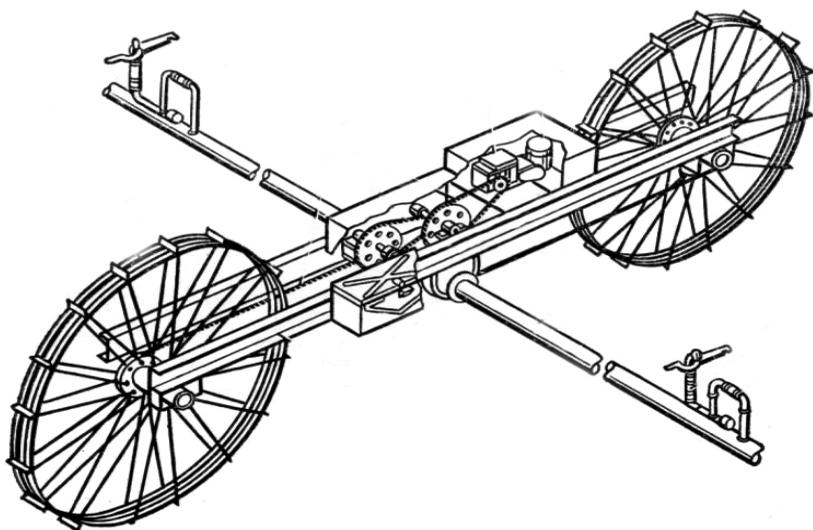


Рис. 13. Самоходная дождевальная среднеструйная многоопорная фронтальная машина ДКШ-64 «Волжанка»

Трубопроводы «Волжанки» располагаются на высоте 0,9 м над поверхностью почвы. Поэтому эта машина не может поливать высокостебельные растения на поздних стадиях роста. Она предназначена для полива низкостебельных зерновых, овощных, бахчевых культур, сенокосов, пастбищ на территориях с уклонами i менее 0,020.

Электрофицированный дождевальнй агрегат фронтального действия «Кубань» с забором воды из постоянного облицованного канала предназначен для орошения всех видов культур, включая высокостебельные. Агрегат состоит из 16 пролетов с опорными тележками на пневматических колесах, собранных в две секции по 8 пролетов длиной 400 м. Секции с двух сторон примыкают к центральной части агрегата, где установлен энергетический блок. На трубопровод центрального пролета, опирающегося на четырехколесную центральную тележку, подвешен дизельный двигатель с насосным агрегатом и с генератором для питания электродвигателей опорных тележек.

Общий уклон склона поля вдоль хода агрегата не должен превышать 0,007. Агрегат снабжен 300 дождевальными насадками, которые образуют мелкодисперсный дождь интенсивностью 0,15–0,20 мм/мин. Агрегат образует интенсивный дождь, в 5–6 раз больший, чем «Волжанка». Расход воды составляет 200 л/с, интенсивность дождя за один проход находится в пределах 5–50 мм в зависимости от скорости движения агрегата. Агрегат может быть переоборудован для движения по кругу.

Дождевальная многоопорная машина ДФ-120 «Днепр» в отличие от «Фрегата» является дождевальной машиной фронтального действия. Она состоит из трубопровода с открылками и дождевальными насадками, уложенными на опорные тележки. Длина трубопровода – 448 м, установленного на 17 опорных тележках на высоте 2,1 м от поверхности земли. Вода на орошение поступает из гидрантов закрытой сети. Расстояние между оросителями составляет 920 м, а между гидрантами – 54 м, расход воды достигает 120 л/с. Открылки находятся на трубопроводе на расстоянии 27 м одна от другой. На концах открылок – дождевальные аппараты «Роса-3». Всего на дождевальной машине «Днепр» располагается 34 дождевальных аппарата. Допустимый уклон орошаемого поля не должен превышать 0,020. Передвижение машины с позиции на позицию осуществляется от моторедукторов, установленных на каждой опорной тележке. Элек-

тропитание к машине поступает от передвижной электростанции навешенной на трактор. При переходе на новую позицию трактор передвигается рядом с дождевальной машиной, затем, после установки машины на новой позиции, трактор отключается от нее и переходит к другой дождевальной машине.

Один оператор обслуживает две дождевальные машины. Средняя интенсивность дождя составляет от 0,25 до 0,30 мм/мин. При поливе нормой 300 м³/га производительность за 1 час работы составляет 1,46 га.

Таким образом, широкозахватный дождевальный полив обладает определенными преимуществами по сравнению с другими способами полива: повышается коэффициент земельного использования; экономичнее расходуется вода; снижаются затраты труда на полив; экономичнее расходуются средства на строительство оросительных систем; отпадает необходимость планировок по трассам временных оросителей; менее жесткими оказываются требования к капитальным и эксплуатационным планировкам и др.

На нешироких вытянутых участках длиной 1,5–3,0 км и более, используемых преимущественно под сенокосно-пастбищные угодья, применяют дождевальные крылья продольно-осевого перемещения, называемые дождевальными шлейфами.

Дождевальный шлейф ДШ-25/300 – это установка для позиционного орошения. Шлейф состоит из быстроразборных металлических труб и дождевателей. На стальном трубопроводе длиной 150 м и диаметром 102 мм устанавливают три дождевателя карусельного типа «Тимирязевец». Схема работы дождевального шлейфа ДШ-25/300 карусельного типа приведена на рис 14.

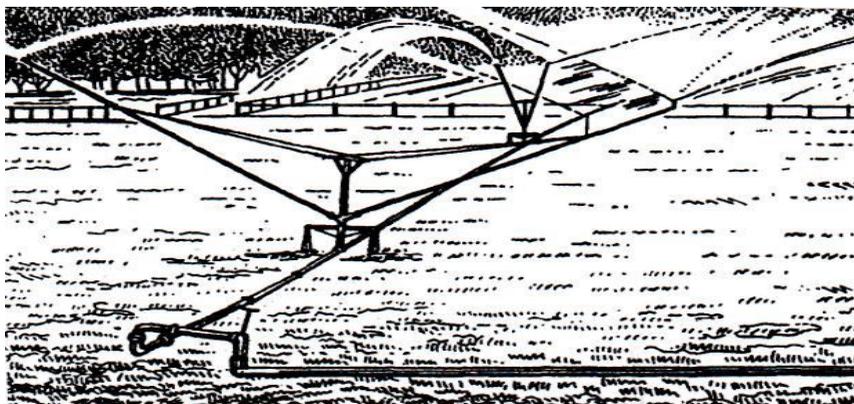


Рис. 14. Дождевальный шлейф ДШ-25/300 карусельного типа

Забор воды дождевальным шлейфом происходит из трубчатых оросителей, которые прокладывают параллельно друг другу с интервалом через каждые 300 м. Карусельные насадки вращаются вокруг оси под действием реактивной силы. Полив производят позиционно. С одной позиции орошают 0,9 га. Расход воды составляет 25 л/с. Средняя интенсивность дождя дождевального шлейфа ДШ-25/300 составляет 0,17 мм/мин. Шлейф перемещается трактором с одной позиции на другую. Два человека (тракторист и поливальщик) обслуживают от 5 до 10 шлейфов.

Дождевальный шлейф образует искусственный дождь малой интенсивности с хорошим дроблением струи на капли малых размеров. Однако дождевальные шлейфы сложны в эксплуатации. Кроме того, они испытывают при поливе сильное влияние ветра.

Дождевальная переносная установка КИ-50 («Радуга») служит для орошения небольших участков преимущественно с использованием воды из местных источников. Она состоит из серии постоянных распределительных трубопроводов и крыльев, оборудованных среднеструйными аппаратами «Роса-3». В комплекте «Радуга» имеется два распределительных трубопровода и четыре дождевальных крыла. Диаметры алюминиевых рас-

пределительных трубопроводов составляют 120 и 125 мм, а подводящего – 150 мм, расход воды до 47 л/с. Интенсивность дождя равна 0,2 мм/мин. Площадь орошения за сезон одной установки составляет 50 га. Сборка, разборка переносных установок, их перемещение с одной позиции на другую производится вручную. Обслуживают одну установку 2–3 человека.

Дальнеструйные дождевальные установки (Б). Дальнеструйные навесные дождевальные агрегаты ДДН-70 и ДДН-100 предназначены для полива садов, питомников, кукурузы, овощных и технических культур. Радиус действия установок ДДН-70 и ДДН-100 составляет 70 и 85 м. Интенсивность дождя от 0,25 до 0,30 мм/мин. Агрегаты ДДН-70 и ДДН-100 монтируются на тракторах Т-75 и Т-150. Расход воды у ДДН-70 и ДДН-100 – соответственно 65 и 100 л/с. Площадь полива за сезон у ДДН-70–60–70, у ДДН-100–100–150 га. За смену один человек обслуживает один дождеватель и поливает соответственно 5,0 и 7,5 га. Схема дальнеструйного дождевального агрегата ДДН-100 приведена на рис. 15.

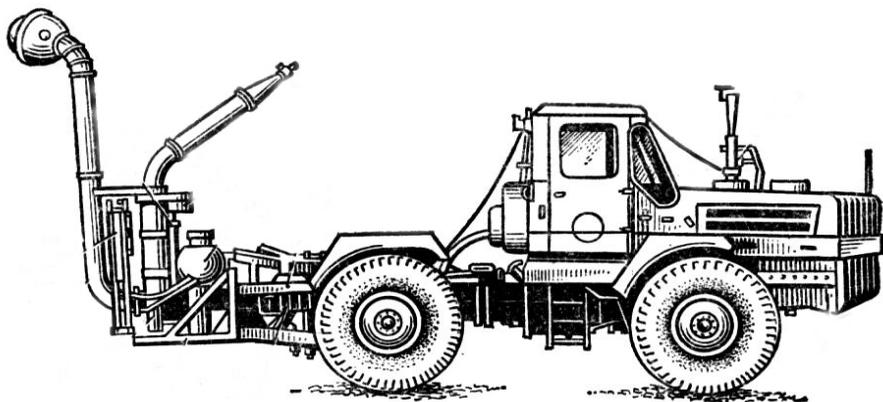


Рис. 15. Дальнеструйный дождевальный агрегат ДДН-100

Наиболее целесообразно использовать дальнеструйные дождевальные установки для орошения кормовых, технических

культур, лугов, садов, лесопитомников, т. е. участков с хорошо закрытой растительностью поверхности почвы.

Синхронно-импульсивные дождеватели (В). Установки (комплекты) синхронно-импульсного дождевания КСИД-10 и КСИД-30 осуществляют синхронно-импульсный полив земельных участков площадью 10 и 30 га с суточной подачей воды объемом 20 и 100 м³/га со средней интенсивностью дождя от 0,01 до 0,002 мм/мин. Это соответствует суточному водопотреблению орошаемых культур. Схема установки синхронно-импульсного дождевания приведена на рис. 16.

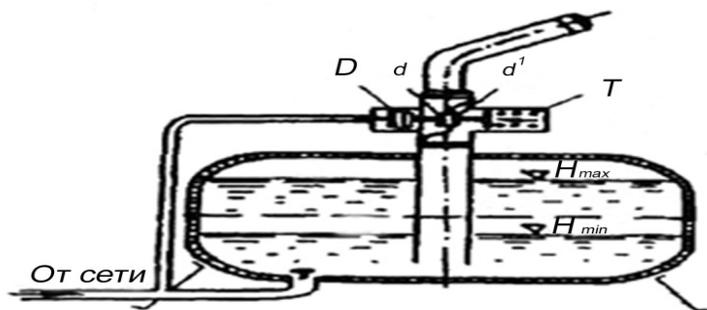


Рис. 16. Установка синхронно-импульсного дождевания (КСИД):
 D – поршень; d и d' – клапаны; T – пружина; H_{min} и H_{max} – отметки напора

Система импульсного дождевания включает насосную станцию, сеть распределительных и полевых трубопроводов и импульсные дождевательные аппараты. При автоматическом режиме работы насос включается по сигналу датчика, расположенного на участке орошения. Норма разового дисперсного полива от 100 до 500 л/га. Радиус выброса струи от 20 до 40 м. Степень дисперсности капель не превышает 300–500 мкм.

Импульсное дождевание в отличие от обычного непрерывного процесса дождевания состоит из двух фаз – паузы (аккумуляции) и выстрела.

В паузу вода накапливается в камере (котле) аппарата, а в период «выстрела» она через ствол и поворотное устройство под давлением выбрасывается в атмосферу. Затем вновь наступает пауза, в течение которой вода накапливается в камере, и после этого снова следует выброс ее в атмосферу (выстрел). Продолжительность паузы составляет от 4 до 6, а выстрела от 1,5 до 2,0 с.

После выброса давление воды в системе резко снижается. Под действием сжатого воздуха открывается поршень для накопления нового объема воды в гидроаккумуляторной камере. Наступает очередная фаза аккумуляции воды. Вес одного аппарата составляет от 12 до 13 кг.

Импульсное орошение может быть полустационарным и стационарным с выдвигаемыми гидрантами. Расстояние между дождевателями устанавливают в пределах от 40 до 60 м. Один поливальщик обслуживает от 20 до 200 га. Средний расход воды, подаваемый к импульсному дождевательному аппарату «Колонна», составляет 0,15 л/с.

В системе синхронно-импульсного дождевания аппараты работают одновременно на всей орошаемой площади в режиме непрерывно чередующихся пауз (5–3 мин). Поэтому влажность почвы в течение всего оросительного периода поддерживается на оптимальном уровне.

Импульсное орошение целесообразно использовать в садах, ягодниках, на чайных плантациях, при возделывании овощных культур, сахарной свеклы в условиях фермерских хозяйств.

Импульсное дождевание эффективно в условиях сложного рельефа, в предгорных районах. Оно может быть успешно использовано для орошения многолетних культур.

Из всех известных способов дождевания импульсное орошение создает наиболее целесообразные в физиологическом и экологическом отношении условия увлажнения на незасоленных почвах.

Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний

1. Перечислите способы орошения в гидротехнических видах мелиорации.
2. Какие подготовительные работы выполняют на территориях орошения?
3. Какие задачи в землепользовании решают гидротехнические виды мелиорации?
4. По каким признакам оценивают качественную пригодность воды для орошения?
5. Перечислите соли, являющиеся для растений токсичными и нетоксичными.
6. Перечислите степени засоленности оросительной воды по классификации засоленности.
7. К каким негативным последствиям в почвах могут привести поливы и их виды?
8. По каким признакам классифицируют виды орошения?
9. Как классифицируют оросительные работы по назначению и по срокам подачи оросительной воды?
10. Перечислите орошения по видам полива.
11. Перечислите источники воды для нужд орошения.
12. Как осуществляют увлажнение земельных участков поливом напуском по полосам?
13. Каковы достоинства и недостатки полива напуском по полосам?
14. Как ведут поливы земельных участков по бороздам?
15. Что такое контур промачивания почв по бороздам?
16. Как выполняют полив земельных участков затоплением?
17. Какие виды дождевания вы знаете?
18. Какие виды дождевания оросительных систем вы знаете?
19. Перечислите основные требования, предъявляемые к поливу земельных участков дождеванием.
20. Как рельеф определяет величину допустимой интенсивности дождевания?

4. ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

4.1. Основные положения

По состоянию на 2010 г. по данным Института мировых ресурсов (World Resources Institute) около 10 % поверхности континентов Земли покрыто засоленными почвами. В большей степени они распространены на территориях аридных районов. Проблема засоления почв серьезно проявляется в 75 странах мира, в том числе в Австралии, Китае, Индии, Ираке, Мексике, Пакистане, США и др. Из 222 млн га пашен засоленные и осолонцованные почвы занимают 40 млн га; солонцы, солончаки, солоды – 62 млн га. Для орошаемых земель применение агрохимической мелиорации требуется на территориях общей площадью 211 тыс. га, где сильно засоленные почвы составляют более 110 тыс. га [14].

Засоленные почвы России располагаются на территориях, составляющих 53 997 тыс. га или 5 % общей площади России, в том числе 10 % площади равнин.

При этом все природно-экономические районы нашей страны на территориях от Центрально-Черноземного до Дальневосточного, кроме Северного, засолены в пределах от 0,28 до 31,40 %. Наибольшей степени засоления подвержены Поволжский и Северокавказский регионы, соответственно на 31,40 и 16,55 % [17].

Засоление почв – это процесс накопления в них растворимых солей, приводящий к образованию солончаковатых (глубинное засоление), солонцовых (поверхностное засоление) и содозасоленных почв.

Засоление по источникам может быть первичным и вторичным. Первичное засоление почв происходит вследствие испарения грунтовых вод, солёности почвообразующих (материнских) пород или в результате действия переносов солей и их отложения. Вторичное засоление возникает в результате искусственного изменения водного режима, например, при проведении неправильных технологий орошения.

Засоленные почвы представляются группой почв разного генезиса и свойств, имеющих в профиле такое количество легкорастворимых солей, которое ухудшает плодородие почв и отрицательно влияет на рост и развитие большинства растений [15].

По химизму засоления различают почвы с нейтральным засолением при рН равном или менее 8,5 (хлоридное, сульфатно-хлоридное, хлоридно-сульфатное, сульфатное), и щелочным засолением, когда значение рН становится более 8,5 (хлоридно-содовое, содово-хлоридное, сульфатно-содовое, содово-сульфатное, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное).

Оценка засоления почв, как правило, определяется значениями анионов (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) и катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) легкорастворимых солей. В некоторых случаях дополнительно к ним определяют ионы боратов, нитратов и нитритов [21].

Токсичное действие легкорастворимых солей проявляется в увеличении осмотического давления почвенной влаги, снижении ее доступности для корневой системы растений, нарушении нормального соотношения элементов минерального питания, отрицательном воздействии на свойства почв. В этом случае соли могут оказывать на растения специфическое токсическое действие.

Легкорастворимые соли засоленных почв находятся, как в составе почвенного раствора, так и твердых фазах почвы (как в виде минералов, так и в виде ионов в составе почвенного поглощающего комплекса).

Основными соединениями, участвующими в засолении почв, являются: карбонат кальция – мел (CaCO_3) – сильно цементируван; карбонат магния (MgCO_3); карбонат натрия – сода ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) – крайне токсичен; карбонат калия – поташ (K_2CO_3) – токсичен; сульфат кальция – гипс, алебастр ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, CaSO_4); сульфат магния – английская соль, горькая соль – магнезия ($\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) – крайне высокая токсичность для растений; хлорид натрия – поваренная соль (вещество, токсичное для растений); хлорид калия (KCl); хлорид магния – бишофит (MgCl_2) – высокая токсичность для растений [22].

К нетоксичным солям относят CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Наибольшей токсичностью для растений обладают карбонаты натрия, затем следуют хлориды и нитраты щелочей; сульфаты – наименее токсичны. Смесь различных солей всегда более безвредна, чем преобладание одной соли [18].

С точки зрения плодородия почв наиболее важным показателем является засоленность верхнего (метрового) корнеобитаемого слоя. Наличие солей на глубинах второго метра почвенного профиля и в подстилающих породах способствует развитию вторичного засоления [15,17].

Источниками поступления солей в почвы служат горные породы, почвенно-грунтовые воды, эоловый перенос солей с моря на сушу, атмосферные осадки, разложение растительности, неэффективное орошение [14].

Основной источник образования солей в почве – *процесс выветривания* горных пород с последующим перераспределением солей под действием поверхностных вод и их аккумуляцией в понижениях рельефа. При выветривании горных пород образуются хлориды, сульфаты, нитраты, силикаты и карбонаты (за счет взаимодействия с CO_2 воздуха).

Засоление почв может происходить под влиянием *тектонических поднятий*, когда соленосные породы выклиниваются на рельефную поверхность ландшафта. Кроме этого также возможно вторичное растворение солей почвообразующих подстилающих пород пресными грунтовыми (ирригационными) водами, а также их перенос и аккумуляция в нижние горизонты почвенного профиля.

Засоление может быть вызвано также *эоловым переносом солей* с моря на сушу (импульверизация) в виде капель и твердых аэрозолей в бассейнах соленых озер, морей и с поверхности солончаков. Такой перенос солей ветром может достигать от 20 до 30 т/км².

Источником солей, кроме того, служат *атмосферные осадки*. Содержание солей в них обычно не превышает от 20 до 30 мг/л, но в приморских районах достигает 400 мг/л.

Засоление почв может происходить также *в процессе разложения остатков растительности*, особенно галофитной. В этом случае освобождаются минеральные вещества остатков растительных и животных организмов и продуктов их жизнедеятельности.

К галофитным относят растения сильно засоленных почв – солончаков и морских побережий, устойчивых к повышенным концентрациям солей. Такими являются солянки, кермек, тамариск, некоторые виды полыни и др.

Неэффективное орошение (превышение поливных норм и неудовлетворительный дренаж) служит причиной вторичного засоления почв.

Оросительные воды при бездренажном орошении в аридном климате могут быть источником солей в почве, так как содержат то или иное количество растворимых солей. Оптимальное содержание солей как источника питания корневой системы растения в поливной воде составляет 1 г/л и меньше.

Особо выделяются случаи засоления почвы *грунтовыми водами*. Они являются непосредственными источниками поступления солей в почву вследствие высокой испаряемости влаги. Поверхностные и грунтовые воды, содержащие в себе легкорастворимые соли, не всегда достигают водоприемного русла и задерживаются на территориях рельефа с наименьшими уклонами. Уровень грунтовых вод становится близким к поверхности и составляет от 1 до 3 м, в результате чего происходит капиллярный подъем минерализованных грунтовых вод. Вода при этом быстро испаряется, а минеральные соли остаются в верхних слоях почвы, засоляя их. Наибольшая величина концентрации солей, которая при определенной глубине и режиме орошения не вызывает засоления почвы, называется критической минерализацией природных вод. Глубина расположения критической концентрации солей зависит от механического состава почвы, величины и интенсивности испарения.

Засоленность природных вод происходит в ходе насыщения природных вод минеральными веществами (солями) [15].

Степень минерализации воды оценивают по сухому остат-

ку, представляющему собой содержание в воде нелетучих минеральных и органических соединений в единицах массы на объем воды г/м³, мг/л. Классификация минеральных вод по степени минерализации представлена в табл. 8.

Таблица 8

Классификация минеральных вод

Группа вод	Подгруппа вод	Минерализация, г/л
Пресные	Ультрапресные	Менее 0,2
	Умеренно пресные	от 0,2 до 0,5
	Собственно пресные	от 0,5 до 1,0
Солоноватые	Слабосоленые	от 1,0 до 3,0
	Умеренно солоноватые	от 3,0 до 10
Соленые	Слабосоленые	от 10 до 30
	Сильносоленые	от 30 до 50
Рассолы	Слабые	от 50 до 100
	Крепкие	от 100 до 320
	Сверхкрепкие	от 320 до 500
	Предельно насыщенные	Свыше 500

Под критической минерализацией грунтовых вод понимают степень концентрации солей, при которой в условиях гидроморфных почв (в естественных условиях или при ирригации и дренаже) капиллярно-восходящие токи грунтовых вод вызывают засоление верхних почвенных горизонтов.

По водородному показателю *pH* засоленные природные воды подразделяются на кислые, когда *pH* составляет менее 7, нейтральные при *pH*=7 и щелочные при *pH* более 7.

Для характеристики состава промывочных вод применяют полевой, сокращенный и полный анализы.

Промывки засоленных почв подразделяют на капитальные и эксплуатационные (профилактические). *Капитальные* промывки проводят при среднем и сильном исходном засолении почв, *эксплуатационные* – при слабом засолении. Нормы расхо-

дов воды при капитальных и эксплуатационных промывках зависят от содержания и химизма водно-растворимых солей в почве, мощности промываемого слоя, водно-физических и физико-химических свойств почв и грунтов, минерализации промывной воды и условий их отвода.

Промывной нормой нетто называют количество воды, необходимой только для растворения и выноса водно-растворимых солей из расчетного слоя почвы. Она измеряется в метрах слоя воды м/га или в кубометрах на гектар ($\text{м}^3/\text{га}$).

Общее количество воды, необходимое для удаления из почвы избыточных солей промывкой на площади 1 га, называют *промывочной нормой брутто*. Промывочные нормы устанавливают расчетом и на основании изучения опыта промывки засоленных почв в условиях проектируемого объекта или по аналогам, полученным в аналогичных почвенно-мелиоративных условиях. Такая норма на глинистых почвах в 4 раза больше, чем на почвах легкого механического состава. При этом она колеблется от 1500 до 12500 $\text{м}^3/\text{га}$ и складывается из объема воды, необходимого для насыщения слоя почвы h для наименьшей влагоемкости, и из объема воды, необходимого для растворения избыточных солей, вымывания и отвода их в дренаж. Засоленные земли промывают следующими друг за другом поливами с интервалом не более восьми дней.

Наибольшая эффективность промывного полива наблюдается при поливной норме, соответствующей от 30 до 40 % наименьшей влагоемкости опресняемого слоя. Для метрового почвенного слоя на легких почвах норма промывного полива находится в пределах от 700 до 900 $\text{м}^3/\text{га}$, на средних – от 900 до 1100 $\text{м}^3/\text{га}$ и на тяжелых – от 1100 до 1500 $\text{м}^3/\text{га}$ [25].

4.2. Расчет промывочных норм

Промывочную норму брутто рассоления почв $\text{м}^3/\text{га}$, определяют расчетом по формуле

$$N_{\text{оп}} = \frac{N_{\text{нм}}}{n} + E_o - Q_c, \quad (4)$$

где $N_{\text{нм}}$ – промывочная норма нетто, м³ / га; n – коэффициент полезного действия оросительной сети; E_o – количество потерянной воды на испарение за период (время) полива, м³ / га; Q_c – атмосферные осадки за тот же период.

Промывную норму м³ / га, определяют по формуле

$$N_{\text{нм}} = m_o \left(2A \sqrt{\lambda m_o h_p} + h_p \right), \quad (5)$$

где m_o – эффективная пористость почвы в расчетном слое, принимаемая как усилившаяся пористость почвы m за счет заземленного воздуха, принимается $m_o = (0,95-0,98)$; h_p – расчетная мощность промываемого слоя почвы, м; λ – эмпирический коэффициент; A – параметр в зависимости от степени опреснения почвы c , принимается по данным табл. 9.

Таблица 9

Значение параметра A в зависимости от степени опреснения почвы c

c	A	c	A	c	A
0,001	2,19	0,1	0,91	0,3	0,37
0,005	1,82	0,12	0,83	0,35	0,27
0,01	1,65	0,14	0,75	0,4	0,18
0,02	1,45	0,16	0,7	0,45	0,09
0,04	1,24	0,18	0,65	0,5	0,0
0,06	1,1	0,2	0,60	–	–
0,08	0,99	0,25	0,48	–	–

Промывные нормы при хлоридном, сульфатно-хлоридном и хлоридно-сульфатном типах засоления рассчитывают по ио-

нам хлора или по сумме токсичных солей, а при промывках солонцов и содово-засоленных почв – по ионам Na^+ и HCO_3 . Расчетную обеспеченность исходных запасов солей в расчетном слое принимают равной расчетной водообеспеченности оросительной системы. Промывные нормы при капитальных промывках могут составлять от 5 до 30 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$. Поскольку при капитальных промывках используют оросительную сеть, запроектированную на эксплуатационный период, то ее пропускную способность проверяют расчетом или опытным путем.

Капитальные промывки проводят в вегетационный период, когда освобождаются водные и трудовые ресурсы и расходы воды на испарение минимальны. Для повышения эффективности рассоления почв промывную норму на поля подают отдельными тактами по 2–3 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$. Перерывы между тактами должны быть достаточными для полного впитывания промывной воды в почву.

Капитальные промывки засоленных почв проводят на фоне систематического горизонтального или вертикального дренажа. При глубоком (более 10 м) залегании уровня грунтовых вод допускается проведение капитальных промывок без дренажа с удалением солей из корнеобитаемого слоя в грунты зоны аэрации. Интенсивность отвода грунтовых промывных вод q_0 , $\text{м}^3 / \text{сут. га}$, определяют по формуле

$$q_0 = N_{\text{им}} / t, \quad (6)$$

где $N_{\text{им}}$ – промывная норма нетто, $\text{м}^3/\text{га}$; t – продолжительность промывки, сут.

При значительных нормах полива на почвах с низкой фильтрационной способностью и для уменьшения срока промывок и повышения эффективности использования промывной воды проводят глубокое рыхление почв.

Для обеспечения требуемой интенсивности отвода промывных вод систематический дренаж при необходимости дополняют

временным. Наиболее надежным типом временного дренажа является открытый дренаж глубиной от 0,8 до 1,2. При проведении капитальных промывок временный дренаж рассчитывают на отвод грунтовой воды с интенсивностью, q_{BP} определенной по формуле

$$q_{ep} = q_o - q_d, \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (7)$$

где q_{ep} – интенсивность отвода грунтовых вод временным дренажем, $\text{м}^3 / \text{сут. га}$; q_o – требуемая интенсивность отвода грунтовых вод, $\text{м}^3 / \text{сут. га}$; q_d – интенсивность отвода грунтовых вод систематическим дренажем, $\text{м}^3 / \text{сут. га}$.

Временный дренаж рассчитывают с учетом способа промывки. Если промывки проводят тактами, перерывы между которыми достаточны для впитывания поданной воды, то расстояние между временными дренами определяют расчетом или подбором.

Промывку проводят на хорошо спланированных, заборонованных земельных участках, разбитых на чеки размером до 0,25 га, и снабженных по периметру уплотненными грунтовыми валиками, которые исключают перелив воды через них или их прорыв. Планировку выполняют с точностью ± 5 см, высота подсыпок при планировке не должна превышать 20 см. Оросительную сеть нарезают так, чтобы вода подавалась самотеком в каждый чек. Промывку ведут массивами, а не разбросанно по территории. После окончания промывок и подсыхания почвы ее рыхлят, валики разравнивают, чтобы сократить срок испарения влаги.

Иногда после промывки остаются пятна остаточного засоления, которые снижают урожай сельскохозяйственных культур. Для обессоливания этих пятен на них вносят гипс или кислые туки. На всей площади промывки создают структуру почвы различными агротехническими приемами: посевом трав, внесением навоза, зеленого удобрения, перегноя и т. д.

Промывка почвы без искусственного дренажа возможна, если грунтовые воды имеют достаточный отток за пределы орошаемого массива.

Затраты на мелиорацию засоленной территории (строительство дренажно-коллекторной сети, планировка полей, промывка) окупаются в первые же годы освоения.

Путем промывок достигают коренного улучшения состояния засоленных почв. Эффективность промывки зависит от физических свойств почвы и степени ее засоления, определяемой соотношением в почве растворимых солей ионов Са и Na.

Если почва засолена и содержит в метровом слое хлора более 0,02 – 0,03 %, то избыток солей удаляют промывкой, чтобы к посеву осталось ионов хлора не более 0,1 % по массе. Для этого проводят полив затоплением и подают такое количество воды, которое растворяет соли и выносит их избыток в нижние горизонты или в дренаж.

Из солончаковых почв, где преобладают ионы Са, если почвы достаточно водопроницаемы, соли сравнительно легко удаляются промывкой. В солонцеватых почвах, где преобладают ионы Na, при промывке выделяются щелочи, которые обуславливают физиологическую токсичность и ухудшают физические свойства почвы. При содержании ионов Na от 20 до 40 % общей емкости поглощения, плодородие почвы полностью теряется. Поэтому перед промывкой в солонцеватые почвы вносят гипс, и тогда, в результате обменной реакции поглощенный Na заменяется ионами Са, а полученная соль вымывается водой. Промывку солонцеватых почв без гипса применяют при наличии ионов Na не более 10 % емкости поглощения.

4.3. Способы промывок засоленных почв

Важное значение в обессоливании почв имеет промывка.

В засушливых зонах, где применяют поверхностный метод полива, промывку проводят следующими способами:

1. По мелким чекам отдельными тактами без сброса промывной воды (рис. 17).

2. По мелким чекам с постоянным затоплением и перепуском воды из чека в чек с частичным поверхностным сбросом воды (рис. 18).

3. По крупным чекам отдельными тактами (рис. 19). В лесостепной и степной зонах промывку проводят с использованием дождевальной техники.

Промывки по мелким чекам относят к одному из самых распространенных мелиоративных способов промывок на слабопроницаемых почвах при устройстве временного дренажа. В этом случае размеры чеков определяются расстояниями между временными дренами и значением уклонов поверхности земли (разница в отметках поверхности земли в крайних точках чеков не должна быть больше 10 см). Размеры чеков обычно составляют от 20×20 до 50×50 м.

Схема промывки почв тактами по мелким чекам с последовательным их затоплением приведена на рис. 17.

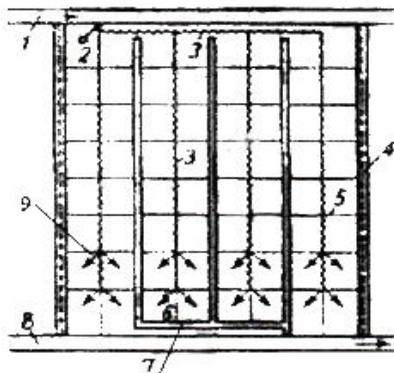


Рис. 17. Схема промывки засоленных почв по мелким чекам отдельными тактами с последовательным их затоплением без сброса промывочной воды:

1 – канал участкового оросителя; 2 – водовыпуск из участкового оросителя; 3 – временный ороситель; 4 – закрытая дрена; 5 – поперечные грунтовые валики; 6 – временные дрена; 7 – коллектор для временных дрена; 8 – открытый общий коллектор; 9 – направления движения рассола.

Промывка засоленных почв тактами по мелким чекам сочетается в себе действия постоянных и временных дрен с последовательным затоплением чеков и сбросом рассолов. Она позволяет достичь значительных результатов по экономии пресной воды при промывке засоленных почв.

Другим способом промывки слабопроницаемых почв являются промывка почв тактами по мелким чекам с перепуском воды из чека в чек и постоянным затоплением, схема которого приведена на рис. 18.

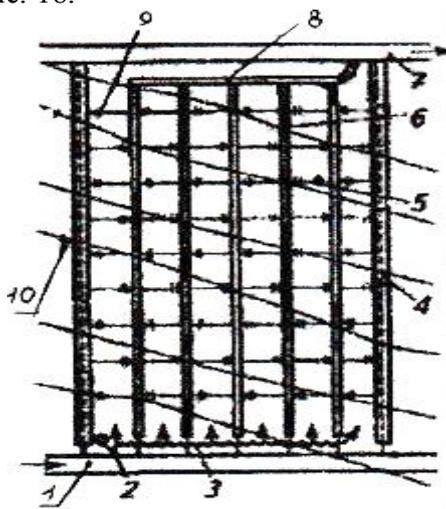


Рис. 18. Схема промывки почв по мелким чекам тактами с перепуском воды из чека в чек и постоянным затоплением:

1 – участок оросителя; 2 – выпуск из участка оросителя; 3 – временный ороситель; 4 – закрытая дрена; 5 – поперечные грунтовые валики; 6 – временные открытые дрена; 7 – постоянный коллектор; 8 – временный коллектор; 9 – перепуски в валиках; 10 – горизонталь.

Наиболее эффективна, так называемая «полосовая» промывка, когда подача промывной воды начинается с центральной части поля с постепенным затоплением остальной периферийной части. Этот способ промывки является самым трудоемким

и дорогим, но обеспечивает быстрое и равномерное рассоление почв по ширине поля.

На хорошо водопроницаемых почвах при малых уклонах поверхности, когда необходимости во временном дренаже нет, применяют промывки почв тактами по крупным (1 – 3 га) чекам (см рис. 19).

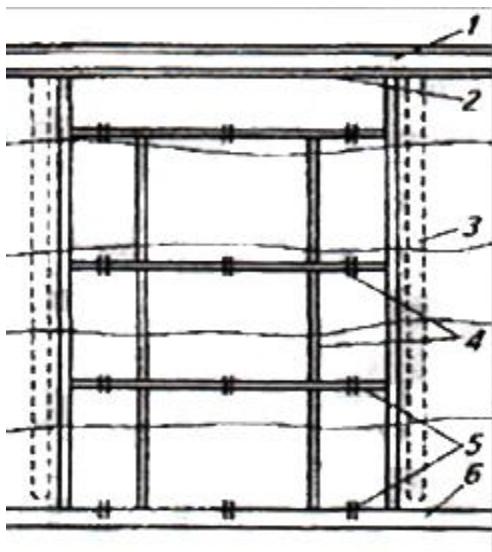


Рис. 19. Схема промывки почв по крупным чекам отдельными тактами:

1 – ороситель подающей пресной воды; 2 – водовыпуск; 3 – временный ороситель пресной воды; 4 – открытый коллектор отработанной воды; 5 – перепуск; 6 – открытый магистральный коллектор отработанной воды.

Этот способ промывки отличается высокой производительностью и простотой распределения промывной воды по чекам. В ряде случаев применяют промывки одновременно с посевами риса. Такие промывки выполняют по мелким чекам при постоянном затоплении и частичном сбросе промывной воды. Однако этот способ не обеспечивает равномерности рассоления по площади поля и, самое главное, требует огромных объемов воды, так как промывную норму определяют не соображениями рассоления почв, а условиями, например, выращивания риса.

Наибольший эффект рассоления почв достигается при движении влаги при неполном насыщении, для чего воду подают отдельными тактами или применяют дождевание. При этом соли вымываются как из крупных, так и из мелких пор почвогрунта. В этом случае при минимальном воздействии на органическую часть почвы достигается равномерность рассоления по промываемой площади и расходуется меньший объем воды на вынос одного и того же количества солей по сравнению с напорной фильтрацией при полном водонасыщении.

Наиболее эффективное использование промывной воды обеспечивается при следующих скоростях фильтрации: в легких по гранулометрическому составу почвах – от 0,025 до 0,05 м / сут, в средних – от 0,01 до 0,03, в тяжелых – менее 0,01 м / сут. При скорости фильтрации в тяжелых почвах менее 0,01 м/сут ее увеличивают с помощью рыхления, внесения навоза и других структурообразователей.

Интенсификации процесса промывок достигают также различными агротехническими приемами, например щелеванием, кротованием, глубоким рыхлением, мелиоративной вспашкой и методами химической мелиорации, создающими структуру почв и грунтов, повышающую фильтрационную способность. После окончания промывки по чекам проводят солевую съемку, промывку недопромытых участков, заравнивание временной оросительной сети, планировку поверхности полей, глубокую вспашку.

В отличие от аридных и степных территорий, где промывку выполняют поверхностным способом, в лесостепной и степной зонах, где распространены в основном черноземные и каштановые почвы, содержащие большое количество гумуса и обладающие высокой емкостью поглощения, составляющей 20 – 40 мг·экв/100 г промывку применяют дождеванием. Здесь часто встречаются солонцы, а при высоких уровнях грунтовых вод и солончаки. При промывке полей дождеванием воду подают одновременно на большую площадь, не вызывая затопления и сосредоточения фильтрационных токов, не уплотняя почву и не разрушая ее струк-

туру, исключая быстрый подъем уровня грунтовых вод. При дождевании можно свободно регулировать количество дробных норм воды и перерывы между тактами и с учетом водопроницаемости почв добиваться оптимальных скоростей фильтрации промывной воды. Промывку дождеванием проводят на фоне дренажа или в условиях достаточно глубокого залегания уровня грунтовых вод. При этом поверхностный сброс воды не допускается. При назначении норм промывных поливов дождеванием более 1000 м³/га, подаваемых без перерыва на тяжелых по гранулометрическому составу почвах, предусматривают глубокое рыхление и приемы задержания стока на поверхности. При промывке дождеванием используют стационарную оросительную сеть и дождевальную технику, запроектированную на эксплуатационный период. Время сезонов проведения промывок дождеванием по территориям России отличается. Так, в Европейской части Российской Федерации оно приурочивается к осенне-весеннему периоду, в Западной и Восточной Сибири – только к весеннему периоду. При этом соблюдают условие, при котором совмещают сроки окончания промывок со сроками завершения влагозарядковых поливов. Эксплуатационные промывки проводят в осенне-зимний или весенний период в виде грузных поливов с нормой расхода воды от 1,5 до 3,0 тыс. м³/га. Временный дренаж на период эксплуатационных промывок не предусматривают.

При мелиорации засоленных земель соблюдают экологические требования, в том числе: минимизацию заборов воды на промывку; недопущение (минимизацию) сброса минерализованных и загрязненных токсичными веществами вод в водные источники и улучшение качества водных ресурсов. А в период сельскохозяйственного освоения новых территорий – создание оптимальных мелиоративных режимов, включающих регулирование водного, солевого, питательного, гумусового режимов почв; недопущение создания гидроморфного режима почвообразования; расширенное воспроизводство почвенного плодородия и биологической продуктивности почв; минимизацию ин-

фильтрационного питания грунтовых вод; исключение загрязнения грунтовых и поверхностных вод пестицидами, нитратами и другими токсичными веществами.

Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний

1. Оцените по странам мира степень засоленности почв.
2. Какой основной вид мелиорации применяют для обессоливания почв?
3. Приведите определение термина «засоление почв».
4. Как вы понимаете понятия «первичное» и «вторичное» засоление почв?
5. Какими показателями определяют «химиз» и «водородный показатель» засоленности почв?
6. Перечислите источники поступления солей в почвы.
7. Приведите обоснование понятия «критическая минерализация грунтовых вод».
8. Приведите данные по классификации минеральных вод.
9. Какие виды промывки засоленных почв вам известны?
10. Расшифруйте термины «промывочная норма нетто» и «промывочная норма брутто»?
11. Каким способом определяют промывочную норму рассолнения почв?
12. Какие виды промывок почв вам известны?
13. Какие способы капитальной промывки почв вам известны?
14. Как ведут промывку засоленных почв способом «по мелким чекам отдельными тактами без сброса промывочной воды?»
15. Как ведут промывку засоленных почв способом «по мелким чекам с постоянным затоплением и перепуском воды из чека с частичным поверхностным сбросом воды?»
16. Как ведут промывку засоленных вод по крупным чекам отдельными тактами?
17. Перечислите экологические требования, предъявляемые к мелиорациям засоленных почв.

5. ОСУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ

5.1. Основные положения

К землям, имеющим неблагоприятный для сельскохозяйственных растений водный режим и нуждающимся в мелиорации, относятся избыточно увлажненные земельные участки. Общая площадь таких земель на территории бывшего СССР составляет примерно 235 млн га, в том числе болот и заболоченных земель – 190 млн га., минеральных постоянно или временно увлажненных земель (поймы рек, подтопляемые земли в зонах водохранилищ и озер) – 45 млн га. Значительные площади избыточно увлажненных земель находятся в зоне тундры и лесной зоне, причем на долю заболоченных и болотных почв в таежной и таежно-лесной зонах приходится 19–26 % от всей площади зоны. Для сельскохозяйственного использования пригодно примерно 135 млн га избыточно увлажненных земель, тогда как доля сельскохозяйственных угодий России составляет 24 % от площади всех болотных и полуболотных почв [29].

Осушение избыточно увлажненных земель в зависимости от типов водного питания и причин избыточного увлажнения осуществляют путем понижения уровня грунтовых вод, снижения их напорности, ускорения стока поверхностных вод и отвода воды из пахотного горизонта, ограждением осушаемой территории от притока со стороны поверхностных и грунтовых вод. Для этого используют различные виды дренажа (горизонтальный и вертикальный) и открытые каналы. Пахотные земли осушают преимущественно закрытым горизонтальным дренажем.

На любом объекте землепользования вследствие многообразия типов водного питания и причин избыточного увлажнения применяют не один, а несколько методов и способов осушения в различных сочетаниях.

Осушением избыточно увлажненных земель регулируется водный режим корнеобитаемого слоя почвы, но однако такие зем-

ли остаются неплодородными и некультуренными и, как следствие, не подготовленными для получения на них высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому осушение рассматривается как начало работ по мелиорации болотных земель. После осушения в целях превращения этих земель в сельскохозяйственные угодья проводят комплекс культуртехнических мероприятий, таких как подготовка или улучшение рельефа земельного участка, создание и окультуривание пахотного слоя.

Применение комплекса агротехнических и мелиоративных приемов, таких как внесение оптимальных доз удобрений, рыхление и увлажнение почв, дает возможность ежегодно получать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур. Так, осушаемые земли многих областей Нечерноземной зоны России при доле в 30–40 % от общих пахотных земель обеспечивают валовой сбор урожая льна, многолетних трав, картофеля и корнеплодов, составляющий от 50 до 70 %.

При правильной эксплуатации и интенсивном использовании осушаемых земель затраты на строительство осушительных систем окупаются за 7–10 лет.

Однако при неправильном режиме осушения на территориях наблюдается понижение до недопустимых пределов уровня грунтовых вод, что вызывает переосушку земель, ветровую эрозию, быструю минерализацию торфа, изменение количественного состава вод, растительного покрова и животного мира.

Осушение избыточного увлажнения земель сочетают с орошением, необходимым для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур, страдающих в летние периоды от недостатка влаги в корнеобитаемом слое почвы. Гарантированное водообеспечение осушаемых болот предохраняет торфяные почвы от возможных пожаров, возникновение которых вызывается способностью торфа самовозгораться в результате разложения органического вещества при благоприятном для этого температурном режиме и влажности торфа. Современная осушительно-увлажнительная система состоит из двух частей: осу-

шительной и увлажнительной, обеспечивающей подачу растениям дополнительной влаги в засушливые периоды.

Осушение земель относят к виду осушительной мелиорации, и оно заключается в удалении из них избыточной грунтовой влаги, а также поверхностной воды, в том числе на болотах и заболоченных землях. При правильном проведении осушительной мелиорации достигается высокая продуктивность сельскохозяйственных и лесных угодий. При пересушке земель происходит деградация почв. При этом в них, особенно в торфах, истощаются запасы органики, растения испытывают дефицит влаги. Возникает также опасность возникновения пожаров.

5.2. Развитие отечественного и зарубежного опыта осушительной мелиорации

Осушительную мелиорацию люди начали проводить еще в глубокой древности. Так, в течение ряда предыдущих тысячелетий население Египта, Бирмы, Индии, Вьетнама, Китая сооружало в долинах крупных рек дамбы для защиты пойм от наводнений. Кроме этого, они устраивали на полях дренажные системы. Так, более 2000 лет назад греческий историк Геродот описал одну из первых дренажных систем в долине р. Нил в Египте [14].

Дренаж как мелиоративное мероприятие получил также широкое распространение в античный период в Греции.

Открытые дренажные системы, применявшиеся в Древнем Риме для осушения почв на виноградниках и оливковых плантациях, описаны римским писателем Катонем в трактате «О земледелии». Многие из этих систем действуют и в наше время.

В X веке в Европе начались работы по устройству осушительных систем в бассейне Северного моря. Особенно они были интенсивными в XII–XIV вв. При этом осушались территории крупных болот, приморские низменности, дельты рек, приозерные понижения. Начали развиваться правовые основы и положения по вопросам мелиорации.

Так, в Англии в 1252 г. при короле Генрихе III был принят первый закон об осушении сельскохозяйственных земель. Он стал на последующие столетия юридической основой для дальнейшего развития в стране осушительной мелиорации. Первая система закрытого дренажа была построена в Англии при короле Генрихе V в конце XV в.

В закрытых дренажах основным элементом дренирования и отвода собранной грунтовой воды были дренажные трубы. Появление гончарных дренажных труб в Англии относится к 1810 г. Позднее в 1846 г. парламентским актом Англии дренаж сельскохозяйственных земель был признан национальным достоянием государства. За 25 лет с 1846 г. в Англии было осушено более 4 млн га, в том числе территория Лондона. Работы по дальнейшему строительству дренажа продолжаются в этой стране и в наши дни. Годовой объем строительства дренажных систем и их реконструкции составляет около 100 тыс. га.

В России интенсивное развитие мелиоративных и осушительных работ было связано с деятельностью Петра I. Он предпринял осушение болот в связи с освоением побережья Финского залива и территорий городов, крепостей и заводов, расположенных здесь.

Функционирование открытых осушительных систем было описано в 1738 г. М.В. Ломоносовым в работе «Лифляндская экономика». В конце XVIII в. инженер А.Г. Болотов разработал методы осушения территорий северных районов России.

Однако в послепетровский период до второй половины XIX в. работы в области осушения почв велись в России в очень ограниченных размерах.

Отмена крепостного права и бурное развитие капитализма в России стали движущим фактором в дальнейшем развитии мелиорации почв. Так, в 1873 г. под руководством геодезиста, генерала И.И. Жилинского Министерство государственных имуществ России организовало работы по осушению болот с целью использования северо-западных территорий страны под сенокосы.

сы и пастбища. В это время было начато строительство двух первых закрытых осушительных систем гончарного дренажа в России. В дальнейшем они сыграли важную роль в развитии этого прогрессивного способа осушения земель в нашей стране.

Первая система закрытого дренажа была построена А.Н. Козловским в 1853 г. на территории современной Белорусской сельскохозяйственной академии. Следует отметить, что это было всего через 10 лет после того, как в Англии в 1843 г. Д. Рид изобрел гончарную дренажную трубу.

Вторая в нашей стране система закрытого гончарного дренажа была создана в Смоленской губернии в имении агрохимика А.Н. Энгельгардта, близкого друга и соратника Василия Васильевича Докучаева – геолога и почвовед. В начале XX в. в России создается система мелиоративных опытных станций и опытных полей по культуре болот (Архангельская, Ярославская и др. губернии).

В советское время при председателе СМ СССР Н.С. Хрущеве были проведены осушительные мелиоративные работы на многих обводненных территориях России, в том числе Западной и Восточной Сибири. При этом выполнялись осушительные работы, в том числе по защите территорий от воздействия воды.

5.3. Виды и элементы дренажей

Дренажи на защищаемых территориях сооружают по предварительно разработанным проектам с учетом положений СП [7].

В целях осушения территорий применяют следующие виды дренажей:

– *постоянно-действующие дренажи* для осушения значительных по площади сельскохозяйственных территорий и застройки от подтопления грунтовыми водами, водами из оросительных систем и водами каналов и водоемов;

– *дренажи садово-парковые* для осушения заболоченных территорий земельных массивов;

– *местные дренажи*, предназначенные для защиты подвальных помещений отдельных зданий или кварталов от доступа в них грунтовой воды.

Основными типами дренажа на городских территориях и сельскохозяйственных угодьях являются открытые (канавы) и закрытые трубчатые.

В практике осушения территорий различают дренажи:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- комбинированные.

Горизонтальный дренаж состоит из открытых каналов, канав, горизонтальных трубчатых дрен диаметром 125–300 мм и фильтрующей обсыпки.

Вертикальный дренаж состоит из ряда буровых колодцев (скважин), из которых воду удаляют насосами или сифонными установками.

Комбинированный дренаж состоит из горизонтальной дрены и скважин, вода из которых самоизливается в водоотводной коллектор.

В качестве дрен применяют трубы: гончарные и пористые, фильтровые и керамические безраструбные, раструбные дырчатые или щелевые, а также бетонные, асбестобетонные или пластмассовые.

В теле этих дренажных труб устраивают круглые или щелевые отверстия для приема грунтовой воды. Диаметр дренажных отверстий составляет от 8 до 10 мм.

Минимальная глубина заложения дрены должна быть на 0,3 м ниже глубины расчетного сезонного промерзания грунта для данной местности.

Расчет горизонтальных дренажей состоит из гидрогеологического и гидравлического расчетов.

Гидрогеологическим расчетом устанавливают:

- расход грунтовых вод в дренах;

- положение уровня грунтовых вод, пониженного в результате действия дренажа (депресссионная кривая);
- расстояние между дренами;
- глубину заложения.

Гидравлическим расчетом определяют:

- диаметры дренажных труб;
- продольные уклоны.

Минимально допустимые уклоны дренажных ниток принимают:

- для магистральных дрен и коллекторов – 1,5 ‰;
- труб диаметром от 200 до 300 мм – 2 ‰;
- труб диаметром до 200 мм – 3 ‰.

Дренажи представляют дренажную систему, включающую в себя комплекс инженерных сооружений, в том числе:

- водоприемники;
- водопроводящую сеть;
- регулирующую сеть;
- ограждающую сеть.

Все эти составляющие дренажной системы располагают в пределах границ осушаемой территории.

Водоприемниками служат реки, ручьи, овраги, канавы или другие пониженные места, куда можно отвести воду с осушаемой территории.

Водопроводящая сеть – это система открытых каналов или закрытых коллекторов и труб, по которым собранная вода поступает с осушаемой территории в водоприемники.

Регулирующая часть дренажа состоит из самого дренажа. Он может быть двух видов:

- открытый дренаж – сеть канав и каналов, которую устраивают на больших территориях или по границам участков вдоль улиц;
- закрытый дренаж. Он, в свою очередь, может быть горизонтальным, вертикальным или комбинированного типа.

Ограждающая сеть – каналы глубиной от 1,0 до 1,5 м – обеспечивает перехват поверхностных и грунтовых вод, поступающих с соседних территорий, расположенных выше.

5.4. Конструкции и технологии строительства дренажей

Конструкции дренажей определяются способом осушения территорий, в том числе открытым или закрытым дренированием. Конструкция горизонтального дренажа открытого типа приведена на рис. 20.

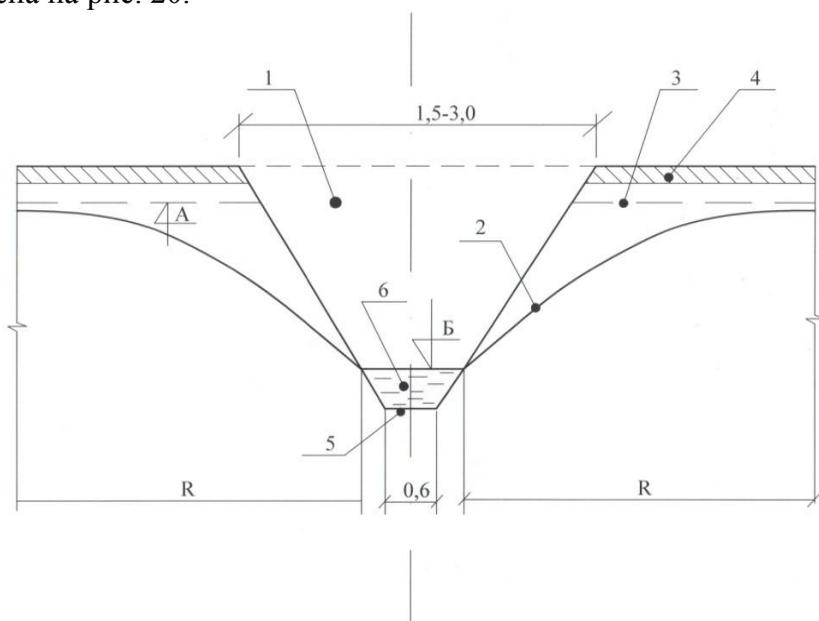


Рис. 20. Конструкция горизонтального дренажа открытого типа:

1 – канава; 2 – депрессионная кривая; 3 – уровень грунтовой воды до начала дренирования; 4 – почвенный слой; 5 – дно канавы; 6 – вода; А, Б – отметки уровней грунтовой воды; R – радиус депрессионной кривой

Конструкция горизонтального дренажа закрытого типа приведена на рис. 21.

Коллекторы предназначены для отвода собранной воды в водоприемники, их располагают ниже дренажей для самотечного движения воды из дрены и далее в водоприемник. Обычно продольный уклон дренажных труб и коллекторов назначают в пределах от 2 до 5 ‰ для диаметров труб до 100 мм и от 5 до 10 ‰ – для труб большего диаметра.

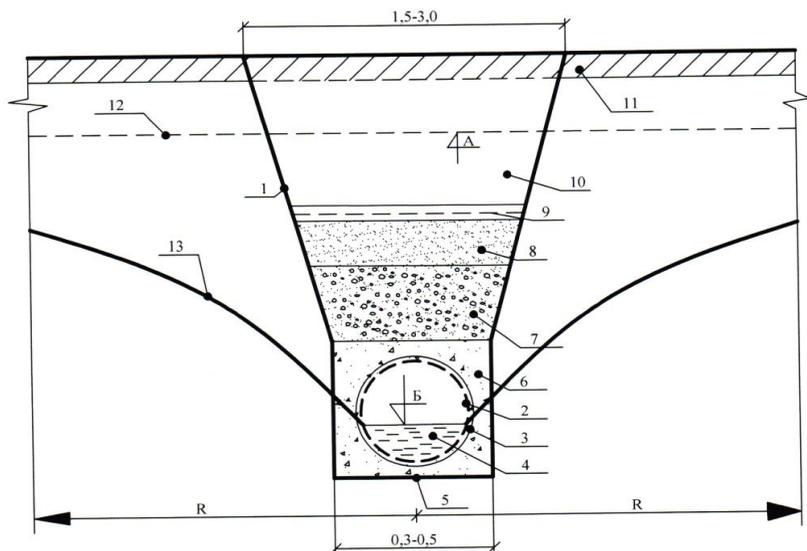


Рис. 21. Конструкция горизонтального трубчатого дренажа закрытого типа: 1 – стенка траншеи; 2 – дренажная труба; 3 – фильтр (синтетический нетканый материал); 4 – отводимая вода; 5 – дно траншеи; 6 – щебеночная обсыпка (30–40 мм); 7 – слой гравия; 8 – слой песка; 9 – двойной дерновой слой (дерниной друг к другу); 10 – слой мятой глины; 11 – почвенный слой; 12 – горизонт грунтовой воды до понижения уровня; 13 – депрессионная кривая; R – радиус депрессионной кривой; A , B – отметки понижения уровня грунтовой воды

Расстояние между дренажами назначают расчетом [11] в зависимости от грунтово-гидрологических условий. На участках

с тяжелыми глинистыми почвами оно принимается равным от 7 до 10 м. А для легкопроницаемых грунтов (супеси, легкие пески) расстояние между дренами назначают в пределах от 15 до 20 м.

Срок эксплуатации открытых дренажей составляет от 5 до 7 лет, а трубчатых – до 50 лет.

Вертикальные дренажи закрытого типа, в том числе калифорнийский дренаж, предназначены для глубокого, более 20 м, понижения уровня грунтовых вод. Схема конструкции вертикального дренажа приведена на рис. 22.

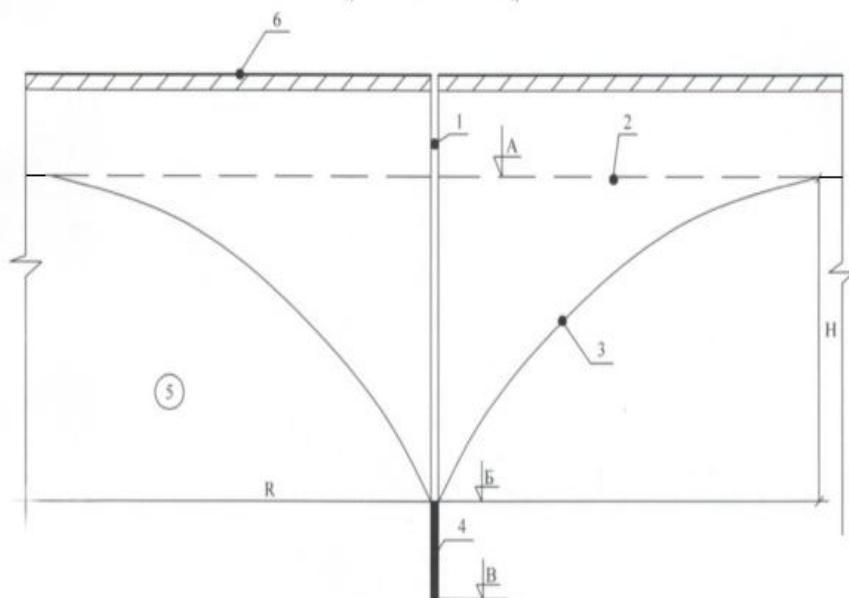


Рис. 22. Схема конструкции вертикального трубчатого дренажа:

1 – скважина (колодец); 2 – горизонт (уровень) грунтовых вод до понижения уровня; 3 – депрессивная кривая; 4 – вода, подлежащая удалению из водопримной части скважины; 5 – грунт осушения; 6 – почвенный покров; H – высота понижения уровней грунтовых вод; A, B – соответствующие высотные отметки грунтовых вод до и после дренирования; B – отметка для скважины; R – радиус депрессионной воронки

Строительство дренажей и коллекторов выполняют по проектам и специальным технологиям в следующей последовательности:

- 1) разбивочные работы;
- 2) копание (рытье) траншей (начиная с низовой части территории);
- 3) устройство (монтаж) водоприемных колодцев;
- 4) монтаж труб водопроводящей сети;
- 5) монтаж труб (дрен) регулирующей сети;
- 6) оформление актов на скрытые работы (по траншее и трубам);
- 7) засыпка траншей с выполнением правил дренирования и гидроизоляция;
- 8) рекультивация земель по трассе дренажа.

Строительство дренажа начинают с устройства водоприемника. После сооружения водоприемника прокладывают траншею под закрытый коллектор, по которому вода будет поступать из дрен в водоприемник. Затем разрабатывают траншеи для укладки звеньев дрен и котлованы для укладки колец колодцев. Диаметр дрен находится в пределах от 6 до 9 (10) см, а коллектора, в случае если он собирает воду от большого количества дрен на значительных территориях осушения, составляет не менее 9–10 см. На небольших земельных участках (менее 0,5 га) диаметры коллектора и дрен могут быть одинаковыми.

Ширина траншей под дрену и коллекторы составляет от 35 до 40 см, а глубина от 1,00 до 1,80 м. Дренажные коллекторы располагают ниже уровня заложения дрену, чтобы вода самостоятельно двигалась из дрен в коллектор, а из коллектора в водоприемник. Открытые каналы могут иметь различную глубину заложения в зависимости от типа рельефа. На равнинных земельных участках с минимальными значениями уклона склона глубина канала составляет 1,5 м, на более рельефных – менее 1,5 м. Эти нормы дренажей применимы для осушения всех типов почвы. Дренажная система должна иметь уклон дрен от 0,002 до 0,005

(2–5 мм на 1 м) для труб диаметром 90 (100) мм, а для труб с большим диаметром уклон увеличивают.

Дренажную систему располагают не ближе, чем в 0,5 м от линий оград и в 10 м от отмотки домов, зданий и сооружений. Расстояние между дренами на участках с тяжелыми глинистыми почвами принимают от 7 до 10 м, а с легкими песчаными, хорошо водопроницаемыми почвами – от 15 до 20 м.

В случаях, когда осушаемые территории расположены в низине или на склоне и водоприемники находятся выше осушаемой территории, в качестве водоприемника устраивают дренажные колодцы глубиной от 2 до 3 м. В них устанавливают дренажные насосы, которые в автоматическом режиме работы выкачивают собирающуюся в колодце воду.

5.5. Защита земельных территорий от воздействия воды

Защиту территорий от воздействия воды выполняют по проектам, выполняемым в соответствии с требованиями положений разделов «Инженерная подготовка к защите территорий», приведенных в СП 42.133330.2011 и СНиП 2.07.01.–89* [8].

Основными *методами защиты* территории от воздействия воды являются *водоотведение и осушение* [12]. Территории, требующие защиты от воды, характеризуют следующими условиями:

- территории расположены на пологом склоне, на который могут постоянно поступать поверхностные или грунтовые воды;
- территории, где вода за период выпадения дождя успевает полностью насытить грунт, слагающий склон [11].

Склоны с уклонами i более чем 0,005 защищают от возможности смыва плодородного слоя. При выборе способа их защиты учитывают зерновой состав почв (песчаные, супесчаные, суглинистые, глинистые).

Защиту территорий от воздействия *поверхностной* дождевой, ливневой и талой воды выполняют двумя основными способами:

– *обвалкой*, устраиваемой с верховой стороны защищаемой территории, грунтовыми валами (кроме песчаных и супесчаных грунтов).

– *посредством перехвата* воды устройством неглубоких *нагорных канав* (лотков), расположенных поперек склона на верхней и нижней границах территории с отводами в ливневую канализацию.

Защиту территорий от воздействия *грунтовых вод* выполняют решением следующих задач:

– быстрый отвод талых вод для раннего использования земельного участка после оттаивания почвы;

– отвод избыточных поверхностных и грунтовых вод в ходе (после) продолжительных атмосферных осадков (на тяжелых глинистых грунтах);

– понижение уровня грунтовых вод.

Защиту территорий от влияния избыточных грунтовых вод выполняют путем их дренирования.

В эволюционном развитии методов осушения земель с использованием дренажей человечество накопило богатый опыт. Сначала он накапливался в отраслях земледелия (Египет, Месопотамия, Китай, Великобритания), а затем в градостроительстве (Лондон, Нидерланды, Санкт-Петербург и др.).

Таким образом в землепользовании увеличились территории сельскохозяйственного назначения, а в градостроительстве – расширились территории земель населенных пунктов [2].

Проектирование и строительство дренажей выполняют по проектам специалистов. Для небольших участков территорий допускается применение типовых проектов дренажей, без подробных расчетов. При этом учитываются следующие исходные расчетные данные по дренажам:

– продольный уклон;

– диаметр дрен;

– расстояние между дренами;

– глубина заложения дрен;

- конструкция устьевой части дренажа;
- конструкции и параметры смотровых колодцев.

Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний

1. Назовите основные методы регулирования и защиты территорий от воздействия воды.
2. При какой величине уклона склона возможен смыв плодородного слоя грунта?
3. Какими способами защищают территории от воздействия поверхностных (атмосферных) вод?
4. Какие виды дренажей применяют на застроенных территориях?
5. Какой вид дренажей в поселениях является основным?
6. Какие виды дренажей вам известны?
7. Какова минимальная глубина заложения дренажа в условиях сезонного промерзания грунтов?
8. Какими способами рассчитывают дренажи?
9. Какие инженерные сооружения включают в себя дренажные системы?
10. Какие минимальные значения продольных уклонов трубчатых дренажей назначают в зависимости от диаметра труб?
11. В какой последовательности строят закрытые трубчатые дренажи?
12. Для какой цели используют геотекстильные ткани при строительстве дренажей?
13. Какими мероприятиями продлевают срок эксплуатации дренажей?

6. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

6.1. Основные сведения

Химическая мелиорация земель заключается в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв. Химическая мелиорация включает в себя работы по известкованию, гипсованию и фосфоритованию почв путем внесения в них добавок в необходимом количестве и в определенное время.

Задачей химической мелиорации является коренное улучшение химического состояния и структуры почв при помощи специальных веществ – химических мелиорантов.

Каждое сельскохозяйственное растение нормально развивается и дает хороший урожай при оптимальном для его вида значении кислотности, определяемой величиной рН водной вытяжки. Большинство растений предпочитают почвы с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией среды [19].

При помощи химических мелиорантов регулируют реакцию почвенного покрова и создают благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур.

подавляющее большинство пахотных земель России относится к кислым почвам, которые без химической мелиорации являются малопродуктивными. Неблагоприятные свойства кислых почв могут быть устранены в том случае, если содержащиеся в почвенном поглощающем комплексе этих почв ионы водорода и алюминия будут замещены ионами кальция. Для этих целей используют известь CaCO_3 , вследствие чего данный метод мелиорации получил название *известкования*.

Известкование почв – это осеннее мероприятие по внесению в почву известковых удобрений для устранения избыточной кислотности, вредной для многих сельскохозяйственных культур. Этот способ мелиорации применяют для раскисления подзолистых, торфяных и редко серых лесных и красноземных почв.

Известкование повышает рН водной вытяжки почвенного раствора и значительно улучшает многие свойства почвы, в результате чего существенно повышается урожайность сельскохозяйственных культур.

Почвы, имеющие высокие значения рН, относят к щелочным, в природе они встречаются намного реже, чем кислые. Однако, эти почвы распространены в южных регионах России, максимально подходящих по климатическим условиям для выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Кроме того, щелочная реакция крайне неблагоприятна для растений, которые практически не могут расти и развиваться при значениях рН водной вытяжки более 8.

Для нейтрализации щелочности, обусловленной присутствием в почве карбонатов и гидрокарбонатов натрия (Na_2CO_3 и NaHCO_3), используют слабые растворы различных кислот, чаще – серной кислоты. Такой метод химической мелиорации носит название *кислования*. Кроме кислоты аналогичное действие оказывают гидролитически кислые соли, которые вследствие реакции гидролиза образуют кислоты. В качестве подобного мелиоранта на щелочных почвах используют железный купорос.

Нейтрализуют кислотность почв также путем внесения в них фосфорных удобрений, в основном фосфорной муки (*фосфоритование*).

Химическую мелиорацию применяют и для улучшения свойств солонцовых почв. Солонцовые почвы отличаются крайне неблагоприятными для растений свойствами, обусловленными присутствием в почвенном поглощающем комплексе (ППК) этих почв значительных количеств ионов натрия. Именно повышенное содержание в почве ионов натрия вызывает процесс осолонцевания почв, в результате чего образуются солонцы, обладающие неблагоприятными водно-физическими свойствами. Эти почвы отличаются высокой вязкостью, липкостью, сильным набуханием во влажном состоянии и способностью к уплотнению при иссушении, и также слабой физиологической доступностью влаги.

Мелиорацию щелочных и солонцовых почв проводят методом *гипсования*, путем внесения в них гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. При этом происходит замещение двух ионов натрия, входящих в состав ППК, на один ион кальция гипса. В результате гипсования химические свойства солонцов значительно улучшаются, и эти почвы становятся пригодными для выращивания сельскохозяйственных культур.

Гипсование почв представляется работами по внесению в почву гипса для устранения избыточной *щелочности*, также вредной для многих сельскохозяйственных культур. Применяется гипсование при мелиоративных работах с солонцами и солонцеватыми почвами.

Солонцы представлены особым типом почв степных, полупустынных и пустынных зон. Этот тип почв проявляется на территориях с пониженными отметками рельефа местности в виде отдельных белесых пятен на черноземных, лугово-черноземных разновидностях почв с содержанием до 9 % гумуса и с повышенным присутствием, главным образом, легкорастворимых солей натрия.

Солончаки на территории России распространены в степных, полупустынных и пустынных зонах. Содержат водорастворимые соли и до 8 % гумуса. Особенно распространены на территориях Прикаспийской низменности, юге Западной Сибири и др. При сельскохозяйственном использовании такие почвы для обессоливания требуют промывки.

Фосфоритование почв – это действие по внесению в почву фосфоритной муки как фосфорного удобрения, представленного в основном $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, для кислых почв под различные сельскохозяйственные культуры. Эти удобрения используются часто в компостах как источник фосфора для питания растений. К таким удобрениям относят также суперфосфат, фосфоритовую муку и преципитат.

Преципитат – фосфорное удобрение, применяемое для различных типов почв под многие сельскохозяйственные культуры. Преципитат представлен химической формулой

$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ как основное солеобразующее соединение некоторых химических элементов с кислородом, например CaO . Он содержит от 27 до 35 % оксида фосфора P_2O_5 .

6.2. Известкование кислых почв

6.2.1. Основные положения известкования почв

Известкование почв – это, как отмечалось выше, процесс внесения в почву известковых удобрений для устранения избыточной кислотности, вредной для летних сельскохозяйственных культур.

В нашей стране почвы с повышенной кислотностью с показателем pH ниже 5,5 занимают земельные территории с площадью более 60 млн га, в том числе около 50 млн га приходится на пашню. Большая доля территорий с кислыми почвами находится в зоне распространения дерново-подзолистых почв. Кроме этого, кислой реакцией характеризуются также красноземы, серые лесные, многие торфяно-болотные почвы и частично выщелоченные черноземы [32].

Процесс известкования обеспечивает важнейшее условие интенсификации сельскохозяйственного производства на кислых почвах, в том числе повышение их плодородия, а также эффективность применения минеральных удобрений.

Известкование почв реализуется путем внесения в почву извести и других известковых удобрений. Способ химической мелиорации кислых почв основан на замене ионов водорода и алюминия ионами кальция и магния в почвенном поглощающем комплексе. При известковании в результате нейтрализации кислотности почв и увеличения в них содержания кальция усиливается жизнедеятельность полезных микроорганизмов, например, клубеньковых бактерий, а также микроорганизмов, минерализующих органические остатки в перегной. При этом почва обогащается элементами питания, доступными для расте-

ний. Улучшаются её физические свойства, такие как структура, водопроницаемость и др. Кроме того известкование повышает эффективность применения органических и минеральных удобрений.

Известкование почв широко применяют на подзолистых, дерново-подзолистых и некоторых торфяных почвах, реже на серых лесных почвах и краснозёмах. На подзолистых почвах при значениях рН водной вытяжки менее 4,5 проводят известкование почв под все сельскохозяйственные культуры. При значениях рН от 4,5 до 5,0 проводят известкование почв под все культуры, кроме люпина. При рН от 5,1 до 5,5 почвы известкуют под культуры, очень чувствительные к кислотности. Например, свекла, капуста, лук, чеснок, клевер, люцерна, смородина. Нуждаются в слабокислой и близкой к нейтральной реакции брюква, турнепс, вика, фасоль, кукуруза, пшеница, ячмень, огурцы, яблоня, вишня. Переносят умеренную кислотность, но повышающие урожайность при внесении высоких доз извести, такие культуры как, овес, рожь, тимофеевка, гречиха. При значениях рН от 5,6 до 6,0 известковые удобрения вносят только под свёклу и люцерну. При рН более 6,0 почву не известкуют.

6.2.2. Причины образования кислотности в почвах

Факторами, определяющими причины образования в почвах кислотности, могут быть:

1. *Химический состав почвообразующих горных пород*, которые называют материнскими, из которых формируется почва, является определяющим фактором ее кислотности. Например, почвы, сформированные на известковых сланцах или известняке, изначально имеют высокое значение показателя рН. Для того, чтобы они стали кислыми, нужен значительно больший временной промежуток естественного окислительного процесса, чем для тех почв, которые образовались на гранитах и песчаниках. Кроме того, на кислотно-щелочной баланс почвы влияет геологический возраст ландшафта – время, в течение ко-

того из исходного материала формируется почва. Чем продолжительнее период воздействия факторов погодных условий на почву и чем интенсивнее этот процесс, тем больше из почвы будет удалено исходного известкового материала и, следовательно, будет ниже значение водородного показателя рН.

2. В территориальных районах, где годовой объем выпадания атмосферных осадков превышает годовую норму испарения, влага в избытке накапливается в почве. В этом случае существует высокий потенциал выщелачивания растворимых солей и основных минералов вниз по профилю почвы на глубину ниже области расположения корневой зоны растений. Постепенно почва становится более кислой. Выщелачивание, возникающее в процессе орошения земель, может также стать причиной повышения кислотности почвы. Степень окисленности почв зависит от интенсивности применения воды для орошения и ее щелочного содержания [13,19].

3. Аммонийный азот (NH_4^+), внесенный в почву поливной водой или полученный в результате разложения почвенными бактериями, пожнивных остатков и органического вещества повышает кислотность почв, превращаясь в нитрат азота (соль азотной кислоты NO_3^+). Это преобразование аммония в нитрат азота происходит благодаря действию микроорганизмов. В результате такой реакции высвобождаются два иона водорода H^+ , что приводит к повышению кислотности почвы. Кроме того, ионы аммония, смешанные в концентрированной форме с поверхностным слоем почвы, могут быть замещены другими основными ионами, такими как кальций, который впоследствии в процессе выщелачивания постепенно влагой опускается по профилю почвы вниз. Этот процесс считается причиной увеличения кислотности почвы в тех местах, где они изначально были нейтральными или слегка щелочными.

В России азотные удобрения начали активно использоваться для выращивания пшеницы и других растений с 50-х годов XX века [14].

4. Вынос с урожаем минералов кальция, калия и магния в не-

которой степени влияет на подкисление почвы. Стебли и листья содержат в 3–4 раза больше основных минералов, чем семена. Систематическое использование растений в качестве фуража (корма для скота) или удаление соломы с поля в течение многих лет приводит к еще большей интенсивности извлечения минералов из почв на земельных участках поля по сравнению с вариантом, когда с них убирается только зерно.

5. Еще одна причина увеличения кислотности почвы – это *процесс разложения органического материала*, особенно в очень влажных почвах. Если такое разложение происходит при отсутствии достаточного количества кислорода, то освобождаются ионы H^+ , много органических кислот и большой объем углекислого газа (CO_2). Углекислый газ реагирует с водой, в результате чего образуется угольная кислота. Дренажное восстановление почв восстанавливает процесс поступления в почву кислорода, и способствует процессу удаления кислотности из почвы вниз по профилю с помощью микроорганизмов или в результате действия других химических процессов. В этом случае вклад в окисление почвы со стороны разложения органической материи будет небольшим. Даже для достижения незначительных изменений кислотности почв, которые наступают в результате этого процесса, понадобится много лет.

6. Низкое значение показателя pH может также привести к тому, что *медь, цинк и бор могут быть для растений токсичными*. При этом высокая концентрация этих ионов может стать причиной проявления на растениях симптомов дефицита питательных веществ. Высокая концентрация растворимого алюминия и марганца становится помехой в поглощении, транспортировке или использовании растением некоторых питательных веществ, в том числе кальция, калия, фосфора, магния и молибдена. Это приводит к дефициту этих элементов в почве. Однако при других равных условиях этого количества питательных элементов в почвах для некоторых сельскохозяйственных культур было бы достаточно, например, для пшеницы.

7. Дефицит фосфора также является существенным фактором образования кислых почв. Он химически связывается с железом и алюминием в нерастворимые соединения. Дефицит доступного фосфора может наблюдаться, если значение показателя рН находится у другого края шкалы рН, в области щелочности почв. Фосфор также образует малорастворимые соединения, как например, кальциевый фосфат.

6.2.3. Корректировка кислотности почв

Кислотность почвы может быть снижена путем внесения в нее известкового материала. Сельскохозяйственная известь, такая как карбонат кальция, карбонат магния или их смесь является самым распространенным средством нейтрализации кислоты. Известковыми материалами также являются кальциевые и магниевые окислы и окиси водорода, а также другие побочные продукты горной отрясли хозяйства [32].

Пример процесса раскисления почв путем внесения в них извести приведен на рис. 23.

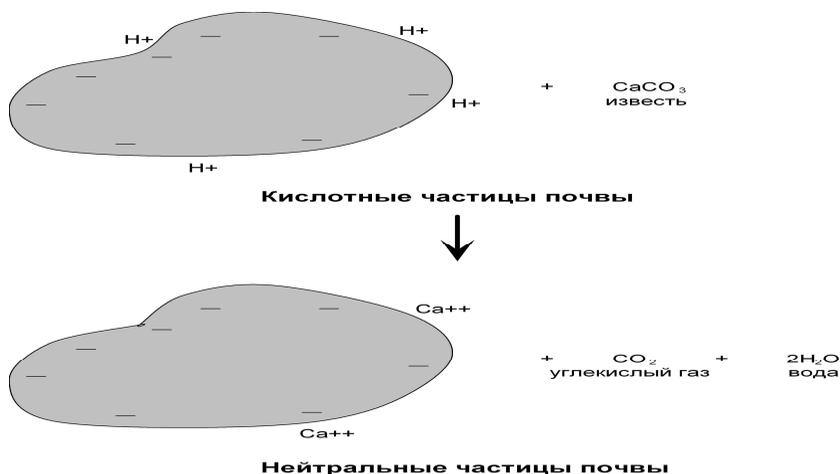


Рис. 23. Схема процесса раскисления почв путем внесения в них извести

На приведенном примере показан ход замены ионов водорода ионами кальция, что приводит к нейтрализации кислотности элементарной частицы почв.

В почвах также широко распространены окислительно-восстановительные процессы, имеющие большое значение в почвообразовании и плодородии и которые рассмотрены в разделе 6.3. настоящего учебного пособия.

6.2.4. Восприимчивость растений к известкованию

Для каждого вида растений существует определенная наиболее благоприятная для его роста и развития величина кислотно-щелочной реакции среды. Большинство сельскохозяйственных культур и полезных почвенных микроорганизмов лучше развивается при реакции, близкой к нейтральной, при значениях рН от 6 до 7 [32].

По отношению к отзывчивости и восприимчивости на известкование сельскохозяйственные культуры подразделяют на следующие группы:

1. *Не переносят* кислой реакции такие растения, как люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста. Для них оптимум значения рН лежит в узком интервале от 7 до 7,5 и они сильно отзываются на внесение извести.

2. *Чувствительны* к повышенной кислотности пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, а также все бобовые культуры, за исключением люпинов и сераделлы, огурцы, лук, салат. Они лучше растут при слабокислой или нейтральной реакции при (рН 6–7) и хорошо отзываются на известкование не только сильно- но и среднекислых почв.

3. *Менее чувствительными* к повышенной кислотности являются рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, редис, морковь, томаты. Они могут удовлетворительно расти в широком интервале значения рН при кислой и слабощелочной реакции рН от 4,5 до 7,5, но наиболее благоприятна для их роста слабокис-

лая реакция рН от 5,5 до 6,0. Эти культуры положительно реагируют на известкование сильно- и среднекислых почв полными дозами, что объясняется не только снижением кислотности, но и усилением мобилизации питательных веществ и улучшением питания растений азотом и зольными элементами.

4. *Нуждаются* в известковании только на средне- и сильнокислых почвах лен и картофель. Картофель мало чувствителен к кислотности, а для льна лучше слабокислая реакция при значениях рН от 5,5 до 6,5. Высокие нормы внесения CaCO_3 , особенно при применении ограниченных норм удобрений, оказывают отрицательное действие на качество урожая этих культур. Так, картофель сильно поражается паршой, снижается содержание крахмала в клубнях, а лен заболевает бактериозом, ухудшается качество его волокон. Отрицательное влияние известкования на эти растения объясняется не столько нейтрализацией кислотности, сколько уменьшением усвояемых соединений бора в почве и избыточной концентрацией ионов кальция, из-за чего затрудняется поступление в растение других катионов, в частности магния и калия.

В севооборотах с большим удельным весом посевов картофеля и льна при использовании высоких норм удобрений, особенно калийных, известкование проводят полными нормами. При этом к известковым удобрениям, содержащим магний, сланцевую золу или металлургические шлаки, а при использовании CaCO_3 к ним одновременно добавляют и борные удобрения. В этом случае отрицательного воздействия известкования на лен и картофель не наблюдается, но в то же время повышается урожайность клевера, озимой пшеницы и других культур, чувствительных к кислотности.

5. *Хорошо* переносят кислую реакцию и чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве бобовые растения, люпины, сераделла, а также чайный куст, поэтому при известковании повышенными дозами они снижают урожай. При возделывании люпина и сераделлы на зеленые корма скоту или как удобрение вносят известь не перед посевом, а при запашке этих культур в почву.

Таким образом, на большинство сельскохозяйственных культур повышенная кислотность почвы оказывает отрицательное действие, и они положительно отзываются на известкование. Неблагоприятное влияние кислой реакции на растения весьма многосторонне. Прямое вредное действие повышенной концентрации ионов водорода сочетается с косвенным влиянием ряда сопутствующих кислой реакции факторов. При повышенной кислотности почв ухудшаются рост и ветвление корней, снижается питательная проницаемость клеток корней, и поэтому ухудшается использование растениями воды, питательных веществ почвы, внесенных удобрений. При кислой реакции почв нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляются процессы превращения простых углеводов (моносахаров) в другие, более сложные органические соединения. Особенно чувствительны растения к повышенной кислотности почвы в первый период роста, сразу после прорастания.

Помимо прямого непосредственного отрицательного воздействия, повышенная кислотность почвы оказывает на растения и другие многосторонние косвенные действия. Так, кислые почвы оказывают на растения неблагоприятные биологические, физические и химические воздействия. Коллоидная часть кислых почв бедна кальцием и другими химическими основаниями. Вследствие вытеснения ионами водорода кальция из почвенного перегноя, повышаются его дисперсность и подвижность, а насыщение минеральных коллоидных частиц водородом приводит к постепенному их разрушению. Этим объясняется малое содержание в кислых почвах коллоидной фракции, они поэтому имеют неблагоприятные физические и физико-химические свойства, плохую структуру, низкую емкость поглощения и слабую буферность.

В кислых почвах деятельность полезных почвенных микроорганизмов сильно подавлена, особенно азотфиксирующих свободноживущих и клубеньковых бактерий, для развития которых наиболее благоприятна нейтральная реакция с показателями

кислотности рН от 6,5 до 7,5. Образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных веществ, вследствие ослабления минерализации органического вещества, протекает слабо. В то же время повышенная кислотность способствует развитию в почве грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений.

Отрицательное действие повышенной кислотности в значительной степени связано с увеличением подвижности в почве алюминия и марганца. При кислой реакции растворимость соединений алюминия и марганца увеличивается, а повышенное содержание их в растворе оказывает отрицательное действие на растения.

Особенно чувствительны к повышенному содержанию подвижного алюминия клевер, люцерна, озимая пшеница и рожь (при перезимовке), свекла, лен, горох, гречиха, ячмень. Эти культуры страдают при содержании его в почве свыше 2–3 мг на 100 г. При высоком содержании в кислых почвах подвижного алюминия и железа происходит связывание ими усвояемых форм фосфора с образованием нерастворимых и малодоступных растениям фосфатов полуторных окислов, в результате чего ухудшается питание растений фосфором.

В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена, он переходит в труднорастворимые формы, и его может не хватать для нормального роста растений, особенно бобовых. В кислых, особенно песчаных и супесчаных почвах, мало усвояемых соединений кальция и магния; кроме того, при кислой реакции затрудняется их поступление в растение, поэтому ухудшается питание и этими важными элементами.

6.2.5. Влияние извести на свойства и питательный режим почвы

При внесении в почву извести, содержащиеся в ней ионы водорода, а также свободные органические и минеральные кислоты нейтрализуются. Устраняя кислотность, известкование

оказывает многостороннее положительное действие на свойства почвы, ее плодородие [32].

Замена поглощенного водорода кальцием сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов, в результате чего уменьшаются их разрушение и вымывание, улучшаются физические свойства почвы – структурность, водопроницаемость, аэрация.

При внесении извести в почву снижается содержание подвижных соединений алюминия и марганца, они переходят в неактивное состояние, и в результате этого устраняется их вредное действие на растения.

Особенно чувствительны к повышенному содержанию подвижного алюминия клевер, люцерна, озимая пшеница и рожь, а также свекла, лен, горох, гречиха и ячмень. Эти культуры страдают при его содержании в почве свыше 2–3 мг на 100 г. При высоком содержании в кислых почвах подвижного алюминия и железа происходит связывание ими легко усвояемых форм фосфора. При этом образуются нерастворимые и малодоступные для растений фосфаты, полуторные окислы, в результате чего ухудшается питание растений фосфором.

Под влиянием известкования в ходе снижения кислотности и улучшения физических свойств почвы усиливается жизнедеятельность микроорганизмов и мобилизация ими из органической составляющей почв азота, фосфора и других питательных веществ. В известкованных почвах лучше развиваются азотфиксирующие бактерии, такие как клубеньковые и свободноживущие, которые обогащают почву азотом за счет азота воздуха, в результате чего улучшается азотное питание растений.

Известкование способствует переводу труднодоступных для растений фосфатов алюминия и железа в более доступные фосфаты кальция и магния. При известковании почв калий труднорастворимых минералов интенсивнее переходит в более подвижные соединения и вытесняется из почвы в водный раствор. Однако усвоение его растениями не увеличивается вследствие проявления антагонизма между катионами K^+ и Ca^{2+} . Из-

весткование усиливает в почве подвижность микроэлементов и доступность их для растений.

Кроме азота, водорода, калия, кальция в почвах содержатся также и другие химические элементы и минералы, являющиеся питательными веществами для корневой системы растений. К ним относятся, например, молибден, бор, марганец и другие. Так, соединения молибдена после внесения в почву извести переходят в более усвояемые для растений формы, улучшается их питание. В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена. Он переходит в труднорастворимые формы, и его может не хватать для нормального роста растений, особенно бобовых.

Соединения молибдена после внесения извести переходят в более усвояемые формы, улучшается питание растений этим элементом. А подвижность соединений бора и марганца при известковании, наоборот, уменьшается, и растения могут испытывать недостаток в них. Поэтому в известкованные почвы вносят борные удобрения, особенно под культуры, особо требовательные к нему, такие как сахарная и кормовая свекла, клевер, люцерна, гречиха, лук и др. При внесении извести почва обогащается кальцием, а при использовании доломитовой муки – магнием и тогда потребность растений в этих элементах обеспечивается полностью.

Улучшение питания растений азотом и зольными элементами связано также с тем, что на известкованных почвах растения развивают более мощную корневую систему, способную усваивать больше питательных веществ из почвы.

6.2.6. Нуждаемость почв в известковании и нормы внесения извести в почвы

Эффективность известкования зависит от кислотности почв – чем выше их кислотность, тем острее потребность в известковании, и в результате можно ожидать большую прибавку урожая. Поэтому прежде чем вносить известь на то или

иное поле, определяют степень кислотности почвы и нуждаемость ее в известковании, устанавливают норму внесения извести в соответствии с особенностями почвы и возделываемых растений [14].

Необходимость известкования почвы определяют по некоторым внешним признакам. Так, кислые сильноподзолистые почвы обычно имеют белесый оттенок, а также ярко выраженный подзолистый горизонт, достигающий глубины 10 см и более. На повышенную кислотность почвы и нуждаемость ее в известковании указывают такие признаки как: плохой рост, сильное выпадание (образование после перезимок так называемых «плешивых» нарастающих участков поля, раннее засеянных) сельскохозяйственных культур, в том числе клевера, люцерны, озимой пшеницы, наряду с обильным развитием устойчивых к кислотности сорняков, таких как щавелька, пикульник, торица, полевой лютик, белоус, щучка.

Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью определяется по обменной кислотности (рН солевой вытяжки). При значении рН солевой вытяжки 4,5 и ниже наблюдается сильная потребность растений в известковании, при кислотности от 4,6 до 5,0 – средняя, при рН от 5,1 до 5,5 – слабая и при рН больше 5,5 потребность почв в известковании отсутствует. Величина кислотности почвы является основным и важным, но не единственным показателем, характеризующим потребность почв в известковании. Другими показателями, характеризующими кислотность почв, являются: степень насыщенности почвы основаниями (V) и ее механический состав. С учетом этих трех показателей степень нуждаемости почв в известковании может быть установлена значительно точнее. Оценка степени нуждаемости почв в известковании в зависимости от их вида приведена в табл. 10.

Таблица 10

**Степень нуждаемости почв в известковании в зависимости
от их вида и кислотности (солевой вытяжки рН)**

Вид почв по механиче- скому составу	Степень нуждаемости почв в известковании			
	сильная	средняя	слабая	отсутствует
показатели вытяжки рН				
Суглинистые, тяжелые и средние	Менее 4,5	4,5	5,0	Свыше 5,5
Суглинистые легкие	Менее 4,5	4,5–5,0	5,0–5,5	Свыше 5,5
Супесчаные и песчаные	Менее 4,5	4,5–5,0	5,0–5,5	Свыше 5,5
Заболоченные торфянистые, торфяные и торфяно- болотные	Менее 3,5	3,5–4,2	4,3–4,8	Свыше 4,8

При проведении известкования учитывают, кроме свойств почвы, также особенности возделываемых культур в севообороте.

Так, для полевых севооборотов с небольшим удельным весом посевов льна и картофеля, а также культур, чувствительных к кислотности (овощных, кормовых и др.), очередность известкования полей совпадает с группировкой почв по степени нуждаемости в нем, указанной в табл. 10. Сильно нуждающиеся почвы известкуют в первую очередь, средне нуждающиеся – во вторую и слабо нуждающиеся – в третью очередь. В севооборотах с большим удельным весом льна и картофеля слабо нуждающиеся почвы не известкуют, а в севооборотах с чувствительными к кислотности культурами в первую очередь известкуют не только почвы сильно, но и средне нуждающиеся. Нормы внесения извести зависят от степени кислотности почв, их механического состава и особенностей возделываемых культур.

Количество извести, необходимое для уменьшения кислотности пахотного слоя почвы до слабокислой реакции (до значения рН солевой вытяжки от 5,6 до 5,8), благоприятной для большинства культур и полезных микроорганизмов, называется *полной нормой*.

Ориентировочные нормы внесения извести в почвы определяют по величине рН солевой вытяжки. В зависимости от этих показателей рекомендуется вносить в дерново-подзолистые почвы, содержащие не более 3 % органического вещества, следующие нормы извести, приведенные в табл. 11.

Таблица 11

Нормы внесения извести в почвы в зависимости от их вида и рН солевой вытяжки, CaCO₃, т на 1 га

Вид почвы	Показатель рН солевой вытяжки					
	менее 4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	более 5,2
норма вносимой извести						
Супесчаные и суглинистые легкие	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,0
Суглинистые средние и тяжелые	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

Примечание. При расчете норм внесения извести на одну сотку данные норм уменьшаются во сто раз.

Устанавливая норму извести для конкретных условий учитывают механический состав почвы и особенности культур севооборота. На тяжелых почвах и под культуры, очень чувствительные к повышенной кислотности (свекла, кукуруза, клевер, люцерна, капуста и др.) вносят полную норму извести, рассчитанную по гидролитической кислотности. На более легких малобуферных почвах и для культур, не чувствительных к кислот-

ности (картофеля, люпина и др.), норму извести уменьшают на 30–50 %.

Для лучшей организации известкования полей на основе агрохимического обследования почв составляют картограммы кислотности почвы, на которых выделяются участки с разной степенью кислотности и нуждаемости в известковании. Периодически агрохимические анализы почв повторяют для уточнения данных ранее составленных картограмм.

Дозы известковых удобрений зависят от величины кислотности почвы и её механического состава; они должны быть достаточны для поддержания в течение 10–12 лет слабокислой реакции почвы, обеспечивающей нормальные условия для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур.

Дозы известковых удобрений, приведенные в табл. 11, могут быть снижены при неглубокой заделке их в почву и применении вместе с органическими минеральными удобрениями. Известковые удобрения вносят обычно 1 раз в ротацию севооборота. В некоторых случаях, например, если в севообороте посевные культуры резко различаются по своей нуждаемости в известковании, используют метод дробного внесения удобрений (в несколько приёмов) от полной дозы. Известковые удобрения допускается вывозить на поля весной, летом и осенью, а на спланированных массивах – по мёрзлой земле и мелкому снегу.

6.2.7. Известковые и другие минеральные удобрения

Известковые удобрения, используемые для известкования почв, включают в себя природные известковые породы (известняк, доломит, мел, туф), а также продукты их переработки. К отходам промышленности относят, например, фекалит, сланцевую или торфяную золу, содержащие кальций. Такие удобрения снижают кислотность почвы и обогащают ее кальцием.

Известь в переводе с греческого означает «неугасимый» и несет обобщенное название продуктов обжига и последующей

переработки известняка, мела и других карбонатных пород. Различают известь негашеную (CaO), гашеную $[(Ca(OH)_2]$, натровую (смесь гашеной извести NaOH) и др.

Известковые удобрения получают размолом или обжигом твердых известковых пород (известняка, доломита, мела) или используют для известкования мягкие известковые породы и различные отходы промышленности, богатые известью.

Известняковая мука – основное промышленное известковое удобрение. Она получается при размоле или дроблении известняков. Состоит в основном из карбоната кальция – $CaCO_3$, он чаще всего доломитизирован, т. е. содержит также $MgCO_3$, (до 10–15 % в расчете на MgO). Чем выше содержание в породе $MgCO_3$, тем она тверже и прочнее. При большом содержании $MgCO_3$ (18–20 % в расчете на MgO) порода называется доломитом, при ее размоле получается доломитовая мука. Известковые материалы, содержащие магний, для многих сельскохозяйственных культур (свекла, картофель, лен, клевер, люцерна, гречиха, морковь, лук и др.) более эффективны, чем известковые удобрения, не содержащие магния, особенно на бедных магнием песчаных и супесчаных почвах. При внесении их в почву устраняется или уменьшается отрицательное действие известкования полными нормами на картофель и лен.

Качество известковых удобрений оценивается по количеству соединений, нейтрализующих кислотность почвы, и по тонкости помола. Промышленные известковые удобрения должны содержать не менее 85 % $CaCO_3$ и $MgCO_3$. Чем тоньше помол известняковой и доломитовой муки, тем скорее и полнее она растворяется и усваивается, быстрее нейтрализует кислотность почвы и тем выше ее эффективность. Наиболее эффективна известняковая мука с тонкостью размолы менее 0,25 мм. При высоком содержании грубых частиц (крупнее 1–3 мм) эффективность ее применения резко снижается. Согласно государственному стандарту, известняковая мука I класса должна содержать не более 5 % частиц крупнее 1 мм и 70 % — диаметром

менее 0,25 мм, влажность ее не должна превышать 1,5 %, а количество примесей – не более 15 %.

Жженая известь получается при обжиге известняков CaCO_3 , которые превращаются в CaO ($\text{CaCO}_3 + \text{NK}_{\text{кал}} = \text{CaO} + \text{CO}_2$), или жженую (комовую) известь. При взаимодействии ее с водой образуется гидроксид кальция [$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$], так называемая гашеная известь (пушонка) в виде тонкого, рассыпающегося порошка. Гашеная известь получается на известковых заводах также как отход при производстве хлорной извести. По способности нейтрализовать кислотность почвы 1 т гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ равноценна применению 1,35 т известняка CaCO_3 . Пушонка представляется как быстродействующее известковое удобрение. Эффективность ее в первый год после внесения в почву может быть выше, чем CaCO_3 , но с годами их действие выравнивается.

Большое значение для известкования кислых почв имеют рыхлые известковые породы, не требующие размола, к ним относятся известковые туфы, или ключевая известь, гажа, или озерная известь, мергель, торфотуфы, природная доломитовая мука. В качестве известковых удобрений могут использоваться различные отходы промышленности, сланцевая зола, доменные и марганцевые шлаки, дефекация (дефекационная грязь) и др.

6.2.8. Сроки и способы внесения извести в почву

Наиболее эффективным средством увеличения продуктивности сельскохозяйственного производства является использование удобрений. В настоящее время мировое производство минеральных удобрений равно примерно 200–220 млн т/год. Темпы роста производства удобрений во многом сходны с ростом производства электроэнергии. Применение удобрений можно рассматривать как одно из проявлений закона увеличения вложения энергии в единицу производимой сельскохозяйственной продук-

ции. Это значит, что для получения одной и той же прибавки урожая требуется все большее количество минеральных удобрений.

Потери минеральных удобрений происходят при хранении, транспортировке, неравномерности распределения по поверхности поля, в результате развития эрозии. Последствия внесения удобрений разнообразны и проявляются как в районах их внесения, так и на соседних территориях. Например, использование азотных удобрений приводит к накоплению в почве азота в виде нитратов вследствие микробиологических процессов (аммонификации, нитрификации). Особенно сильное загрязнение почв нитратами происходит при применении необоснованно высоких (более 200 кг/га) доз бесподстилочного навоза. Значительное содержание нитратов в почве приводит к их повышенному содержанию в растениях. Известно более 20 факторов, влияющих непосредственно на накопление нитратов в растениеводческой продукции. Основными из них являются: дозы азотных удобрений и соотношение азота с другими питательными веществами; формы, сроки и способы внесения; гранулометрический состав почвы и другие ее свойства. 70–80 % нитратов человек получает с овощами, 15–20 % – с питьевой водой, 5–10 % – с фруктами, молочными и мясными продуктами.

Известь обладает длительным химическим действием. Установлено, что полная норма внесения в почву извести может оказывать положительное влияние на урожай сельскохозяйственных культур в течение двух ротаций 7–8-польного севооборота, а половинная норма – не более одной ротации (6–7 лет). С течением времени после внесения извести вновь происходит постепенное увеличение степени кислотности почвы (особенно быстро на малобуферных почвах и при систематическом применении в высоких дозах физиологически кислых удобрений) и возникает потребность почв в повторном известковании. Периодичность и эффективность повторного внесения извести зависят от ее нормы при первичном известковании и обеспеченности хозяйства предприятия минеральными удобрениями.

При известковании почв половинными нормами и интенсивном применении минеральных удобрений периодичность известкования учащается, а эффективность повторного внесения извести становится достаточно высокой. Необходимость повторного известкования устанавливают на основе данных агрохимического анализа почвы (определения степени ее кислотности) и расчета баланса кальция по результатам лизиметрических опытов.

Эффективность известкования в большой степени зависит от равномерного внесения по территории поля извести и тщательного перемешивания ее с почвой. Известь должна быть хорошо измельчена и перед заделкой равномерно рассеяна по поверхности почвы, что лучше всего достигается с помощью известковых сеялок и распределителей. Пылевидные известковые удобрения, в том числе известняковая мука, сланцевая зола, цементная пыль и пылевидные отходы металлургической промышленности вносят в почвы цементовозами или другими машинами подобного типа. Важно применять такой способ заделки извести в почву, при котором обеспечивается тщательное перемешивание ее по всей толще пахотного слоя. Известковые удобрения вносят в почвы – под плуг с осени под зяблевую вспашку или весной под перепашку зяби, в сочетании с органическими удобрениями – навозом, торфом, компостом. При использовании фосфоритной муки ее вносят под вспашку зяби, а известь – под перепашку или культивацию. С организационно-хозяйственной точки зрения наиболее удобно проведение известкования в парующих полях. Объектом первоочередного известкования в севооборотах с клевером является покровная культура. В пропашных севооборотах известь в первую очередь вносят под посевы кукурузы и корнеплодов, а в овощных – под капусту и свеклу или под их предшественников.

На естественных сенокосах и пастбищах известь в почвы вносят поверхностно. Известкование кислых почв резко повышает продуктивность кормовых угодий, при этом не только возрастает урожай, но и улучшаются состав травостоя, кормовые достоинства

сена и пастбищного корма. Известкование является одним из основных мероприятий при залужении и создании культурных пастбищ на кислых почвах. Известь вносят в почву под вспашку, при проведении агротехнических работ – под культивацию.

6.2.9. Эффективность известкования почв

Под влиянием известкования и удобрений возрастает интенсивность использования растениями питательных веществ почвы, повышается урожайность сельскохозяйственных культур. На основании многочисленных опытов установлено, что этот прием на средне- и сильнокислых дерновоподзолистых почвах увеличивает урожайность озимой пшеницы на 3–7 ц, ржи, яровой пшеницы, ячменя на 2–5, клеверного сена на 8–15 и больше, сахарной, кормовой свеклы и капусты на 40–100, кукурузы (зеленая масса) на 30–70, картофеля на 10–20 ц на 1 га. При известковании сильнокислых почв урожайность повышается в большей степени, чем средне- и слабокислых, и прибавки урожая возрастают с повышением нормы извести [32].

Известь медленно растворяется и медленно взаимодействует с почвой, поэтому действие ее проявляется постепенно и эффект от известкования достигает максимума на второй-третий год. При внесении полной дозы положительное действие извести на урожай проявляется в течение 8–10 лет. За это время каждая тонна извести дает общую прибавку урожайности всех выращиваемых культур, равную в пересчете на зерно 12–15 ц на 1 га.

Известкование является основным условием эффективного применения удобрений на кислых почвах. На известкованных почвах значительно возрастает эффективность комплексного внесения в почву минеральных и органических удобрений. Положительное действие известкования наблюдается от совместного внесения в почву извести и навоза. Опыты показывают, что на кислых подзолистых почвах сочетание известкования с внесением умеренных норм навоза в большинстве случаев дает такую же или бо-

лее высокую прибавку урожайности сельскохозяйственных культур, как и двойная норма навоза на известкованной почве [14].

Эффективность применения органических удобрений на сильно- и среднекислых почвах при их известковании повышается на 35–50 %, а слабокислых – на 15–20 %. Прибавки урожая от совместного применения извести и органических удобрений обычно выше, чем сумма прибавок от раздельного их внесения.

Известкование кислых почв не только повышает урожай и эффективность удобрений, но и обеспечивает получение значительного экономического эффекта. Экономическая эффективность известкования определяется величиной затрат на его проведение и стоимостью дополнительной продукции, получаемой от извести за все время ее действия.

Прибавки урожайности от известкования и экономическая эффективность этого приема могут широко колебаться в зависимости от степени кислотности почв, норм внесения извести и состава культур севооборота. Наибольший чистый доход от известкования кислых почв и окупаемость затрат обеспечиваются в севооборотах с наличием культур, сильно отзывающихся на известкование. Для планового известкования почв проводят специальные почвенные обследования и полевые опыты, составляют картограммы кислотности почв и известкования.

6.3. Окисление щелочных почв.

Окислительно - восстановительные процессы

6.3.1. Основные положения

окислительно-восстановительных процессов в почвах

В ходе мелиоративных работ щелочные почвы доводят до нейтрального состояния путем окисления в кислотно-щелочном отношении. Окисление почв выполняют в случае, если значение величин их водной вытяжки рН будет более 6 (область щелочности почв).

Окислением почв называют химические процессы, связанные с присоединением ионов кислорода и отдачей водорода или заменой электронов водорода электронами других химических элементов. Обратные явления в этих процессах объединены в понятие «восстановление». Реакции окисления в общем виде рассматривают как отдачу электронов водорода, а восстановления – как присоединение. [32].

Главным окислителем является свободный кислород почвенного воздуха, находящийся в почвах и кислород, растворенный в почвенной влаге. Большая часть окислительно-восстановительных реакций имеет биохимическую природу и таким образом они связаны с проявлением микробиологических процессов.

Эти обстоятельства в развитии окислительно-восстановительных процессов определяют особую значимость таких факторов, как аэрация почв, влажность, температура, содержание в почве органического вещества и его состава, а также минеральных соединений и элементов переменной валентности.

6.3.2. Факторы формирования режимов окислительно-восстановительных процессов в почвах

Основным фактором, формирующим режим окислительно-восстановительных процессов в почвах является *аэрация* (от греческого – воздух). В почвоведении под аэрацией понимают искусственное насыщение пустот почвы воздухом для быстрого окисления, содержащихся в них органических веществ. Она характеризует условие воздухообмена в почвах и тесно связана с комплексом физических свойств почвы, таких как структура, плотность, пористость, влажность. Так, при *пористости* почв от 18 до 20 % в них создается благоприятный воздухообмен с атмосферой, что обеспечивает нормальное течение окислительных процессов. Пористость почв в пределах значений от 10 до 12 % затрудняет поступление кислорода в почву, вследствие чего при нормальной микробиологической активности его расход

не восполняется. При этом в качестве источника кислорода анаэробные микроорганизмы используют связанный кислород минеральных соединений почвы. При пористости менее 6 % начинают развиваться восстановительные процессы в почвах. Поэтому улучшение структуры почв и придание им плотности в пределах оптимальных величин от 1,1 до 1,3 г/см³ имеют важное значение в создании нормального окислительно-восстановительного режима и состояния почвы.

Влажность оказывает решающее влияние на развитие окислительно-восстановительных процессов в почвах. Ухудшение процесса аэрации в результате повышения влажности почвы приводит к снижению окислительно-восстановительного потенциала. Наиболее резко он падает при влажности, близкой к полной влагоемкости, более 90 %, когда сильно нарушается нормальный газообмен почвенного воздуха с атмосферным. При повышении влажности в пределах от 10 до 90 % от полной влагоемкости окислительно-восстановительные процессы в большинстве почв происходят медленно.

Влияние влажности на развитие окислительно-восстановительных процессов проявляется и в том, что с содержанием влаги в почве тесно связана активность деятельности микроорганизмов, развитие корневой системы растений, почвенной фауны, а следовательно, и расход кислорода. Поэтому повышение влажности почвы даже в пределах ее оптимальных значений может вызвать некоторое изменение окислительно-восстановительного потенциала. Кроме того, вода в почве переводит в растворимое состояние элементы переменной валентности, например, соединения железа (Fe), магния (Mg) и др., активность которых заметно возрастает в проявлении окислительно-восстановительных реакций.

Большое значение в проявлении окислительно-восстановительных процессов в почвах имеют *органические вещества*, определяющие также жизнедеятельность микроорганизмов. Окислительно-восстановительные процессы в почвах регулируют.

6.3.3. Факторы режимов окислительно-восстановительных процессов в почвах и их регулирование

Наиболее быстро изменения окислительно-восстановительного состояния почвы протекают в гумусовых горизонтах при избыточном их увлажнении. Так, например, свежее органическое удобрение, богатое белками и растворимыми углеводами, являясь благоприятным материалом для жизнедеятельности микроорганизмов, способствует интенсивному развитию восстановительных процессов в избыточно увлажненной почве.

Органическое вещество почвы содержит соединения, обладающие восстановительной способностью. Поэтому присутствие органического вещества очень ярко проявляется на изменении окислительно-восстановительного состояния почвы.

С *температурным* режимом почв связана интенсивность жизнедеятельности почвенных организмов, а следовательно, и расход (поглощение) кислорода почвенного воздуха, его мобилизация анаэробами (простейшие организмы, бактерии и дрожжи, способные жить в условиях отсутствия атмосферного кислорода) из окисленных форм минеральных соединений почвы, активность различных химических реакций, влияющих на окислительно-восстановительные процессы. В этом проявляется роль температурного режима. Поэтому при избыточном увлажнении почвы при температуре более чем 10°C в результате быстрого возникновения восстановительных процессов происходит ухудшение условий роста растений. Непрерывное переувлажнение почв в течение 5–7 дней при низких температурах от 1 до 5°C не вызывает резкого изменения ее окислительно-восстановительного состояния.

С развитием окислительно-восстановительных процессов тесно связаны формирование почвенного профиля (гумусовых, торфяных, оглеенных, железненных и других горизонтов), а также питательного режима, образование токсичных для растений соединений и возникновение других важных для плодородия свойств почвы.

ного водного режима способствует ослаблению в почве избыточно интенсивных окислительных процессов.

Все приемы регулирования присутствия *органического вещества* в почвах также касаются и окислительно-восстановительного состояния почвы, поскольку органическое вещество оказывает значительное влияние на развитие этих процессов.

6.4. Гипсование почв

Под гипсованием почв понимают внесение в них гипса для устранения избыточной щёлочности, вредной для многих сельскохозяйственных растений. Это способ химической мелиорации также широко применяют для обессоливания солонцов и солонцеватых почв. Гипсование основано на замене натрия, поглощённого почвой, кальцием, в результате улучшаются её физико-химические и биологические свойства и повышается плодородие.

Гипс в переводе с греческого (*gyps*) означает мел, известь. Известняк, как минерал класса сульфатов – водный сульфат кальция $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в виде бесцветных или белых кристаллов, является исходным сырьем для получения гипса.

Дозы вносимого в почвы гипса устанавливают по количеству натрия в корнеобитаемом слое почвы, который необходимо заместить кальцием. Их значения находятся в пределах от 3 до 15 т/га, наибольшие – на содовых солонцах. Гипс вносят в 2 приёма – перед вспашкой и после неё под культивацию. На солонцеватых почвах, содержащих меньшее количество натрия, чем на солонцах, гипс (3–4 ц/га) вносят в рядки вместе с семенами совместно с агротехническими мероприятиями. К таким мероприятиям относят: глубокую вспашку (от 40 до 50 см) с перемешиванием солонцового слоя (это даёт возможность переместить гипс, содержащийся в подпахотном слое, в пахотный слой); орошение; внесение органических удобрений; снегозадержание и задержание талых вод; посев многолетних трав.

Для гипсования применяют в основном сыро -молотый гипс, полученный из природных залежей, фосфогипс, как отходы производства фосфорных удобрений, и отходы содовой промышленности. Продолжительность перехода солонцов в культурную почву под действием гипса находится в пределах от 8 до 10 лет в неорошаемых условиях и от 5 до 6 лет при орошении. Средняя прибавка урожая зерна при внесении в почву гипса составляет в чернозёмной зоне (без орошения) 3–6 ц/га, в зоне каштановых почв 2–7 ц/га. На орошаемых землях эффективность гипсования повышается.

Применение этого одного из наиболее эффективных способов мелиорации солонцов было начато почти одновременно в разных странах – в Венгрии, России и в США [18]. Необходимую дозу вносимого гипса определяют расчетом исходя из содержания в почве поглощенного натрия и с учетом емкости поглощения почв.

При расчете доз гипса принимают, что общая щелочность, не превышающая 0,7–0,8 ммоль/100 г, и обменный натрий, содержание которого не превышает 5 % от ЕКО, не оказывают отрицательного влияния на свойства почв и развитие растений. Расчет доз гипса основан на эквивалентности обмена натрия на кальций.

На практике гипсования принят аналитический метод определения доз гипса, необходимых для мелиорации солонцов. Он основан на том, что по мере увеличения концентрации Са и замещения Na происходит уменьшение дисперсности почвенной массы. Поэтому суспензии одинаковых образцов почвы обрабатывают возрастающими дозами гипса и определяют выход фракции размером зерна менее 2 микрон. По результатам химического анализа почв строят график выхода частиц менее 2 микрон. Точка перелома кривой соответствует количеству гипса, равному 85–90 % эквивалентов от содержания обменного натрия в исходной почве. Затем производят расчет дозы гипса, необходимой для мелиорации солонца.

Дозы гипса варьируют в широком диапазоне от 3 до 70 т/га. Гипс вносят по пятнам солонцов, расположенных среди незасеянных и несолонцеватых почв. Однако, если пятна солонцов занимают более 30 % площади массива, предусматривается сплошное внесение гипса в почву. Мелиорация солонцов методом гипсования достигает наибольшего эффекта при комплексном внесении крупных норм органических удобрений и орошения [18].

В условиях орошения мелиоративный эффект может быть достигнут за сравнительно короткий период, составляющий 2–3 года. При гипсовании орошаемых земель на глубокостолбчатых солонцах гипс вносят под плуг с последующим перемешиванием его с почвой.

На корковых солонцах расчетную дозу гипса распределяют по поверхности поля с последующим перемешиванием его с пахотным слоем почвы путем боронования. После внесения в почву гипса на земельном участке производят влагозарядковый полив. Специальные промывочные поливы в этом случае не выполняют, а удаление сульфата натрия осуществляют в процессе вегетационных поливов.

Эффективность гипсования резко возрастает на фоне уменьшения тонкости помола гипса. Чем тоньше помол, тем сильнее возникает контакт взаимодействия между частицами гипса и почвой, тем выше образуются его растворимость и мелиоративное действие. Гипсование оказывает положительное действие на свойства солонцов, уменьшая содержание поглощенного натрия, увеличивая их водопроницаемость, улучшая структурный состав и в целом плодородие.

6.5. Фосфоритование почв

Фосфоритование почв реализуют путем внесения в кислые почвы фосфорных удобрений, обеспечивающих их раскисление. Фосфоритование преследует три цели:

– обеспечения фосфором средними и малыми дозами. Этот

способ имеет профилактическое значение в отношении процессов подкисления, происходящих при интенсивном применении азотных удобрений;

– фосфоритование в целях *увеличения урожайности* и повышения в короткие сроки содержания усвояемого фосфора в кислых почвах посредством внесения высоких и очень высоких доз фосфоритной муки. Этот прием имеет большое профилактическое значение;

– внесение фосфоритной муки *средними и высокими дозами* в целях *устранения токсичности магния Mg*. В соответствии с дозами меняется и степень проявления профилактической роли фосфоритования.

В результате фосфоритования почв достигают высокого плодородия почв и урожая сельскохозяйственных культур.

Для фосфоритования используют размолотые до порошкового состояния фосфориты, которые в кислых почвах растворяются и, нейтрализуя среду, обогащают ее фосфором и кальцием. Процесс сопровождается блокированием токсичных Al, Mg, Fe и Cu. Действие фосфоритной муки благоприятно сказывается для развития сельскохозяйственных культур, так как при этом в почве повышается содержание фосфора, кальция и магния, снижается концентрация токсичных Al, Mg, Fe и Cu и улучшается соотношение между токсичными элементами и их антагонистами.

Обычное применение двойных доз фосфоритной муки оказывает обезвреживающее действие на минеральные удобрения подкисляющие почву. Фосфоритная мука не оказывает детоксикационного действия на почву, она только нейтрализует кислые минеральные туки и играет профилактическую роль. Поскольку возможности фосфоритования ограничены, считают приемлемым сочетание его с известкованием на почвах, содержащих значительные количества токсичных Al и Mg.

Масштабы фосфоритования зависят от возможностей снабжения и себестоимости фосфоритной муки (она на 40 % дешевле суперфосфата), а также от степени распространенности

кислых почв и интенсивности известкования. При известковании почв высокими дозами эффективность фосфоритования мала или вообще не проявляется. И напротив, при интенсивном многолетнем фосфоритовании большими дозами необходимость в известковании уменьшается.

Удобрения, представленные в основном фосфорной мукой $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, часто используют в компостах, их вносят под различные сельскохозяйственные культуры.

К источникам фосфора для питания растений относят суперфосфат, фосфоритовую муку и преципитат.

Суперфосфат – это фосфорное удобрение, применяемое для разных почв под различные сельскохозяйственные культуры. Его химическая формула имеет вид $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, часто к нему добавляют примеси гипса. Суперфосфаты различают как: простой, гранулированный, он содержит 14–19 % P_2O_5 ; двойной (45 % P_2O_5); аммонизированный, марганизированный, борный и молибденовый.

Фосфоритная мука – это фосфорное удобрение для кислых почв под различные сельскохозяйственные культуры, представлена, в основном, как $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ с примесями. Она содержит от 19 до 30 % фосфорного ангидрида P_2O_5 .

Преципитат – это фосфорное удобрение для различных почв под различные сельскохозяйственные культуры. Преципитат, в основном $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, содержит 27–35 % оксида фосфора (фосфорный ангидрид) P_2O_5 .

Все эти удобрения вносят в почву под плуг. Положительный эффект достигается в первый же год – увеличивается урожай и его качество.

Внесение фосфоритной муки в почву приводит к повышению плодородия почвы и урожайности растений. Эффективность действия фосфоритной муки зависит от биологических особенностей растений. Растения делятся на несколько групп по способности усваивать фосфор из труднорастворимых фос-

фатов. Некоторые растения способны усваивать фосфор только в результате взаимодействия фосфорной муки с почвой.

Под влиянием почвенной кислотности фосфоритная мука превращается в усваиваемый растениями CaHPO_4 . На почвах, имеющих гидролитическую кислотность меньше 2,0–2,5 мг/экв на 100 г, разложение фосфоритной муки происходит слабо и эффективность ее очень низкая. Чем больше гидролитическая кислотность, тем выше эффективность фосфоритовой муки. Однако действие ее зависит не только от величины кислотности почвы, но и от емкости поглощения и степени насыщенности основаниями. При одной и той же гидролитической кислотности действие фосфоритовой муки тем выше, чем меньше емкость поглощения почвы. Дозу фосфоритовой муки устанавливают в зависимости от степени кислотности почвы. На сильно- и среднекислых почвах (рН = 5 и менее) вносят ту же дозу фосфоритовой муки, что и суперфосфата, а на слабокислых – двойную и даже тройную. На ранее известкованных почвах эффективность муки снижается [13,14].

Эффективность действия фосфоритовой муки зависит также от геологического возраста и минералогического состава исходного фосфорита. Фосфориты древнего происхождения, имеющие кристаллическое строение фосфатного вещества, отличаются слабой доступностью для растений. Более молодые фосфориты, в которых фосфатное вещество не имеет явно выраженного кристаллического строения, являются хорошо усвояемыми для роста растениями. Для повышения усвояемости фосфоритную муку компостируют с верховым торфом или навозом. В этом случае эффект компоста становится более высоким, чем от внесения только фосфоритовой муки или торфа.

При фосфоритовании кислых почв количество вносимого в почву фосфорного удобрения рассчитывают. Доза вносимой в почву фосфоритовой муки зависит от исходного содержания в почве P_2O_5 , расчетного его содержания и удельной нормы внесения удобрения на каждый гектар земли в севообороте.

Пример данных расчета доз внесения в почву фосфоритовой муки в зависимости от вышеперечисленных факторов приведен в табл. 12.

Таблица 12

Дозы фосфоритной муки, т/га, для внесения в почву

Тип почвы	Тип почвогрунта	Исходное содержание в почве фосфорного ангидрита, P_2O_5 , мг/кг	Расчетное содержание в почве P_2O_5 , мг/кг	Норма P_2O_5 фосфорного ангидрита увеличение ее содержания на 10 мг/кг, кг/га	Доза фосфорной муки, т/га
Дерново-бурая	Тяжелый суглинок	90	150	100	2,4
		95	150		2,2
		100	150		2,0
		150	150		1,9
		150	150		—

Фосфоритовую муку в почву вносят заблаговременно до посева. Лучшие условия для химического разложения фосфоритовой муки в почве достигаются при внесении ее под глубокую пахоту в достаточно влажный почвенный слой. При этом она равномерно перемешивается с грунтом пахотного слоя.

Удобрение почв фосфоритовой мукой в зонах подзолистых и черноземных почв, особенно в районах территорий, прилегающих к месторождениям фосфоритов, повышает урожайность полевых культур, в том числе озимых хлебов. Хорошее действие фосфоритовой муки на озимые культуры и клевер объясняется длительным ее последствием в севообороте. Фосфоритование почв имеет большое значение для повышения урожайности

в условиях недостатка в почвах растворимых фосфорных удобрений, в том числе суперфосфата.

Фосфорная мука не гигроскопична, не слеживается, может быть смешана с любым другим удобрением, кроме извести. Туковая промышленность выпускает четыре сорта фосфоритовой муки. Для внесения в почву порошковидной и гранулированной фосфоритной и костной муки используют тукоразбрызгиватели.

Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний

1. В чем заключается идея мероприятий по проведению химической мелиорации земель?
2. Перечислите основные химические мероприятия, проводимые в мелиорациях.
3. Что понимают под термином «известкование» почв?
4. Что понимают под термином «кислование» почв?
5. Что понимают под термином «гипсование» почв?
6. Что представляют собой солонцы и на каких территориях России они расположены?
7. Что представляют собой солончаки и как они обессоливаются?
8. Что такое фосфоритование почв и какие удобрения при этом процессе применяются?
9. В каких диапазонах значений рН применяют известкование кислых почв под все сельскохозяйственные культуры?
10. Перечислите основные причины образования кислотности в почвах.
11. Почему дефицит фосфора в почве приводит к щелочности почв?
12. Как корректируют степень кислотности почв?
13. Как по группам распределяются сельскохозяйственные культуры в зависимости от восприимчивости и нуждаемости растений к известкованию?
14. Перечислите сельскохозяйственные культуры, хорошо переносящие процесс известкования.

15. Перечислите основные питательные для корневой системы растений химические элементы в почвах.

16. Каким питательным химическим элементом обогащается почва при внесении в нее доломитовой муки и каким при внесении извести?

17. Какие внешние признаки проявляют растения при повышенной кислотности почв?

18. Охарактеризуйте степень нуждаемости почв в известковании в зависимости от их вида и кислотности.

19. В какой последовательности известкуют почвы в зависимости от степени их нуждаемости в раскислении?

20. Приведите нормы внесения извести в почвы в зависимости от показателя рН солевой вытяжки.

21. Перечислите основные известковые удобрения для почв.

22. Как получают известковую муку?

23. Как получают жженую известь?

24. Перечислите удобрения для почв из рыхлых горных пород, не требующих размола.

25. Перечислите рациональные сроки внесения извести в почвы.

26. Назовите способы внесения извести в почвы для их раскисления.

27. Какова натуральная эффективность применения известкования почв?

28. Какова экономическая эффективность применения известковых удобрений?

29. Каким путем в ходе мелиоративных работ щелочные почвы доводят до нейтральных?

30. Какой химический элемент является главным окислителем почв?

31. Перечислите факторы, формирующие режим окислительно-восстановительных процессов в почвах.

32. Определите понятие «аэрация» почв.

33. Перечислите факторы регулирования окислительно-восстановительных процессов в почвах.

34. Какое действие на почвы оказывает внесенный в них гипс?

35. В каких дозах вносят гипс в почвы?

36. Какие применяют технологии внесения гипса на солонцах?

37. Как зависит эффективность гипсования почв от крупности помола гипса?

38. Перечислите виды фосфорных удобрений.

39. По каким технологиям вносят в почвы фосфорные удобрения?

7. ФИЗИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Действия по физической мелиорации земель направлены на улучшение механического состава и структуры почв и приведение почв в соответствие естественному состоянию по плодородию.

В общем виде механический состав почв характеризуется свойствами отдельных составляющих грунта. Основными механическими свойствами земель, определяющими их плодородие, являются плотность, влажность, пористость, зерновой состав. Для оценки возможностей применения тех или иных видов мелиорации рационально опираться на оценку свойств отдельных составляющих состава почвенного грунта, представленных формулой его плотности:

$$\delta = \frac{\Delta(1-V)}{1+W}, \quad (8)$$

где δ – плотность грунта (почвы) г/см³; Δ – плотность его скелетной составляющей (минеральной и органической) г/см³; V – плотность воздуха в почве, г/см³; W – плотность влаги в почве, г/см³.

Каждая составляющая данной зависимости содержит соответствующий набор химических элементов (их в природе около 150), большая часть которых является необходимой для питания растений через корневую систему и крону.

Таким образом, если на приведение в соответствие с нормами рационального природопользования для воздушной и водной составляющих грунт пригодны гидротехническая и химическая мелиорации, то для скелетной составляющей – физическая [12]. Поэтому для достижения эффективного результата в земледелии используют подход комплексной мелиорации земель, применяя их рациональное сочетание [17]. Так, физическая мелиорация включают в себя следующие мероприятия по улучшению почв:

– рекультивация земель;

- пескование;
- глинование;
- землевание;
- термический пар;
- глубокое мелиоративное рыхление;
- улучшение гумусного состава (состояние) почв;
- оструктуривание почв, которые рассматриваются ниже.

7.1. Рекультивация земель

С каждым годом во всем мире все большую опасность для природной среды приобретают результаты промышленной деятельности человека, проявляющиеся главным образом в местах добычи полезных ископаемых, строительных материалов и торфа, а также в местах их обогащения и переработки [12].

Значительный экологический ущерб окружающей среде наносят так называемые несанкционированные свалки городских отходов. Неудовлетворительное положение сложилось с организацией обезвреживания и захоронения отходов и на полигонах. Значительный ущерб природной среде наносят карьеры по добыче минерального грунта и нерудных материалов. Общая их площадь составляет около 180 тыс. га. Большая часть нарушенных земель приходится на предприятия цветной металлургии, сельского хозяйства, торфяной, нефтедобывающей и угольной промышленности.

Из-за несвоевременного проведения рекультивации нарушенных земель снимаемый плодородный слой почвы используется не полностью, объемы его складирования увеличиваются [25]. Нарушенные земли в результате промышленной деятельности человека должны восстанавливаться своевременно и с надлежащим качеством.

Восстанавливают нарушенные земли, проводя рекультивацию в несколько этапов. При этом выделяют мероприятия, в том числе: по восстановлению плодородия или улучшению качества

верхнего слоя почвы; устранению причин и результатов вредного воздействия токсичных пород и отходов на окружающую среду; обеспечению требуемых режима и состава поверхностных и подземных вод, а также по обеспечению инженерной защиты объектов рекультивации от эрозии, подтопления, затопления, засоления [23].

Проведение восстановительных работ способствует более быстрой интеграции нарушенных земель в природную среду.

7.1.1. Общие положения

Рекультивация земель – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности земель, а также на улучшение условий окружающей среды. Такой комплекс работ направлен на экологическое и экономическое восстановление земель и водоёмов, плодородие которых в результате антропогенного воздействия существенно снизилось. Целью проведения рекультивации является улучшение условий окружающей среды, восстановление продуктивности нарушенных земель и водоёмов.

Объектами рекультивации являются земли и территории, на которых нарушены, разрушены или полностью уничтожены компоненты природы, в том числе: растительный и почвенный покров, грунты, подземные воды, местная гидрографическая сеть (ручьи, родники, малые реки, озера и т. д.), изменен рельеф местности.

Нарушенными считают земли, утратившие первоначальную природно-хозяйственную ценность и, как правило, являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

К нарушенным землям относятся также загрязненные земли, в том числе земли, на которых в компонентах природы произошло увеличение содержания веществ, вызывающих негативные токсико-экологические последствия для биосферы.

Многие нарушенные земли, существующие до нашего времени – это результат хозяйственной деятельности прошлых

лет, отражающий как рост промышленного производства, так и уровень общественной безответственности за масштабы негативных последствий, вызванных антропогенной деятельностью.

Нарушают земли при выполнении открытых и подземных горных работ, складировании промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов, строительстве линейных сооружений, а также при проведении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ. При этом, как правило, нарушается почвенный покров, изменяются их гидрогеологический и гидрологический режимы, образуется техногенный рельеф, а также происходят другие качественные изменения, ухудшающие экологическую обстановку в целом.

В зависимости от хозяйственной направленности антропогенных воздействий на окружающую среду, нарушенные земли образуются в ходе работ:

- при добыче торфа – фрезерные поля, карьеры гидроторфа, машиноформовочные карьеры;
- добыче нерудных строительных материалов – это карьеры песка, глины, песчано-гравийных материалов;
- производстве открытых горных работ – карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы;
- производстве подземных выработок – это провалы, прогибы, шахтные отвалы (терриконы);
- функционировании урбанизированных территорий с устройством золоотвалов, шлакоотвалов, шламонакопителей, свалок твердых бытовых отходов и др.;
- проведении разведочных и изыскательских работ – это участки земель с нарушенным растительным и почвенным покровом, а также участки земель, загрязненные нефтью и нефтепродуктами;
- выполнении строительных и эксплуатационных работ – это участки земель с частично или полностью нарушенным растительным и почвенным покровом, территории земель, подвергающиеся подтоплению, затоплению и эрозионным процессам,

а также насыпи, кавальеры, отвалы, гидроотвалы и др.;

– технологических процессах получения материалов, веществ, электрической энергии – это земли, загрязненные аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, радиоактивными элементами;

– сельскохозяйственном производстве – это земли, загрязненные остаточным количеством пестицидов, дефолиантов, сточными водами и удобрениями, а также засоленные, эродированные и малопродуктивные земли;

– военных действиях, производстве оружия и его основ – это земли, загрязненные радиоактивными, отравляющими, токсичными органическими и неорганическими веществами, опасными бактериологическими компонентами.

Природные системы способны обеспечить естественную эволюционную трансформацию и самовосстановление нарушенных компонентов. Благодаря этому свойству техногенные субстраты, подвергаясь воздействию тепла, воды, ветра, растений, микроорганизмов постепенно трансформируются, разрушаются, связываются до недоступных для биоты форм. Интенсивность этого процесса определяется многими факторами, в зависимости от которых восстановление нарушенных земель, особенно в сложных условиях, может продолжаться в течение многих десятков и даже сотен лет.

Рекультивация земель проводится согласно требованиям Постановления Правительства Российской Федерации № 140 от 23.02.94 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» и «Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы», утвержденных приказом Минприроды России и Госкомзема от 22 декабря 1995 г. № 525/6.

Проведение работ, связанных с нарушением почвенного покрова и рекультивацией земель, соблюдение установленных экологических и других стандартов, правил и норм выполнения

вышеперечисленных мероприятий являются обязательными.

Различают механические, биологические, лесные и комплексные виды рекультивации земель.

7.1.2. Факторы обоснования рекультивации земель

Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель.

Разработку проектов рекультивации нарушенных земель проводят с учетом таких факторов, как:

- природные условия района (климатические, географические, геологические, гидрологические и вегетационные);
- расположение нарушенного (нарушаемого) участка;
- перспективы развития района разработок;
- фактическое или прогнозируемое состояния нарушенных земель к моменту рекультивации (площади, формы техногенного рельефа, степени естественного зарастания, современного и перспективного использования нарушенных земель, наличия плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород, прогноза уровня грунтовых вод, подтопления, иссушения, эрозионных процессов, уровня загрязнения почвы);
- показатели химического и гранулометрического состава, агрохимических и агрофизических свойств, инженерно-геологической характеристики вскрышных и вмещающих пород и их смесей в отвалах;
- хозяйственные, социально-экономические и санитарно-гигиенические условия района размещения нарушенных земель;
- сроки использования рекультивированных земель с учетом возможности повторных нарушений;
- охрана окружающей среды от загрязнения ее пылью, газовыми выбросами и сточными водами в соответствии с установленными нормами ПДВ и ПДК.

При правильно выбранной технологии и организации проведения рекультивационных работ практически полное возвращение многих нарушенных земель в хозяйственную деятельность происходит за 4–5 лет. Площадь рекультивированных земель в России составляет около трети от общей площади нарушенных, причем масштабы рекультивации быстро растут. Если в 1971–1975 гг. было восстановлено 180 тыс. га нарушенных земель, то в период 1986–1990 гг. их было рекультивировано уже 600 тыс. га [29].

7.1.3. Этапы рекультивации земель

Комплекс рекультивационных работ представляет собой сложную многокомпонентную систему взаимоувязанных мероприятий структурированных по уровню решаемых задач и технологическому исполнению. Выделяют следующие этапы рекультивации:

- *подготовительный*, который включает инвестиционное обоснование мероприятий по рекультивации нарушенных земель и разработку рабочей документации;
- *технический* – это реализация инженерно-технической части проекта восстановления земель;
- *биологический* – завершающий рекультивацию и включающий озеленение, лесное строительство, биологическую очистку почв, агромелиоративные и фиторекультивационные мероприятия, направленные на восстановление процессов почвообразования.

Подготовительный этап рекультивации земель (А).

В ходе подготовительного этапа работ по рекультивации земель разрабатывают проектную документацию или рабочий проект в зависимости от принятой стадийности проектирования.

Разработку *проектной документации* на стадии инвестиционного обоснования или рабочего проекта осуществляют на основе задания на проектирование рекультивации нарушенных

земель. Инвестиционное обоснование представляет собой вариантное исследование проектных решений с целью выбора из них оптимального, имеющего наилучшее сочетание коммерческой, социальной и экологической эффективности.

Рабочий проект – это регламентированный нормативными актами комплект проектной документации, подтвержденный положительным заключением экологической экспертизы. Проектирование рекультивации на любой стадии начинается с анализа имеющихся проектов, при реализации которых произошли нарушения почв и растительного покрова, или с анализа технологий предприятий и организаций как источников подобных нарушений. В случае недостатка информации для принятия конструктивных решений проводят фрагментарные, а при необходимости – комплексные изыскательские работы по всей нарушенной территории.

Выбор направления использования нарушенных земель тщательно обосновывают на основе материалов изысканий, прогнозов изменения природной среды и оценки пригодности земель для целей рекультивации.

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

Рекультивация для улучшения санитарно-эстетических условий проводится на объектах, представляющих угрозу здоровью населения и экологическому состоянию природной среды.

В случае необходимости, нарушенные земли могут консервироваться, а с появлением новых технологий, обеспечивающих их восстановление до нормативных требований, – использоваться в хозяйственных целях.

Технический этап рекультивации земель (Б). Технические мероприятия по рекультивации нарушенных земель подразделяются на следующие виды:

– *структурно-проектные* – это создание новых проектных поверхностей и форм рельефа (профилирование, террасирова-

ние, вертикальная планировка), землевание, торфование, кольматаж, создание экранов, удаление ненужной древесно-кустарниковой растительности, пней, камней, разделка кочек;

– *химические* – это известкование, гипсование, кислование, внесение сорбентов, органических и минеральных удобрений;

– *водные* (гидротехнические) – это осушение, орошение, регулирование сроков затопления поверхностными водами;

– *теплотехнические* – это мульчирование, грядование, обогрев, применение утеплителей.

Биологический этап рекультивации земель (В). Основными задачами биологической рекультивации являются возобновление процесса почвообразования, повышение самоочищающей способности почвы и воспроизводство биоценозов. Биологическим этапом рекультивации заканчивается формирование культурного ландшафта на нарушенных землях.

Биологическую рекультивацию организационно проводят в две стадии. На *первой* – выращивают пионерные (предварительные, авангардные) культуры, способные адаптироваться в существующих условиях и обладающие высокой восстановительной способностью. На *второй* – переходят к целевому использованию.

Земли, загрязненные *тяжелыми металлами*, органическими веществами или продуктами промышленной переработки, на первой стадии подвергают очистке с помощью сорбентов, растений или микроорганизмов (биодеструктуров), а затем включают их в хозяйственное использование под жестким контролем со стороны санитарно-эпидемиологических служб.

Для разработки эффективных способов биологической рекультивации большое значение имеет изучение процессов эволюции растительного покрова в конкретной природной зоне и техногенных условиях.

Скорость почвообразования и формирование почвенных горизонтов зависят от свойств почвообразующих пород, их водного и теплового режимов, рельефа, природно-климатических условий данного района, от видового состава растительности

и продолжительности природного восстановления земель.

Для этого на основании результатов химического анализа и агрономического обследования выбирают вид будущего использования и применения почвенного покрова. Слой плодородной почвы не смешивают с породами вскрыши, а снимают с площадки, подготавливаемой к разработке, обеспечивая продвижение фронта рекультивационных работ не более чем на один год. Если снятую почву нельзя сразу же нанести на подготовленные рекультивируемые участки, ее складывают на специально выбранных площадках, расположенных на ровных, возвышенных и сухих местах, укладывают там в бурты высотой от 5 до 10 м и засевают одно- или многолетними травами во избежание эрозии и дефляции.

При оптимальной организации рекультивационных работ гумусный слой почвы не складывают, а сразу наносят на спланированную бульдозерами или грейдерами поверхность отработанного земельного участка. Свежие отвалы почвенных грунтов легче поддаются планировке, дают равномерную осадку и практически в течение одного года возвращаются в сельское хозяйство. После 3–6 месяцев интенсивной усадки почвогрунта проводят повторную планировку земельного участка, и тогда начинается его биологическое освоение.

В формировании *молодых почв* при проведении рекультивации для лесохозяйственных целей в качестве пионерных используют бобовые, бобово-злаковые травы, кустарники и некоторые породы деревьев. Из древесно-кустарниковой растительности наибольшее распространение в качестве пионерных имеют: акация белая, лох узколистный, облепиха, акация желтая, смородина золотистая, береза бородавчатая, ива, ольха, тополь, чермуха.

Рекультивацию земель *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 пригод-

ностью нарушенных земель для биологической рекультивации и исходя из природно-климатических условий. Например, в степной зоне для рекультивации отвалов, насыпей, карьерных выемок, создания защитных лесных полос рекомендуются следующие породы деревьев и кустарников: вяз, клен ясенелистный, акация белая, тополь черный, дуб красный, дуб черешчатый, акация желтая, смородина золотистая, тамариск ветвистый, лох узколистный.

Наиболее эффективным приемом *биологической* рекультивации на нарушенных землях является *создание* многовидового *растительного покрова* с участием многолетних трав и устойчивых пород кустарников и деревьев.

Биологическая рекультивация земель направлена на создание почвенного профиля на рекультивируемом участке и повышение его плодородия. В пределах искусственно отсыпанного или намытого слоя грунта формируют корнеобитаемый горизонт, мощность которого зависит от назначения и использования земельного участка: для зерновых культур и многолетних трав он должен быть не менее 0,8, для плодовых культур – от 1,5 до 2,0 м. При такой многоярусной структуре нарушенные земли хорошо защищены от эрозии и дефляции, а благодаря листовому опадку и корневым системам получают большой прирост органических веществ.

На землях, *загрязненных техногенными продуктами*, главной задачей биологической рекультивации является повышение самоочищающей способности почвы. Решение этой задачи возможно с помощью совместного функционирования технических и биологических систем, оперирующих широким набором мероприятий, в том числе с использованием специально выращенных микроорганизмов.

7.1.4. Рекультивация земель, нарушенных при строительстве линейных сооружений

К линейным сооружениям относятся дороги, трубопроводы, каналы, подземные кабельные линии и т. п. Полоса земли,

отводимая во временное пользование при строительстве автомобильных дорог, в среднем составляет 1,5 га на один км дороги. Ширина полосы земель, отводимых во временное пользование под строительство магистральных трубопроводов, изменяется 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, занятые под временные подъездные дороги и сооружения. В целом, общая площадь нарушенных земель, отводимая на период строительства, получается гораздо больше, чем на период эксплуатации.

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

Основной состав рекультивационных работ при строительстве линейных сооружений включает в себя:

- ликвидацию временных сооружений и уборку территории в пределах строительной зоны;
- засыпку траншей подземных коммуникаций;
- распределение оставшихся вскрышных пород по поверхности;
- создание проектной поверхности, включая планировку и обустройство насыпей и выемок;
- выполнение противоэрозионных мероприятий, строительство сооружений;
- землевание территорий снятым почвенным слоем, торфование, внесение органических удобрений или органоминеральных смесей;
- посев семян зональных дикорастущих или культурных растений, предварительно обработанных питательной смесью.

7.1.5. Рекультивация и обустройство свалок отходов

Рекультивацией и обустройством свалок занимаются ком-

мунальные службы населенных пунктов, промышленные предприятия и специализированные фирмы. Свалки по своей сути представляют отвалы сложных конгломераций продуктов жизнедеятельности, производств и частей природных компонентов. Поэтому их организация и технология строительства определяется видом складываемых отходов и способом управления их деструкцией.

Выбор места для свалки проводят 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 свалки предпочтение отдают землям несельскохозяйственного назначения. Свалки из растительных остатков организуют для производства компоста или создания техно-природного ландшафта на месте складирования мусора. В обоих случаях отсыпку мусора ведут послойно без покрытия поверхности экранирующим грунтом или почвой. Это обеспечивает условия интенсивного разложения растительных остатков и выделение метана и других химических веществ, препятствующих биогеохимическим процессам.

7.1.6. Рекультивация земель, загрязненных пестицидами

К пестицидам относятся органические и неорганические соединения, применяемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками, а также для ускорения созревания регенеративных органов ряда культур, убираемых с помощью машин. В мире на один гектар земель в среднем вносится 300 г. химических средств защиты растений [26].

Оценку почв, загрязненных остаточным количеством пестицидов, проводят путем сравнения исходного их содержания с санитарно-гигиеническими нормативами. ПДК для некоторых из

них составляет: атразин – 0,01 мг/кг почвы, ДДТ (дуст) – 0,1 мг/кг, линурон – 1,0 мг/кг, купроцин – 1,0 мг/кг, симазин – 0,01 мг/кг.

Основной задачей рекультивационных работ на почвах, загрязненных пестицидами, является активизация процессов разложения их остаточных форм. Для этого применяют биодеструкторы, ориентированные на разложение определенных соединений, проводят ультрафиолетовое облучение растений и почв, вносят органические и минеральные удобрения, проводят агротехнические и агрономические мероприятия.

В качестве специальных мероприятий применяют химические мелиоранты, сокращающие время полураспада пестицидов или образующие нетоксичные соединения, вносят природные и искусственные сорбенты, проводят известкование, вводят в севообороты культуры, способные усваивать отдельные соединения, например, выращивание кукурузы, рапса и люпина для очистки почв от атразина, линурона и др.

7.1.7. Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами

Загрязнение почв тяжелыми металлами приводит к образованию кислой или щелочной реакции почвенной среды, снижению обменной емкости катионов, потере питательных веществ, к изменению плотности, пористости, отражательной способности, к развитию эрозии, дефляции, к сокращению видового состава растительности, ее угнетению или к полной гибели [14].

Прежде чем начать рекультивацию таких земель, устанавливают источник и причины загрязнения, проводят мероприятия по снижению выбросов, локализации или ликвидации источника загрязнения. Только при таких условиях может быть достигнута высокая эффективность рекультивационных работ.

Ориентиром для разработки состава работ по рекультивации земель в первую очередь служит приоритетное вещество, вызывающее ухудшение экологического состояния почв и каче-

ства сельскохозяйственной продукции, а ожидаемая подвижность других опасных веществ регулируется специальными или комплексными мероприятиями.

7.2. Пескование

Пескование земель направлено на улучшение механического состава и структуры почв и грунтов. Для улучшения микроагрегатного состава почв используют разновидности земельной мелиорации – пескование и глинование [14].

Мелиорацию пескованием применяют в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в сельскохозяйственной, и строительной. В сельском хозяйстве ее применяют для повышения плодородия почв, а в строительной – для получения высокой механической прочности грунтов в конструкциях оснований транспортных и других сооружений путем создания оптимального гранулометрического (зернового) состава тонкодисперсных (глинистых) грунтов.

При песковании торфяно-болотных или глинистых почв в них вносят песок. При этом у тяжелых глинистых почв улучшается гранулометрический состав и водно-физические свойства, снижается дефляция (выветривание), у торфяно-болотистых почв снижается опасность возникновения пожаров.

Пескование существенно улучшает микроклимат почвы, благодаря чему увеличивается период биологической активности и почвы становятся более пригодными для теплолюбивых культур.

Улучшение пескованием физических и тепловых свойств почв способствует развитию корневой системы растений, уменьшает их полегание, снижает засоренность посевов и, как следствие, приводит к повышению урожайности и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Чаще всего пескование используют для улучшения торфяно-болотистых почв. В зависимости от типа торфяной залежи дозы равномерного внесения песка в грунт колеблются от 200–300 до 500–600 м³ / га или (4–6 т/м³) на 100 м². Пескование проводят на земельных участках с толщи-

ной торфяной залежи более 40 см. Пескование маломощных торфяных залежей приводит к быстрому разложению торфа и обеднению кореобитаемого слоя почвы органическими веществами.

Пескование грунтов осуществляют разными способами. Так, на малых земельных (садовых) участках пескование выполняют перекопкой, а на больших – песок завозят на торфяник, разравнивают по поверхности бульдозером или грейдером, после чего перемешивают с торфом дисковыми боронами (смешанный метод пескования).

На высокозольных торфяниках (с зольностью более 20 %) используют насыпной метод пескования, когда крупнозернистый песок вносят повышенной нормой – до 1000–1500 м³/га и без перемешивания возделывают сельскохозяйственные культуры непосредственно на песчаном слое.

В мелкозалежные торфяники песок вносят путем глубокой заправки специальным плугом с оборотом пласта на 110–140°. В результате образуется своеобразный почвенный профиль с чередующимися прослоями торфа и песка.

Срок окупаемости затрат на пескование торфяников обычно не превышает 1–4 года, а положительное влияние на почву прослеживается до 30–40 лет и более.

7.3. Глинование

Глинование земель, так же, как и пескование, направлено на улучшение зернового состава и структуры почв. Применяют его на песчаных, супесчаных и легких торфяно-болотных почвах путем внесения в грунт глины. Оно улучшает структуру, микроагрегатное состояние и водно-физические свойства почвы. Вносимый глинистый субстрат (так же, как песок при песковании) должен быть однородным по гранулометрическому составу, свободным от вредных для сельскохозяйственных растений химических соединений, содержать минимальное количество гравия, щебня и древесных остатков и обладать реакцией среды, близкой к нейтральной [14].

В зависимости от мелиорируемой почвы, дозы глины колеблются от 200 до 500 м³/га. Нередко глинование сопровождается внесением извести. Заранее привезенный на мелиорируемый участок глинистый грунт обычно разравнивают в начале зимы по промерзшей земле, затем его обрабатывают фрезой для достижения равномерной структуры или выполняют вспашку с последующим тщательным боронованием.

7.4. Землевание

Землевание как способ мелиорации заключается в искусственном создании мощного плодородного пахотного горизонта на поверхности солонца или сильносолонцевой почвы. Оно становится важным резервом восстановления плодородия эродированных почв путем нанесения на них слоя почвы с большим содержанием гумуса. Этот прием называют *землеванием*, или *реплантацией*.

С этой целью скреперами срезают тонкий слой толщиной до 2 см поверхностного горизонта солонца. Тогда нижний слой несолонцевой плодородной почвы будет пахотным горизонтом нового профиля. Этот прием наиболее эффективен для мелиорации солонцов черноземной зоны, поскольку срезка поверхностных слоев при тщательном выполнении этого приема не вызывает заметного изменения плодородия черноземов.

Срезанный мелкозем гумусового горизонта в буртах складывают на поверхности мелиорируемых солонцевых участков, а затем разравнивают грейдерами по полю слоем толщиной 6–9 см. Этот прием мелиорации солонцов был впервые предложен в черноземной зоне, Западной Сибири, в Поволжье. Проведенный на черноземах опыт показал возможность землевания в один проход с нанесением на поверхность солонца мощного пахотного слоя (до 15–20 см). Землевание эффективно в первый год выполнения работ. Оно оказалось целесообразным на степных солонцах черноземной зоны, но непригодно для луговых солонцов и малоэффективно при мелиорации солонцов сухо-

степной зоны в связи с небольшой мощностью гумусового горизонта каштановых почв. Землевание сочетается с интенсивной системой мероприятий по восстановлению плодородия почв на срезанных участках поверхности полей. Большое значение при этом приобретает комплексное внесение органических удобрений, посев сидератов (зеленые удобрения) и другие мероприятия.

В последнее время значительное количество сельскохозяйственных земель отчуждается под промышленное и жилищное строительство, добычу полезных ископаемых, прокладку дорог, трубопроводов, каналов, а также затопляется при строительстве водохранилищ. Объем почвенного слоя, снимаемого при производстве различных земляных работ, в целом по России исчисляется миллионами кубических метров и выступает значительным резервом для проведения землевания.

В качестве реплантанта также могут быть использованы смытые верхние горизонты почвы, отложенные в виде наносов в прудах, балках и водохранилищах. При этом восстановление плодородия эродированных почв за счет этих наносов сопровождается восстановлением самих водохранилищ. Реплантация эродированных почв нашла применение в некоторых районах России.

7.5. Термический пар

Термический пар применяют для улучшения свойств солонцеватых почв и солонцов сухостепной и полупустынной зон. Его действие основано на улучшении физических свойств солонцового горизонта под действием солнечной радиации. Способ заключается в том, что при вспашке солонцовый горизонт выворачивают на поверхность, где он подвергается действию климатических факторов. В сухостепной и полупустынной зонах под действием высоких температур в континентальных условиях происходит дегидратация и коагуляция почвенных коллоидов. При этом улучшаются физические свойства солонцового горизонта. Термический пар применяют при малом количестве атмосферных

осадков, высоких и резко колеблющихся температурах воздуха. Способ непригоден для мелиорации всех луговых солонцов, а также для мелиорации автоморфных солонцов черноземной зоны.

7.6. Глубокое мелиоративное рыхление

Глубокое мелиоративное рыхление позволяет существенно улучшить эффект гипсования. Сущность этого приема заключается в том, что солонцы и солонцеватые почвы после внесения гипса подвергаются глубокому мелиоративному безотвальному рыхлению. При этом происходит механическое разрушение плотного солонцового горизонта, более полное взаимодействие мелиоранта (гипса) с минеральной массой почвы, изменение неблагоприятных свойств почв в более мощной толще, уменьшение емкости катионного обмена, снижение содержания поглощенного натрия. Глубокое мелиоративное рыхление способствует накоплению влаги и более активному промыванию профиля солонца. Применение глубокого рыхления наиболее целесообразно на орошаемых почвах на фоне дренажа [14].

7.7. Улучшение гумусного состояния почв

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства отчетливо проявляется тенденция к снижению гумусированности почв [14]. Однако потеря гумуса не является неизбежной. Высокая культура земледелия способствует не только сохранению, но и повышению запасов гумуса и формированию новых видов окультуренных высокогумусированных почв. Для этого выполняют расчеты баланса гумуса и разрабатывают систему мероприятий, направленных на поддержание бездефицитного баланса в высокогумусированных почвах и положительного баланса в почвах, бедных гумусом.

Баланс гумуса складывается из величин поступления в почву органического вещества и расхода гумуса за определен-

ный промежуток времени на определенной площади. Поскольку формирование высоких урожаев требует значительных расходов биогенных элементов почвы (при урожае зерновых культур 50 ц/га расходуется не менее 10 ц/га гумуса), большое внимание уделяют вопросам накопления в почве органического вещества. Основными статьями прихода органического вещества в агроценозах является его поступление в почву с корневыми выделениями растений, *прижизненным опадом, послеуборочными остатками и органическими удобрениями.*

Дефицит гумуса обусловлен ежегодной минерализацией почвенного вещества. Потери гумуса с поверхностным стоком и его вымыванием из пахотного слоя компенсируют путем внесения в почвы различных видов органических удобрений.

В качестве таких удобрений используют отходы животноводства и птицеводства, торф и торфокомпосты, сапропели, осадки сточных вод, твердые бытовые отходы и т. п.

Ежегодная общая потребность почв России в органических удобрениях составляет более 800 млн т, что соответствует внесению в них на каждый гектар не менее 6,2 т органических удобрений в год. Однако возможная обеспеченность пахотных почв России ресурсами удобрений составляет лишь 70 % потребности в них для создания бездефицитного баланса гумуса [18].

Первое место по значимости для сельского хозяйства занимают органические удобрения на основе отходов животноводства (навоз).

Высокая эффективность *навоза* доказана многовековой историей применения, а данные многочисленных исследований свидетельствуют о его разностороннем положительном влиянии на почву и ее плодородие. Навоз представляет собой полное удобрение, содержащее все питательные вещества, необходимые растениям. При полном и рациональном использовании навоз возвращает почве большую часть элементов питания растений для их повторного и многократного использования. Кроме того, при внесении навоза улучшается структура почвы, увели-

чивается ее прогреваемость и водоудерживающая способность, а также усиливается микробиологическая активность. Навоз в отличие от минеральных удобрений обладает длительным действием (от 6 до 18 лет на разных почвах) [18].

Однако бесподстилочный (жидкий) навоз может привести к загрязнению окружающей среды. Поэтому при использовании этого вида органических удобрений выполняют мероприятия, направленные на предотвращение негативных последствий, таких как строгое соблюдение научно обоснованных норм его внесения, обеспечение быстрой заделки навоза в почву или, что наиболее рационально, – внесение *перегноя*.

Укрупнение птицеводческих ферм и строительство современных птицефабрик существенно повысило долю *птичьего помета* в общем объеме производства органических удобрений. По удобрительной ценности птичий помет превосходит все другие отходы животноводства.

Важным источником органического вещества в почвах для улучшения баланса гумуса является *солома*, которая при условии одновременного внесения азотных удобрений лишь немногим уступает навозу. Многочисленными исследованиями установлено, что органическое вещество соломы способствует созданию благоприятной для растений почвенной структуры, повышает водоудерживающую и поглощательную способность почвы, делает ее устойчивой к ветровой и водной эрозии, ослабляет разрушительное воздействие механической обработки почвы.

При использовании соломы как удобрения ее мелко заделывают в почву осенью либо оставляют в поле на зиму и запахивают весной. Источником органического вещества также являются *пожнивные* и *корневые остатки* сельскохозяйственных культур, которые остаются на полях. Количество этих остатков определяется видом и урожаем культуры, высотой стерни. Величина новообразования гумуса в почве за счет пожнивнокорневых остатков составляет порядка 1 т/га.

Повышению плодородия почв также способствует *посев*

растений, зеленая масса которых не скашивается, а запаховывается в почву, обогащая ее органическим веществом. Этот прием улучшения гумусного состояния почвы, известный и широко применявшийся еще в античном мире, называется *зеленым удобрением* почвы, или *сидерацией*. Внесение 150–200 г. зеленой массы пожнивной бобовой культуры запаховыванием в почву поздней осенью, по своему удобрительному действию равноценно внесению 20 г навоза. Применение зеленого удобрения экономически целесообразно, так как не требует значительных трудовых затрат, связанных с доставкой и внесением органического удобрения.

На зеленое удобрение возделывают преимущественно бобовые культуры (люпин, горох, вика и др.), способные связывать азот воздуха и обогащать им почву. Кроме того, мощная корневая система этих растений хорошо разрыхляет почву и переносит в пахотный слой питательные вещества из более глубоких горизонтов.

Наиболее широко используемым природным ресурсом органических удобрений является *торф*. Общие запасы торфа в России составляют около 15,5 млрд т, однако по территории страны они распределены неравномерно. Максимальные запасы торфа сосредоточены в северо-западных районах европейской части, на севере Урала и в центральных районах Западно-Сибирской равнины [18].

Торф в природе образуется в результате скопления не полностью разложившихся в болотных условиях остатков растений, в основном, мха-сфагнома, и содержит в своем составе до 90 % органического вещества. Его применяют для приготовления торфо-навозных и торфо-пометных компостов, в теплично-парковом хозяйстве, в производстве торфо-азотно-минеральных удобрений. На торфяной основе созданы комплексные гранулированные удобрения с длительным последствием в течение 2–3 лет.

В качестве органического удобрения может быть использован и *сапропель*. Сапропель, или озерный ил, состоит из частичек почвы и материнских пород, продуктов распада растений, животных и осадков минеральных солей. В России его за-

пасы составляют 92 млрд т, причем естественный прирост сырой массы сапропеля достигает 3–8 мм в год, т. е. ресурсы этого ценного органического удобрения непрерывно пополняются. Сапропелевые отложения характеризуются высоким содержанием гумуса, азота и зольных элементов.

Сапропель – дешевое и доступное для сельского хозяйства органическое удобрение, применение которого целесообразно вблизи от мест его залегания. Наиболее рациональным является гидромеханизированный способ добычи сапропеля в сочетании с его гидротранспортировкой по трубопроводам.

Источником пополнения органического вещества почвы может стать и использование *промышленных и городских отходов*. Эта задача решается по следующим направлениям:

- использование в качестве органических удобрений осадков городских сточных вод;
- использование в качестве удобрений промышленных отходов, содержащих органические вещества (отходы пищевой, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности);
- использование сточных вод для удобрительных поливов и орошения.

Ценными органическими удобрениями служат *отходы гидролизного* производства – гидролизный ил и гидролизный лигнин, содержащие до 80 % органического вещества. Кроме того, лигнин и его компосты обладают высокой структурирующей способностью и могут быть использованы в качестве структурообразователей для почв с отрицательными водно-воздушными характеристиками.

7.8. Оструктуривание почв

Для улучшения структуры почв давно и успешно используют *щелочные силикаты* – тонкодисперсные аморфные коллоиды силикатов натрия и калия, известные под названием жидкого стекла.

Во время внесения в почву щелочных силикатов ее увлажняют путем дополнительного полива. Норма расхода силикатных препаратов зависит от содержания углерода в почве и повышается с возрастанием его содержания. Как правило, она находится в пределах 0,5–1,5 т/га. *Силикатизация* дает существенные прибавки урожая практически всех важнейших сельскохозяйственных культур. Продолжительность действия щелочных силикатов не превышает трех лет.

Одним из приемов, наиболее часто используемых в практике сельского хозяйства для улучшения структуры почв, уменьшения температурных колебаний и испарения влаги с поверхности, является *мульчирование*. Поверхность почвы укрывают различными органическими материалами – опилками, торфом, соломой и т. п. или неглубоко заделывают их в самый верхний слой почвы. Аналогичный эффект дает жидкое мульчирование – разбрызгивание по поверхности почвы водно-битумных эмульсий, покрывающих почву тонкой пленкой и постепенно проникающих в ее поверхностный слой.

Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний

1. Назовите виды физической мелиорации земель.
2. Обоснуйте необходимость рекультивации земель.
3. Что является объектом рекультивации земель?
4. Какие земли отнесены к категории «нарушенных» земель?
5. Перечислите виды антропогенного воздействия на земли, приводящие к образованию «нарушенных» земель.
6. Назовите основные нормативные и правовые акты, определяющие проведение работ по рекультивации земель.
7. Перечислите этапы рекультивации земель.
8. Какие работы по рекультивации земель проводят на подготовительном этапе?
9. Какие работы проводят на техническом этапе рекультивации земель?

10. Какие работы проводят на биологическом этапе рекультивации земель?

11. Перечислите состав рекультивационных работ, выполняемых при строительстве линейных объектов.

12. При выполнении каких экологических условий выполняют работы по рекультивации и обустройству свалок отходов?

13. Как выполняют работы по рекультивации земель, загрязненных пестицидами?

14. Как выполняют работы по рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами?

15. Перечислите факторы, по которым обосновывают проектные решения по вопросам рекультивации земель.

16. На решение каких целей и задач направлено проведение пескования земель?

19. Назовите цель глинования земель.

20. На каких типах почв проводят мелиорацию путем землевания?

21. Для улучшения плодородия каких типов почв применяют способ мелиорации под названием «термический пар»?

22. В чем заключается действие способа мелиораций «термический пар»?

23. Как выполняют глубокое мелиоративное рыхление почв?

24. Перечислите способы гумусирования почв.

25. Перечислите способы оструктуривания почв.

8. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

8.1. Агрономическая мелиорация и ее обслуживание

Агрономическая мелиорация (агромелиорация) – это комплекс мероприятий, направленных на изменение (улучшение) рельефа и физических свойств почв. Эти работы выполняют путем планировки поверхности и глубокого рыхления почв. Агрономическая мелиорация обеспечивает организацию и ускорение поверхностного стока, улучшает распределение влаги по профилю поверхности орошаемого поля.

Агрономические правила и рекомендации о возделывании сельскохозяйственных культур были известны жителям Древнего Египта, Древней Греции, Китая, Индии, Древнего Рима. С конца XVIII в. совершенствовались системы земледелия, разрабатывались теории питания растений, методы семеноводства, защиты растений от болезней и вредителей. Со второй половины XIX в. в составе агрономии развиваются земледелие, растениеводство, агрохимия, почвоведение, зоотехнология, сельскохозяйственные виды мелиорации, включая агрономическое обслуживание.

Агрономическое обслуживание и система мероприятий по повышению культуры земледелия в нашей стране проводится земельными органами и специалистами сельского хозяйства. Так, в СССР и России агрономическое обслуживание, осуществляемое государственными и общественными организациями, направлено на оказание практической помощи сельскохозяйственным предприятиям в увеличении производства продуктов растениеводства с наименьшими затратами труда и средств на единицу продукции.

Развитие агрономического обслуживания в дореволюционной России было связано с созданием во 2-й половине XIX в. высших сельскохозяйственных учебных заведений, училищ и школ, с открытием опытных станций. В 1888–89 гг. при губернских и уездных земствах был введён штат агрономических работников. Основной формой организации работ земской агро-

номии были агрономические участки, при которых организовывались опытные поля, питомники и прокатные машинные пункты. Агрономическое обслуживание охватывало все отрасли земледелия и животноводства, главным образом, помещичьих и крупных крестьянских хозяйств.

Коллективизация сельского хозяйства и создание сети машинно-тракторных станций (МТС) вызвали необходимость реорганизации агрономического обслуживания. Агрономические участки были переданы в МТС, и агрономы стали не только пропагандистами сельскохозяйственных знаний, но и активными организаторами сельскохозяйственного производства. В 1934 г. началось создание специализированной сети обслуживания, основанной на работе зоотехнических участков. С этого времени агрономическое обслуживание стало охватывать лишь отдельные отрасли земледелия. В дальнейшем эта система обслуживания продолжала развиваться и совершенствоваться.

После реорганизации МТС (1958) основную роль в агрономическом обслуживании стали играть агрономы колхозов и совхозов, как организаторы и технологи сельскохозяйственного производства. Общее руководство агрономического обслуживания осуществлялось агрономами сельскохозяйственных органов (Министерства сельского хозяйства СССР и союзных республик и их местных органов). Агрономическое обслуживание велось также специалистами Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР и его местных органов, агрономами заготовительных и других организаций. Важную роль играли научно-исследовательские учреждения, которые на основе опытных данных разрабатывали рекомендации по внедрению в производство систем земледелия, севооборотов, прогрессивной технологии.

8.2. Агролесомелиорация

Агролесомелиорация (от греч. agros – поле, лес и мелиорация) – это система агрономии, мероприятий по борьбе с засухой,

суховеями, эрозией почвы и другие неблагоприятными факторами внешней среды, препятствующими получению высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Агролесомелиорация является одним из видов мелиорации.

Агролесомелиоративные мероприятия основываются на использовании защитных свойств лесных насаждений, которые делятся:

- на полезащитные лесные полосы на широких пологих водоразделах и пологих склонах;

- почвозащитные лесные полосы и другие насаждения на крутых склонах, по берегам рек, прудов и водоемов, вдоль лощин, балок и оврагов;

- лесные насаждения на песках и песчаных почвах, на горных склонах, гребнистых водоразделах, сыртах (возвышениях) и перевалах для задержания снега и поверхностного стока воды, на пастбищах, вокруг животноводческих ферм и в местах отдыха скота, вдоль дорог и в населенных пунктах.

Агролесомелиорацию применяют в комплексе с организационно-хозяйственными, агротехническими, гидротехническими и другими мероприятиями. Например, при борьбе с водной эрозией используют комплекс мероприятий, включающих противоэрозионную обработку почвы, травосеяние, террасирование, устройство валов, лотков и водосливов, запруд; при борьбе с ветровой эрозией – с почвозащитными севооборотами и специальной агротехникой. Защитными насаждениями в СССР занимались лесохозяйственные организации (лесхозы, леспромхозы и др.), а также колхозы и совхозы, которые размещали насаждения на своих территориях, учитывая климатические, топографические, гидрологические, почвенно-ботанические и другие условия. Ряд производственных процессов по выращиванию защитных насаждений был механизирован.

Первые попытки разведения защитных лесов в России относятся к XVIII в. В XIX в. приступают к посадке лесов по водоразделам больших рек, песчано-овражным, горным и другие территории; в конце XIX в. – к полосному лесоразведению на

юго-востоке Европейской России. Массовое применение агролесомелиорации стало возможным в СССР после коллективизации сельского хозяйства и оснащения колхозов и совхозов техникой. К 1917 г. в стране было 130 тыс. га защитных насаждений, а в начале 40-х годов их стало около 500 тыс. га. Во время Великой Отечественной войны многие насаждения исчезли. После войны, особенно в 1948–52 гг., начался новый подъем агролесомелиорации. Наряду с поле- и почвозащитными полосами закладываются крупные государственные лесные полосы на водоразделах, по берегам крупных водохранилищ, насаждения вдоль дорог и вокруг населённых пунктов. В 1967 г. под защитными лесными насаждениями было занято свыше 2 млн га, в том числе под государственными лесными полосами 89 тыс. га. В 1968–70 гг. за счет средств государства было посажено более 1 млн га защитных насаждений, построено большое количество противоэрозионных гидротехнических и противоселевых сооружений; были созданы лесомелиоративные станции и новые лесные питомники.

Защитными насаждениями в безлесных районах занимались также и зарубежные государства, такие как Болгария, Венгрия, Румыния и др. Наибольший опыт защитного лесоразведения имеют США Канада, Италия, Франция, Швейцария, Дания, Ирландия и ряд африканских стран.

Агролесомелиорация – научная дисциплина, разрабатывающая теоретические основы, организационные формы и технику лесомелиоративных работ.

Состоит из разделов:

- степное массивное и полосное полезащитное лесоразведение;
- эрозия почв и борьба с ней;
- закрепление и освоение песков;
- горное лесоразведение.

Агролесомелиорация тесно связана с агрономией, ботаникой, почвоведением, геологией, метеорологией и базируется на положениях многих научных направлений. В России научные основы агролесомелиорации заложены экспедицией В.В. Докучаева, организо-

вавшей в 1892 г. Каменностепной, Мариупольский и Старобельский опытные участки. Вопросы теории агролесомелиорации получили всестороннее развитие после 1917 г. Были проведены исследования по влиянию защитных лесных насаждений на микроклимат, отложение снега, сток воды, водный режим почвы и урожай сельскохозяйственных культур, по установлению эффективных конструкций лесных полос, их ширины, размещению, агротехники и т. д. [34].

8.3. Культуртехническая мелиорация

Культуртехническая мелиорация (валун ледникового периода – культуртехника) – система мероприятий, направленных на коренное улучшение состояния ландшафтов с целью создания благоприятных условий для их активного и эффективного сельскохозяйственного использования. В их состав входят:

- удаление лесокустарниковой растительности и ее остатков (корней и пней);
- приведение поверхности почвы в пахотнопригодное состояние, уборка валунов и камней;
- удаление мохового очеса и старой дернины;
- выравнивание поверхности почв (засыпка ям, канав и карьеров, срезка бугров, ликвидация старых борозд и др.);
- ликвидация мелкоконтурных полей и придание им правильной формы;
- увеличение мощности слоя пахотного горизонта [33].

Природные условия Нечерноземной зоны и Сибири способствуют распространению лесной и кустарниковой растительности. Мелколесье и кустарники занимают большие площади земель, не используемых в сельском хозяйстве. Они хорошо растут на лугах, залежах, перелогах и даже пашне, особенно в условиях избыточного увлажнения. Заращение сельскохозяйственных угодий кустарником приводит к систематическому уменьшению их площади и является крайне нежелательным.

Кроме того, в ряде районов Нечерноземной зоны древние

ледники оставили свой след в виде валунов. На полях, засоренных камнем, понижается качество обработки почвы и посевов, а уборка сельскохозяйственных культур ведется на повышенном срезе стеблей. Камни, оказавшиеся на поверхности земли, вызывают поломки и повышенный износ рабочих органов сельскохозяйственных машин и тракторов.

Для рационального использования земель и для определения объемов работ по культуртехнической мелиорации проводят полевые почвенно-мелиоративные, геоботанические и другие исследования. Необходимость проведения таких работ определяется комплексом причин, вызывающих культуртехническую неустроенность земельных угодий. В результате исследований составляются культуртехническая, почвенно-мелиоративная и ландшафтная карты, на которые наносятся данные, характеризующие поверхность исследуемой территории, в том числе: залесенность, закустаренность, щебнистость почвы, заочкаренность, завалуненность, наличие ям и размеры контуров различной степени увлажнения. Культуртехническую неустроенность рассматривают на фоне геоморфологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, биоклиматических, почвенных, гидрологических и ландшафтных характеристик, что позволяет избежать негативных последствий мелиорации [14].

Способы очистки земель от древесно-кустарниковой растительности и технологические схемы их освоения зависят от характера, видового состава, однотонности и размеров растительности, а также от уровня плодородия.

Культуртехническая мелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по коренному улучшению земель.

Эти мероприятия подразделяется на следующие виды:

1. Расчистка земель от древесно-кустарниковой растительности и пней. Ее выполняют следующими способами:

– срезкой (кусторезами или бульдозерами) с последующим сгребанием в кучи (валы) и вывозом (или сжиганием) древесины;

- корчеванием с последующим сборанием выкорчеванной массы. На рис. 26 приведен вид корчевателя пней;
 - запашкой кустарника;
 - измельчением кустарника на месте и перемешиванием его с почвой;
 - обработкой арборицидами с последующей ломкой и уборкой высохшего кустарника;
 - расчисткой мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха;
2. Расчистка мелиорируемых земель от камней и иных предметов. Технология уборки камней и валунов следующая:
- крупные камни и валуны раскалываются;



Рис. 26. Корчеватель пней

- камни и валуны небольших размеров убирают камнеуборочными машинами;
 - камни и валуны транспортируются к дробильному агрегату и дробятся на щебень, который далее используется в строительстве. Некондиционный камень складировать на обочинах автомобильных дорог и используют по мере необходимости.
3. Рыхление, пескование, глинование, землевание и пер-

вичная обработка почвы (проводятся в соответствии с данными раздела 7 настоящего учебного пособия).

4. Проведение иных культуртехнических работ (засыпка воронок, ликвидация остатков строений и др.).

По завершении расчистки земель от древесно-кустарниковой растительности и валунов или после осушения болот сначала создают пахотный слой почвы, а затем его окультуривают.

В разнообразных климатических условиях эффективны различные способы первичной обработки почв. Обработка болотных целинных почв и выбор почвообрабатывающих орудий зависят от типа и влажности почвы, мощности перегнойного пласта и состояния дернины, степени и характера засоренности участка.

Для разделки сильно закоряченных и задерненных почв на осушенных болотах применяют фрезерование – обработку почвы с помощью навесного фрезерного барабана, обеспечивающего интенсивное рыхление и тщательное перемешивание грунта. Рабочий орган навесного фрезерного барабана – фреза с ножами, вращается по направлению движения трактора, на который это почвообрабатывающее орудие навешивается. Фреза срезает клиновидную почвенную стружку, разрыхляет ее и бросает на решетку кожуха. Таким образом фреза за один проход рыхлит и обрабатывает почву.

Культуртехнические работы по договору с хозяйствами выполняют специализированные передвижные механизированные колонны (ПМК). Часть работ на землях, не требующих осушения, например удаление куртин кустарника, уборка пней и камней, освоение закоряченных участков, хозяйства, как правило, проводят силами собственников земель. Затраты на культуртехнические виды мелиорации обычно окупаются за 1–2 года.

8.4. Тепловая мелиорация

Тепловая мелиорация направлена на изменение теплового режима почв с использованием ряда определенных мероприятий,

улучшающих физические свойства и режимы почв. К ним относят мероприятия по трансформации гранулометрического состава поверхностных горизонтов почвенного слоя, например, в северных районах России, внесение мелких камней в пахотные слои с целью увеличения их теплоемкости и повышения температуры.

Сюда же относят работы по систематическому снегозадержанию, мульчированию поверхности и других им подобных.

8.5. Фитомелиорация

Фитомелиорация (от греч. *phiton* – растение и лат. *melioratio* – улучшение) – комплекс мероприятий по улучшению условий природной среды путем культивирования или поддержания естественных растительных сообществ (создания лесополос, кулисных посадок, посева трав и др.).

Различают фитомелиорацию:

- *биопродукционную* (повышение количества и качества полезной человеку продукции);
- *гуманитарную* (оздоровление среды для оптимизации физического и духовного состояния человека);
- *инженерную* (улучшение условий эксплуатации инженерных сооружений);
- *природоохранную* (сохранение и улучшение биоценозов, природной среды в целом);
- *интерьерную* (оздоровление среды в помещении).

В результате широкомасштабной видовой и внутривидовой селекции растений получено более 15 перспективных видов и экотипов, пригодных как в качестве растений-биомелиорантов, так и для производства энергонасыщенных кормов и лекарственного сырья на вторично засоленных почвах и в условиях орошения соленой водой. Так, рассоляющий эффект галофитов (растений) сильно засоленных почв складывается из следующих элементов. По данным исследований, в метровом слое почвы на сильнозасоленных среднесуглинистых почвах полупустынь со-

держание солей составляет 48 т/га. При фитомассе надземной части 18–20 т/га галофиты выносят из 1 га почвы 8–10 т солей в год. Затеняя почву, галофиты препятствуют испарению и связанному с ним подтягиванию солей в верхний слой почвы. Эффект зеленой мульчи составляет 2,5 т/га солей. На участке, занятом насаждениями галофитов, процесс выноса солей из почвы достигает от 10 до 12,5 т в год. Доказано, что период рассоления почв в мелиоративном севообороте, включающем разные экологические группы галофитов, для условий средней степени засоления составляет 4–5 лет, а для условий сильной степени засоления – 6–7 лет. Особенно перспективным биомелиорантом для эффективного освоения засоленных орошаемых земель оказалась солодка голая, являющаяся одновременно ценной лекарственной и кормовой культурой. В условиях Нижнего Поволжья на засоленных орошаемых землях с близким залеганием грунтовых вод солодка дает с 1 г 6–8 т сена и 8–10 т солодкового корня – ценного сырья для фармацевтической и пищевой промышленности [3].

Фитомелиоративные меры позволяют управлять и интенсивностью процесса эрозии, который достигает максимума при возделывании пропашных культур и минимизирован под посевами многолетних трав. Фитомелиорантами являются растения (рапс, горчица, донник, кормовое просо, вико-овсяная смесь) сидеральных и так называемых комбинированных паров, которые позволяют, сохранив ценные качества паров как влагонакопителей и очистителей от сорняков, обогатить почву органическими веществами и резко снизить опасность эрозии, ветровой и водной.

Растения различаются по своему вкладу в плодородие почвы. Фитомелиоративный эффект зависит от продолжительности жизни и продуктивности растений, соотношения подземной и надземной частей биомассы, строения и характера профильного распределения корневой системы и т. д.

Вклад культурных растений в урожайность полей определяется, кроме того, технологией их выращивания. Так, при возделывании пропашных культур многократная фитомелиоратив-

ная обработка полей способствует распылению структуры верхних слоев почвы, созданию аэробных условий, способствующих разложению гумусовых веществ. Из-за низкого проективного покрытия почвы под посевами пропашных культур они слабо защищены от развития эрозионных процессов. Поэтому их относят к разряду почворазрушающих.

В то же время многолетние травы (и отчасти – однолетние бобовые, обогащающие почву азотом) ввиду хорошо развитой корневой системы, а также благодаря ее более продолжительной деятельности, способствующей образованию гумуса, обладают мощным фитомелиоративным эффектом. Кроме того, корневая система с сильно разветвленной сетью мелких корешков удерживает частицы почвы от вымывания и выдувания. Поэтому эти травы рассматривают как почвовосстанавливающие культуры.

Однолетние зерновые культуры занимают промежуточное положение, причем у озимых, которые длительное время сохраняют почву в стабильном состоянии, заглушают сорняки и оставляют много пожнивных и корневых остатков, больше сходства с почвовосстанавливающими многолетними травами, у яровых – с пропашными.

Фитомелиорантами также являются растения комбинированных паров (рапс, горчица, донник, кормовое просо), которые позволяют, сохранив ценные качества паров как влагонакопителей и очистителей от сорняков, обогатить почву органическими веществами и резко снизить опасность эрозии, ветровой и водной. Отрицательные изменения почвы устраняют использованием сидератов (зеленых удобрений запашкой), которые способствуют поступлению в почву органического вещества, а также улучшению физических свойств почвы и повышению урожайности последующих культур.

Плодородие почвы в значительной степени зависит от системы земледелия. Монокультуры, бессменные посевы способствуют одностороннему истощению почвы. В условиях севооборотов, если в них чередуются только однолетние растения, про-

исходит ухудшение физических свойств почвы и обеднение ее гумусом. Так, в Республике Бурятия эффективно распространены преимущественно полевые зернопаровые и зернопаропропашные севообороты с преобладанием зерновых культур.

Размер накопления органического вещества растениями определяется сроком и интенсивностью их жизни. Деятельный перегной и прочная структура максимально образуются в период жизни и роста растений, т. е. в тот период, когда основная масса корней не подвергается разложению. Поэтому в агроэкосистемах это зависит как от биологических особенностей возделываемых культур, так и от технологии выращивания и использования ее качеств. Особое место занимают однолетние травы, такие как вика, суданская трава и др. дающие отаву – траву, отросшую на сенокосах или пастбищах после скашивания или стравливания, у которых корневая система остается живой и активной после скашивания надземной массы. Под ними происходит значительное повышение водопрочности почвенных агрегатов и повышение содержания органического вещества. Известно, что корневая система растений выступает в роли мощного агента структурообразования, пронизывая почву густой сетью мелких корешков во всех направлениях.

Фитомелиорация включает также полосное размещение посевов, мульчирование, посев промежуточных культур, травосеяние и другие.

Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний

1. Дайте определение термину «агрономическая мелиорация».
2. Как проводилось агрономическое обслуживание сельскохозяйственных угодий в России?
3. Назовите основные цели агролесомелиорации.
4. Назовите основные территории рельефа местности, используемые для насаждения лесных полос.

5. Почему агролесомелиорацию называют комплексной составляющей мелиорации?
6. Как вы понимаете термин «культуртехническая мелиорация»?
7. Перечислите состав культуртехнических работ.
8. По какой технологии убирают камни и валуны с территории полей?
9. Дайте определение термину «фитомелиорация».
10. Перечислите виды фитомелиорации и их содержание.
11. Перечислите свойства растений, определяющие фитомелиоративный эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мелиорация земель – понятие многоплановое, требующее осмысления, управления, организации, регулирования, знания практического опыта, анализа и прогноза результата в природопользовании. Принципы и методы мелиорации земель позволяют повысить плодородие почв, расширить площади сельскохозяйственных угодий, сохранить сложившиеся и создать новые ландшафты, рекреационные зоны, улучшить состояние окружающей среды.

В настоящее время все составляющие биосферы, в том числе геосфера, гидросфера и атмосфера, являясь основополагающими для всего живого на Земле, оказались во власти антропогенных нагрузок и находятся на грани потери природного равновесия.

Результаты научно-технической революции привели к загрязнению всех составляющих биосферы, в том числе и гидросферы. Резкое сокращение пресной воды на Земле привело к ее дефициту во многих регионах суши, особенно на густонаселенных территориях. Земельные ресурсы также истощаются.

В настоящем учебном пособии уделено внимание вопросам сохранения и рачительного использования воды и почвы путем применения водосберегающих технологий в гидротехнической мелиорации и окислительно-восстановительных процессов в химической мелиорации. Следует отметить, что основными потребителями пресной воды на земле являются ирригация, затем промышленность и потом коммунальное хозяйство.

Приведенные в учебном пособии практические примеры водосберегающих технологий при поливах показывают, что применение дождевания вместо поверхностных поливов сокращает водопотребление на 10–15 %, а замена дождевания аэрозольным увлажнением сокращает потребление пресных вод еще на 30–35 %.

Применение рациональных технологий в мелиорации, рассмотренных в пособии, сопровождается приростом урожайности

сельскохозяйственных культур и почвенной массы. Эти технологии способны повлиять на улучшение качества земель, в том числе на емкость природной среды.

Огромный ресурс в повышении плодородия почв заключается в рациональном использовании приемов химической мелиорации и рекультивации земель.

Эффективное применение видов и способов химических мелиораций позволяет нейтрализовать токсичное воздействие на корневую систему растений некоторых химических элементов, содержащихся в почве, воде или воздухе. При этом путем регулирования окислительно-восстановительных процессов достигается возможность перевода почв из кислого, щелочного или засоленного состояний в нейтральное. Такие приемы мелиорации обеспечивают оптимальный питательный режим корневой системы растений и их высокую урожайность. Это значимо еще и потому, что почвы на 95–97 % удовлетворяют продовольственный ресурс населения земного шара и обеспечивают рекреационные требования.

Мелиорация земель используется на всех категориях земель, целевое назначение которых определено положениями ст. 7 Земельного кодекса Российской Федерации. И так же как на мелиорируемых землях сельскохозяйственного назначения, с помощью разных видов мелиорации (осушительных, физических специальных) достигается успешное решение конкретных задач в рамках инженерного обустройства территорий на землях, принадлежащих объектам промышленности, энергетики, транспорта, связи; землях особо охраняемых территорий; землях лесного и водного фонда и всех других, которые подлежат кадастровому учету.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конституция Российской Федерации от 12.12.1993 г.
2. Земельный кодекс Российской Федерации. М. – : Проспект, Кно Рус, 2011.–96 с.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации (в ред. 17.07.2009 г № 164-ФЗ.) [Электронный ресурс] : [Официальный сайт компании «Консультант Плюс»]. – Условия доступа: <http://www.consultant.ru/popular/gskrf/>.
4. Водный кодекс Российской Федерации.
5. Лесной кодекс Российской Федерации.
6. Федеральный закон от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды».
7. СП.32.13330.2012. «Канализация. Наружные сети и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85*. – М. : Минрегион России, 2012.–233 с.
8. СП.42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*. Издание официальное. – М. : ОАО «ЦПП» 2011.–109 с.
9. Авакян, А.Б. Рациональное использование водных ресурсов: учебник для геогр., биол. и строит. спец. вузов / А.Б. Авакян, В.М Широков. – Екатеринбург : Изд-во «Виктор» 1994.–320 с.
10. Авдонин, Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Авдонин Н.С. – М., 1994.–320 с.
11. Базавлук, В.А. Инженерное обустройство территорий. Дождевые водостоки : учебное пособие / В.А. Базавлук. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012.–136 с.
12. Базавлук, В.А. Основы природопользования: учебное пособие / В.А. Базавлук, С.П. Кулижский. – Томск : Изд-во «Печатная мануфактура», 2010.–200 с.
13. Балашев, Л.Л. Химизация сельского хозяйства. Научно-технический словарь-справочник / Л.Л. Балашева; под ред. Л.Л. Балашева, С.И. Вольфовича. – Изд-е 2-е. – М. : 1968.–с. 5–6.

14. *Зайдельман, Ф.Р.* Мелиорация почв: учебник/ Ф.Р. Зайдельман. 3-е изд. испр. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2003.–448 с.
15. *Засоленные почвы России / Л.Л. Шишов [и др.].* – Академкнига, 2006.–854 с.
16. *Измерение влажности почв с использованием нерегулярного микрополоскового резонатора / Н.А. Студенкова [и др.] // Материалы Тринадцатой международной научно-технической конференции. Т.1. / Под ред. Л.И. Сучковой – Барнаул: Изд-во АлГТУ, 2012.–С.184–188.*
17. *Инженерное благоустройство городских территорий: Учебник для вузов / В.Э. Бакутис [и др.]: под общей ред. Л.Б. Лунца.* – Стройиздат, 1979.–239 с.
18. *Казакова, Л.А.* Комплексная мелиорация орошаемых солонцовых и засоленных почв Нижнего Поволжья: дис. д-ра биол. наук / Л.А. Казакова. – Волгоград, 2007.–319 с.
19. *Карловский, В.Ф.* Влияние мелиорации земель на окружающую среду / В.Ф. Карловский. В кн. Мелиорация и охрана окружающей среды. Сборник научных трудов: – Минск, Изд-во Бел. НИИМиВХ, 1989.–3–8 с.
20. *Корнилов, М.Ф.* Известкование почв северо-западной зоны нечерноземной полосы СССР / М.Ф. Корнилов, Н.Л. Благоевиков. – М. – Л., 1995.
21. *Корнилов, М.Ф.* Известкование кислых почв / М.Ф. Корнилов, З.В. Трунина. – М. – Л., 1960.
22. *Лопатовская О.Г.* Мелиорация почв. Засоленные почвы: учебное пособие / О.Г. Лопатовская, А.А.Сугаченко. – Иркутск: Изд-во Иркут.гос.ун-та, 2010.–101 с.
23. *Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв / сост. Е.Н. Панкова.* – М. : Колос, 1970.–112 с.
24. *Развитие мелиорации до 2020.* Федеральная Целевая программа.
25. *Розов, Л.П.* Мелиоративное почвоведение / Л.П. Розов. – М. : Сельхозиздат, 1956.–439 с.

26. *Способ агромелиорации почв*: патент на изобретение / Балатбекова К.С., Лавров Б.В., Бакланов А.М.-М. ВНИИ сельскохозяйственного пользования мелиоративных земель. Дата начала действия патента, 1995.02.17.

27. *Шамсутдинов З.Ш.* Методы экологической реставрации аридных экосистем в районах пастбищного животноводства [электронный ресурс] / З.Ш. Шамсутдинов, Н.З. Шамсутдинов. – Режим доступа: [http:// docs.sibcocenter.ru](http://docs.sibcocenter.ru).

28. *Экология*: учебное пособие для вузов / под ред. Денисова В.В. Изд. 2-е испр. и доп. – Ростов : Изд-во ЦЦ Март, 2004.–672 с.

Интернет-ресурсы

29. [http://www. informatsiya.ru](http://www.informatsiya.ru) (Статистика стран мира 24.11.2010).

30. [http://www. bibliofond.ru](http://www.bibliofond.ru) (Дождевание).

31. [http://www. snowpad.ru](http://www.snowpad.ru) (Дождевание).

32. [http://www. sadovnik onlene.ru](http://www.sadovnik onlene.ru) (Кислые почвы).

33. [http://www. do.gendocs.ru](http://www.do.gendocs.ru) (Культурные мелиорации).

34. [http://www. slovari.yandex.ru](http://www.slovari.yandex.ru) (Агролесомелиорации).

35. [http://www. bestreferat.ru](http://www.bestreferat.ru) (Фитомелиорация)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
1. Основные сведения о мелиорациях земель	11
2. Классификация мелиораций	16
3. Гидротехнические мелиорации	20
3.1. Основные сведения	20
3.2. Классификация видов орошения	23
3.3. Источники орошения	27
3.4. Оценка пригодности воды для поливов и ее влияние на почву	29
3.5. Поверхностное орошение поливом	33
3.5.1. Полив напуском по полосам	33
3.5.2. Полив по бороздам	37
3.5.3. Полив затоплением	42
3.6. Дождевание	43
3.6.1. Система дождевания	43
3.6.2. Виды дождевания и дождевальных оросительных систем	44
3.6.3. Требования к дождеваниям	46
3.6.4. Аэрозольные и капельные поливы	52
3.6.5. Дождевальные устройства	56
А. Среднеструйные дождевальные машины и установки	59
Б. Дальнеструйные дождевальные установки	66
В. Синхронно-импульсные дождеватели	67
Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний	69
4. Промывка засоленных почв	70
4.1. Основные положения	70
4.2. Расчет промывочных норм	75
4.3. Способы промывок засоленных почв	79
Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний	85
5. Осушение земель	86
5.1. Основные положения	86
5.2. Развитие отечественного и зарубежного опыта осушительных мелиораций	88
5.3. Виды и элементы дренажей	90

5.4. Конструкции и технологии строительства дренажей	93
5.5. Защита земельных территорий от воздействия воды	97
Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний	99
6. Химические мелиорации почв	100
6.1. Основные положения	100
6.2. Известкование кислых почв	103
6.2.1. Основные положения известкования почв	103
6.2.2. Причины образования кислотности почв	104
6.2.3. Корректировка кислотности почв	107
6.2.4. Восприимчивость растений к известкованию	108
6.2.5. Влияние извести на свойства и питательный режим почв	111
6.2.6. Нуждаемость почв в известковании и нормы внесения извести в почвы	113
6.2.7. Известковые и другие минеральные удобрения	117
6.2.8. Сроки и способы внесения извести в почву	119
6.2.9. Эффективность известкования почв	122
6.3. Окисление щелочных почв. Окислительно-восстановительные процессы	123
6.3.1. Основные положения окислительно-восстановительных процессов в почвах	123
6.3.2. Факторы формирования режимов окислительно-восстановительных процессов в почвах	124
6.3.3. Факторы режимов окислительно-восстановительных процессов в почвах и их регулирование	126
6.4. Гипсование почв	128
6.5. Фосфоритование почв	130
Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний	135
7. Физические мелиорации почв	138
7.1. Рекультивация земель	139
7.1.1. Общие положения	140
7.1.2. Факторы обоснования рекультивации земель	143
7.1.3. Этапы рекультивации земель	144
А. Подготовительный этап рекультивации земель	144
Б. Технический этап рекультивации земель	145

В. Биологический этап рекультивации	146
7.1.4. Рекультивация земель, нарушенных при строительстве линейных сооружений	148
7.1.5. Рекультивация и обустройство свалок отходов	149
7.1.6. Рекультивация земель, загрязненных пестицидами	150
7.1.7. Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами	151
7.2. Пескование	152
7.3. Глинование	153
7.4. Землевание	154
7.5. Термический пар	155
7.6. Глубокое мелиоративное рыхление	156
7.7. Улучшение гумусного состояния почв	156
7.8. Оструктурирование почв	160
Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний	161
8. Специальные мелиорации земель	163
8.1. Агрономические мелиорации и обслуживание	163
8.2. Агролесомелиорация	164
8.3. Культуртехнические мелиорации	165
8.4. Тепловые мелиорации	167
8.5. Фитомелиорация	170
Вопросы и задания к самоконтролю уровня знаний	174
Заключение	176
Литература	178

Учебное издание

Владимир Алексеевич БАЗАВЛУК

МЕЛИОРАЦИОННОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИЙ

Учебное пособие

Научный редактор к.т.н., доцент В.А. Базавлук

Редактор

Компьютерная верстка Е.В. Предко

Дизайн обложки

Подписано к печати . Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.

Заказ . Тираж экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS
EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru