

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Т. С. Шорина

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 021900.62 Почвоведение и специальности 020701.65 Почвоведение

Оренбург
2012

УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6я73
Ш 79

Рецензент – кандидат биологических наук Д.Г. Поляков

Шорина, Т. С.
Ш 79 Мелиорация почв : учебное пособие / Т. С. Шорина; Оренбургский
гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 190 с.
ISBN

В учебном пособии рассмотрены основные виды мелиорации почв, строение осушительной и оросительной системы, типы и химизм засоления почв и способы их мелиорации, вопросы агролесомелиорации.

Учебное пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы студентов по курсу «Мелиорация почв» базовой части профессионального цикла предназначено для студентов, очной формы обучения по направлению подготовки 021900.62 Почвоведение в 6 семестре, а также по специальности 020701.65 - Почвоведение.

УДК 631.6(075.8)
ББК 40.6я73

ISBN

© Шорина Т. С., 2012
© ОГУ, 2012

Содержание

Введение.....	5
1 Общие сведения о мелиорации почв.....	6
1.1 Понятие мелиорации почв. История возникновения и развития мелиорации.....	6
1.2 Виды мелиорации почв.....	17
2 Водный режим почв и основные понятия почвенной гидрологии.....	21
2.1 Водные ресурсы Земли и их формирование.....	21
2.2 Понятия почвенной гидрологии.....	23
3 Мелиорация избыточно увлажненных почв: осушительные мелиорации...	32
3.1 Понятие осушительной мелиорации.....	32
3.2 Конструкция осушительной системы.....	33
3.3 Виды дренажа.....	40
3.4 Причины заболачивания почв	46
3.4.1 Признаки заболачивания почв грунтовыми и напорными водами.....	48
3.4.2 Признаки заболачивания почв атмосферными и намывными склоновыми водами.....	50
3.4.3 Признаки заболачивания почв намывными русловыми водами.....	52
3.4.4 Признаки болотных почв, возникающих вследствие зарастания водоемов.....	53
3.4.5 Признаки биогенного заболачивания почв.....	56
3.5 Время и норма осушения.....	57
4 Мелиорация почв аридной зоны: оросительные мелиорации.....	60
4.1. Понятие оросительных мелиораций.....	60
4.2 Конструкция оросительной системы.....	64
4.3 Источники воды для орошения.....	72
4.4 Оценка пригодности поливной воды для орошения.....	75
4.5. Техника полива.....	79

4.6 Изменение свойств почв под влиянием орошения и почвоводоохранные мероприятия.....	93
5 Мелиорация засоленных и кислых почв: химические мелиорации.....	101
5.1. Причины соленакопления и засоления почв.....	101
5.2 Классификация солонцов и солончаков.....	105
5.3 Тип и степень засоления почв.....	108
5.4 Способы удаления солей из профиля засоления почв.....	113
5.5 Генезис и мелиорация почв содового засоления	115
5.6 Генезис и мелиорация почв сульфидного засоления.....	119
5.7 Генезис и мелиорация почв карбонатного засоления.....	121
5.8 Генезис и мелиорация почв гипсового засоления.....	122
5.9 Классификация солонцов и солонцовых почв.....	124
5.10 Мелиорация солонцов.....	130
5.11 Гипсование как способ мелиорации солонцов.....	134
5.12 Известкование как способ улучшения свойств почв мочарных ландшафтов.....	135
5.13 Кислование как способ мелиорации солонцов.....	137
5.14 Мелиорация такыров.....	137
6 Агролесомелиоративные мероприятия	140
6.1 Общие сведения о лесомелиорации.....	140
6.2 Понятие о лесе.....	143
6.3 Ассортимент древесных пород, типы и схемы смешения.....	151
6.4 Полеззащитные лесные полосы.....	159
6.5 Противоэрозионные лесные полосы.....	171
6.6 Пастбищезащитные лесные полосы.....	176
6.7 Придорожные лесные полосы.....	182
6.7.1 Защитные лесные полосы вдоль железнодорожных путей.....	182
6.7.2. Защитные лесные насаждения вдоль автомобильных дорог.....	186
Список использованных источников.....	188

Введение

Одним из главных условий существования людей на земле является сохранение почв, улучшение их режима и свойств, повышение плодородия. Вместе с тем на земном шаре происходит систематическое абсолютное и относительное уменьшение площади почв, находящихся в сельскохозяйственном и ином использовании. Поэтому необходимо сохранять и повышать их плодородие и тем самым увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур. Это возможно за счет создания благоприятных для роста и развития сельскохозяйственных и лесных культур водного, теплового и солевого режима использования, что осуществляется посредством мелиорации почв.

Мелиорация – это совокупность организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на коренное улучшение земель. Мелиорация дает возможность изменять комплекс природных условий обширных регионов в нужном для хозяйственной деятельности человека направлении. Наибольшее значение мелиорация имеет для сельского хозяйства, придавая большую устойчивость этой отрасли народного хозяйства и обеспечивая более стабильные валовые сборы сельскохозяйственных культур. Технический уровень мелиорации земель определяется характером производственных отношений, уровнем развития производительных сил страны, а также зональными условиями отдельных территорий. Выделяют шесть основных видов мелиорации почв, применяемых при сельскохозяйственном, лесохозяйственном и ином использовании территории:

- 1) агрономические;
- 2) биологические;
- 3) химические;
- 4) гидротехнические;
- 5) культуртехнические;
- 6) тепловые.

1 Общие сведения о мелиорации почв

1.1 Понятие мелиорации почв. История возникновения и развития мелиорации

Мелиорация (от лат. melio – улучшать) – это система мероприятий по улучшению свойств и режима почв в благоприятных производственном (сельскохозяйственном, лесохозяйственном и др.) и экологическом направлениях.

Согласно статье 2 Федерального закона «О мелиорации земель» **мелиорация земель** - коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противоэрозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и других мелиоративных мероприятий.

Мелиоративные мероприятия - проектирование, строительство, эксплуатация и реконструкция мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, обводнение пастбищ, создание систем защитных лесных насаждений, проведение культуртехнических работ, работ по улучшению химических и физических свойств почв, научное и производственно-техническое обеспечение указанных работ.

Мелиорация земель осуществляется в целях повышения продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения гарантированного производства сельскохозяйственной продукции на основе сохранения и повышения плодородия земель, а также создания необходимых условий для вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земель и формирования рациональной структуры земельных угодий.

История человечества показывает, что в условиях гумидного и аридного климата мелиорация почв всегда оказывалась необходимой не только для развития и стабилизации сельского хозяйства, но и для самого существования человека. Об этом свидетельствуют древние оросительные системы в долинах Нила, Тигра и Евфрата, Амударьи и Сырдарьи, на огромной территории Юго-

Восточной Азии, в Мексике, на территории Древнего Урарту, в Южной Америке и т.д. Орошение определяло стабильность многих цивилизаций, а разрушение ирригационных систем - их гибель. Мелиорация в руках заинтересованных и грамотных землепользователей всегда оказывалась мощным экономическим фактором развития страны.

В бассейнах рек Теджен и Мургаб за 10 000 лет до н.э. существовало орошение. Исторические документы свидетельствуют о том, что искусственное орошение в широких масштабах применялось более 4000 лет назад в Египте, Месопотамии, Китае, Урарту, Индии. По свидетельству древнегреческого историка Страбона, в I в. н.э. в Закавказье в Ширванской степи орошалось земли больше, чем в Египте и Вавилоне.

Греческий историк Геродот более 2000 лет назад описал одну из первых дренажных систем в долине Нила. Дренаж как мелиоративное мероприятие получил широкое распространение в античный период в Греции. Позднее Катон (I в. до н.э.) в трактате «О земледелии» описал открытые дренажные системы, применявшиеся в Древнем Риме для осушения почв на виноградниках и оливковых плантациях. Многие из этих систем действуют до настоящего времени. В X в. в Европе начались работы по устройству осушительных систем в бассейне Северного моря.

Особенно интенсивными они были в XII - XIV вв. Осушались крупные болота, приморские низменности, дельты рек, приозерные понижения. В Англии в 1252 г. при короле Генрихе III был принят первый закон об осушении сельскохозяйственных земель, который стал основой для развития мелиорации в последующие столетия.

В XVI - XVII вв. в Голландии началось строительство польдерных осушительных систем с перекачкой дренажных вод из каналов в море с помощью ветряных мельниц. Появление гончарного дренажа относится примерно к 1810 г. К. Маркс рассматривал изобретение гончарного трубчатого дренажа в Англии и его внедрение в сельскохозяйственное производство в середине XIX в. как аграрную революцию в этой стране.

Интенсивное развитие работ по осушению в России первоначально было связано с деятельностью Петра I. Он предпринял осушение болот в связи с освоением побережья Финского залива, строительством Петербурга и других городов, крепостей, заводов. Действие открытых осушительных систем было описано М.В. Ломоносовым в работе «Лифляндская экономика» (1738). В конце XVIII в. А.Т. Болотов разработал вопросы осушения северных районов России. Однако в послепетровский период до второй половины XIX в. работы в области осушения почв в России велись в весьма ограниченных масштабах. Отмена крепостного права и бурное развитие капитализма явились движущим фактором мелиорации почв. В 1873 г. Министерство государственных имуществ в целях использования обширных болот северо-западных губерний под сенокосы и пастбища, улучшения государственных лесов и оздоровления местности организовало две экспедиции по осушению болот под руководством И.И. Жилинского. К этому времени относится и строительство двух первых закрытых осушительных систем гончарного дренажа в России. Они сыграли в дальнейшем важную роль в развитии этого прогрессивного способа осушения в нашей стране. Первая такая система закрытого дренажа была построена в 1853 г. на территории современной Белорусской сельскохозяйственной академии А.Н. Козловским через 10 лет после того, как в Англии в 1843 г. Д. Рид впервые изобрел гончарную дренажную трубу. Вторая система закрытого гончарного дренажа была создана в Смоленской губернии в имении А.Н. Энгельгардта, близкого друга и соратника В.В. Докучаева, одного из основателей опытного дела в России. В начале XX в. в России создается система мелиоративных опытных станций и опытных полей по культуре болот (Архангельская, Яхромская, Сарненская и др.). Однако мелиорация почв России в дореволюционный период не получила значительного развития, несмотря на настоятельную необходимость широкого внедрения осушения, орошения, культуртехнических мероприятий, агро- и фитомелиорации в сельское и лесное хозяйства. В целом в стране с разнообразными природными условиями к 1917 г. площадь орошения составляла 4080 тыс., а осушения -1200 тыс. га.

В.В. Докучаевым (рисунок 1.1) в 1875 г. издает статью о проблемах мелиорации почв полесий. Она называлась «К вопросу об осушении болот вообще и, в частности, об осушении полесья». Это была первая публикация, в которой сделана попытка прогноза и экологической оценки последствий мелиорации почв. Существенно и то, что В.В. Докучаев (1899), а затем Н.М. Сибирцев (1900) не только подчеркивали необходимость осушения переувлажненных почв лесной зоны России, но и обращали внимание на важность дифференцированного подхода к мелиорации почв более южных регионов.



Рисунок 1.1 - Профессор ДОКУЧАЕВ Василий Васильевич (1846 - 1903)

В.В. Докучаев основоположник научного генетического почвоведения. Разработал зональную систему мелиорации почв Российского государства. В фундаментальной монографии «Наши степи прежде и теперь» рассмотрел актуальные проблемы мелиорации почв страны. Показал на практике эффективность систем агролесо- и гидромелиорации почв степной зоны. Впервые обратил внимание на необходимость внедрения закрытого дренажа в земледелие лесной зоны, особенности орошения черноземов, защиты осушаемых торфяных почв от деградации.

В 1892 г. В.В. Докучаев при поддержке Лесного департамента организовал особую экспедицию по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России. На примере Каменной степи им была разработана система агро-, фито- и гидромелиорации, представляющая и сегодня работающую модель агрохозяйственного степного ландшафта с рациональной системой лесных полос.

В 1912 г. Б.Б. Польшовым в гидромодульной лаборатории А.Н. Костякова (рисунок 1.2) на территории бывшего Бугырского хутора в Москве были начаты экспериментальные работы по изучению закономерностей движения водорастворимых солей. Им впервые была показана различная миграционная активность хлоридов, сульфатов и карбонатов. Б.Б. Польшовым (рисунок 1.3) была раскрыта роль различных почвообразующих пород в формировании солевых аккумуляций.

После Октябрьской революции развитие мелиорации было связано с решением комплекса проблем, центральное место среди которых занимала борьба за хлопковую независимость. В развитии мелиорации почв видели надежный рычаг подъема сельского хозяйства в разоренной империалистической и гражданской войнами стране.



Рисунок 1.2 - Профессор КОСТЯКОВ Алексей Николаевич (1887 - 1957)

Костяков А.Н. инженер-гидротехник, академик ВАСХНИЛ и член-корреспондент АН СССР. Разработал теорию расчетов мелиоративных систем, режимов орошения и техники полива сельскохозяйственных культур, приемы борьбы с потерями воды. Автор фундаментального учебника «Основы мелиорации», способов проектирования и строительства мелиоративных систем различного назначения. Лауреат Государственной премии за работы в области мелиорации почв.

В марте 1918 г. особая комиссия с правами Совнаркома обсуждала вопрос о развитии хлопководства в Туркестане. 9 апреля 1918 г. был подписан декрет СНК РСФСР «Об отпуске оборотных средств Комитету хлопкоснабжения для обеспечения текстильной промышленности хлопком». В апреле 1918 г. Особая комиссия обсуждает проект декрета об отпуске средств на оросительные работы в Туркестане. План ирригационных работ, разработанный Г.К. Ризенкампом, В.И. Лодыгиным и другими, был положен в основу декрета СНК РСФСР «Об ассигновании 50 млн. рублей на оросительные работы в Туркестане и об организации этих работ», подписанного 17 мая 1918 г. Этот декрет явился, по существу, реальной схемой развития мелиорации почв Центральноазиатского региона на многие десятилетия вперед.



Рисунок 1.3 - Профессор ПОЛЫНОВ Борис Борисович (1877 - 1952)

Полынов Б.Б. почвовед-генетик, мелиоратор и геохимик, академик АН СССР. Раскрыл закономерности миграции элементов в почвах и корах выветривания. Разработал методы прогноза эволюции почв в условиях орошения. Ввел в мелиоративную практику понятие о «критической глубине залегания засоляющей почву грунтовой воды». Автор фундаментальных монографий «Кора выветривания» и «Учение о ландшафтах».

В начале 20-х годов публикуются исследования Д.Г. Виленского, посвященные моделированию процесса осолонцевания почв и мелиорации солонцов. В эти же годы К.К. Гедройц разрабатывает общую теорию поглотительной способности почв и практику мелиорации солонцов. Несколько позднее (в 1936 г.) был издан первый учебник по курсу «Мелиоративное почвоведение» Л.П. Розова – выдающегося отечественного почвовед-мелиоратора (рисунок 1.4).

В 1937 г. выходит в свет монография В.А. Ковды «Солонцы и солончаки», посвященная проблемам их генезиса и мелиорации. Именно в этот период Л.И. Прасоловым при участии И.П. Герасимова и Е.Н. Ивановой были начаты работы по составлению генеральной почвенной карты СССР масштаба 1:1 000 000. Возникла возможность прямого анализа почвенных ресурсов и планирования их перспективного использования.

В 1946 - 1947 гг. вышла в свет двухтомная монография В.А. Ковды (рисунок 1.5) «Происхождение и режим засоленных почв», в 1953 г. - монография И.Н. Антипова-Каратаева «Солонцы СССР и их мелиорация».

Розов Л.П. - почвовед-мелиоратор. Предложил классификацию солей по токсичности, формулу для расчета промывных норм. Исследовал эволюцию минеральных почв после осушения, процессы рассоления орошаемых почв. Автор первого учебника «Мелиоративное почвоведение». Читал лекции по этому курсу и заведовал кафедрой мелиоративного почвоведения в Московском гидромелиоративном институте.



Рисунок 1.4 - Профессор РОЗОВ Лев Пармёнович (1886 - 1942)

К этому периоду появляются крупные работы по проблемам мелиорации различных типов почв, приуроченных преимущественно к полупустынной и аридной зонам. К ним относятся такие важные труды, посвященные генезису почв и практике их мелиорации, как «Сероземы Средней Азии» А.Н. Розанова (1951); «Почвы пустынной зоны СССР» Е.В. Лобовой (1960); «Почвообразование и условия проведения оросительных мелиорации в дельте Арало-Каспийской низменности» В.В. Егорова (1959); «Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала)» К.П. Горшенина (1955); «Пойменные почвы, их мелиорация и сельскохозяйственное использование» В.И. Шрага (1969) и ряд других. Как бы ни были совершенны исследования в области мелиорации почв, их результаты могли быть использованы в практике только после необходимой систематизации, осмысления и внедрения в процесс строительных изысканий. Эта работа в послевоенный период была выполнена выдающимися почвоведом-мелиораторами В.И. Шрагом (рисунок 1.6) и Б.А. Калачевым.

В.И. Шраг разработал первое «Руководство по производству почвенно-мелиоративных и культуртехнических изысканий для составления проектных

заданий осушения и сельскохозяйственного освоения болотных и заболоченных почв» (1959).

В 1937 г. В.А. Ковдой и А.Ф. Болынаковым был предложен способ самомелиорации солонцов. Система гидротехнических и химических мероприятий по мелиорации почв содового засоления путем их промывки слабым раствором серной кислоты была разработана Г.П. Петросяном и другими сотрудниками Армянского института почвоведения, агрохимии и мелиорации почв в 1969 г.



Рисунок 1.5 - Профессор КОВДА Виктор Абрамович (1904 - 1992)

Ковда В.А. - почвовед-генетик, мелиоратор, биогеохимик. Член-корреспондент АН СССР. Установил общие закономерности формирования засоленных почв в основных природных зонах страны и мира. Раскрыл значение содового засоления. Внедрил дренаж на орошаемых массивах страны, подверженных вторичному засолению. Автор «Международного руководства по изучению почв в связи с их мелиорацией» и фундаментальных монографий «Происхождение и режим засоленных почв», «Мелиорация солонцов» и ряда

других. Первый лауреат Государственной премии за работы в области почвоведения.

Система агрономических, агро- и фитомелиоративных мероприятий по мелиорации почв солонцового комплекса, обеспечивающая возможность устойчивого земледелия в условиях полупустынной зоны, предложенная А.А. Роде (рисунок 1.7) и В.Н. Сукачевым. Комбинированный способ осушения тяжелых заболоченных почв субтропической зоны, основанный на сочетании закрытого дренажа и квали, предложенный Р.И. Паписовым в 1973 г.



Рисунок 1.6 - ШРАГ Владимир Ильич (1890 - 1964)

Шраг В.И. - почвовед-мелиоратор. Обосновал необходимость, разработал методологию и внедрил в практику почвенно-мелиоративные изыскания для обоснования проектов осушения заболоченных и болотных почв. Автор первого «Руководства по производству почвенно-мелиоративных и культуртехнических изысканий для составления проектных заданий на осушение». Создал зональную классификацию пойменных почв, автор актуальной монографии «Пойменные почвы, их мелиорация и сельскохозяйственное использование».



Рисунок 1.7 - Профессор РОДЕ Алексей Андреевич (1896 - 1978)

Роде А.А. - почвовед-генетик, химик и гидролог. Автор монографий о процессе подзолообразования и эволюции почв, учебника «Почвоведение» для лесохозяйственных вузов. Его перу принадлежит фундаментальная работа «Почвенная влага», удостоенная Государственной премии. Теоретически обосновал возможность и реализовал агрофитомелиорацию почв солонцового комплекса в полупустынной зоне на территории Джаныбекского стационара.

Следует, однако, подчеркнуть, что, несмотря на длительную историю развития, мелиорация почв в России все еще находится на начальном этапе становления. Так, по данным МКИД (Международного комитета по ирригации и дренажу), в США, Германии, Голландии - странах, успешно решивших свои продовольственные проблемы, - в настоящее время мелиорировано соответственно 60 %, 50 % и 85 % сельскохозяйственных земель. В Российской Федерации на 2003 г., по данным Министерства сельского хозяйства, из общей площади сельскохозяйственных угодий мелиорировано 11,1 млн. га (орошение - 6,1, осушение - 5 млн. га), или 5,3 % общего массива сельскохозяйственных угодий. На нем производится, однако, 15 % всей продукции растениеводства, в том числе весь рис, 75 % овощей, четверть грубых кормов и др.

1.2 Виды мелиорации почв



Рисунок 1.8 - Основные виды мелиорации почв, их задачи и состав (Ф.Р. Зайдельман, 2003)

Под **агрономическими мелиорациями** (агромелиорациями) следует понимать комплекс мероприятий, направленных на изменение (улучшение) рельефа и физических свойств почв. Это может быть решено путем планировки поверхности, профилирования, грядования, гребневания и другими методами. Агромелиоративные мероприятия обеспечивают оптимизацию и ускорение поверхностного стока, улучшают распределение влаги на поверхности орошаемого поля. К агрономелиоративным мероприятиям следует отнести и приемы изменения физических свойств подпахотных горизонтов с помощью глубокого рыхления.

При **фитомелиорациях** используют возможность улучшения свойств почв и их режимов путем применения адаптированной к конкретным условиям травянистой и древесной растительности. К фитомелиорациям относят залесение песков, создание лесных полос, использование транспирирующей способности деревьев для понижения уровня грунтовых вод, закрепление склонов, откосов, посевами многолетних трав. Биологические особенности ряда растений могут быть использованы для рассоления поверхностных слоев профиля. Некоторые растения улучшают структуру почвы, способствуют борьбе с их солонцеватостью.

Химические мелиорации направлены на изменение неблагоприятных химических и физических свойств почв и оросительных вод. Химические мелиорации включают 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. Химические мелиорации могут быть связаны с необходимостью изменения свойств оросительных вод, например, внесение кальция (обычно - гипса) в поливные воды, обогащенные бикарбонатом натрия, или разбавленной серной кислоты. К химическим мелиорациям следует отнести мероприятия по кислотанию почв содового засоления, усилению окислительной способности оросительных вод путем их предварительного насыщения кислородом и др.

Культуртехнические мелиорации состоят в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по коренному улучшению земель, который заключается в расчистке мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха, расчистке мелиорируемых земель от камней и иных предметов, мелиоративной обработке солонцов, рыхлении, песковании, глиновании, землевании, плантаже и первичной обработке почвы, проведении иных культуртехнических работ.

Гидротехнические мелиорации состоят в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коренное улучшение заболоченных, излишне увлажненных, засушливых, эродированных, смытых и других земель, состояние которых зависит от воздействия воды. Гидромелиорация земель направлена на регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорируемых землях посредством осуществления мер по подъему, подаче, распределению и отводу вод с помощью мелиоративных систем, а также отдельно расположенных гидротехнических сооружений. К этому типу мелиорации земель относятся оросительная, осушительная, противопаводковая, противоселевая, противоэрозионная, противооползневая и другие виды гидромелиорации земель.

Тепловые мелиорации направлены 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.).

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.

Согласно статье 5 Федерального закона «О мелиорации земель» в зависимости от характера мелиоративных мероприятий различают следующие

типы мелиорации земель: гидромелиорация, агролесомелиорация, культуртехническая мелиорация и химическая мелиорация.

Контрольные вопросы

- 1 Понятие мелиорации почв.
- 2 История возникновения и развития мелиорации до X века.
- 3 История возникновения и развития мелиорации в XII- XVII вв.
- 4 История возникновения и развития мелиорации в России: работы В.В. Докучаева.
- 5 История возникновения и развития мелиорации в России: работы Б.Б. Польшовым и А.Н. Костякова.
- 6 История возникновения и развития мелиорации в России: работы Л.П. Розова.
- 7 История возникновения и развития мелиорации в России: работы В.А. Ковды.
- 8 История возникновения и развития мелиорации в России: работы В.И. Шрага.
- 9 История возникновения и развития мелиорации в России: работы А.А. Роде.
- 10 История возникновения и развития мелиорации в России: работы Ф.Р. Зайдельмана.
- 11 Виды мелиорации почв.

2 Водные ресурсы Земли и основные понятия почвенной гидрологии

2.1 Водные ресурсы Земли и их формирование

Общий объем воды на земном шаре составляет около 1338 млн. км³. Основной ее запас (96,5 %) находится в Мировом океане. В жизни человека наибольшую ценность представляют пресные воды. Ледники и постоянный снежный покров содержат 24,1 млн. км³ пресной воды, т. е. около 69 % общих ее запасов. Свыше 50 % (10,5 млн. км³) пресной воды сосредоточено в почвогрунтах (подземные воды). Пресные озера России содержат около 28 тыс. км³ воды, из них 25 тыс. км³ - в озере Байкал. Вода в болотах составляет около 12 тыс. км³, или 0,03 % запаса пресных вод. Годовой сток рек нашей страны составляет 4720 км³ в год. В руслах рек России одновременно находится около 500 км³ воды. Вода в природе под влиянием солнечной радиации, вызывающей испарение, и силы земного притяжения совершает непрерывный круговорот (влагооборот) между гидросферой, почвой и атмосферой. Водяной пар поступает в атмосферу в результате испарения с водной поверхности и поверхности почвы, растительности, снежного и ледяного покрова, а также вследствие транспирации. В атмосфере непрерывно протекают процессы конденсации и сублимации водяного пара, образование облаков и перенос их воздушными массами. Из облаков при определенных условиях выпадает на поверхность земли вода в виде жидких (дождь) или твердых (снег) осадков.

Различают два типа влагооборота - большой и малый. Большой, или мировой, влагооборот захватывает обширные пространства, когда водяной пар, поднявшийся с поверхности океанов, переносится воздушными потоками на материи, выпадает там в виде атмосферных осадков и возвращается в океан в виде стока.

Малый влагооборот происходит на меньших пространствах и бывает океанический, когда водяной пар, образовавшийся при испарении воды с поверхности океанов, снова выпадает в виде осадков в океан, и внутриконтинентальный, когда влага, испарившаяся с поверхности суши, вновь выпадает на сушу в виде атмосферных осадков.

Испарение с поверхности земного шара составляет в среднем за год 577 тыс. км³ воды. Из этого объема 505 тыс. км³ приходится на Мировой океан и 72 тыс. км³ - на сушу. Воздушными потоками на сушу переносится и стекает обратно в океан 47 тыс. км³ воды. Из этого объема реками выносятся в океан 45 тыс. км³, поступает в океан в виде стока грунтовых вод 2 тыс. км³. Если распределить этот объем воды равномерно по поверхности суши, получится слой осадков, равный 515 мм.

Единовременно объемы воды в руслах рек мира почти полностью заменяются в среднем за 16 дней. Воды озер в среднем возобновляются в течение 17 лет, изменяясь от нескольких лет (для малых озер в засушливых областях) до нескольких сотен лет. В озерах ежегодно возобновляется в среднем от 1 % до 2 % воды от их объема. В водном балансе нашей страны приход влаги с осадками составляет 11 700, испарение - 7340, сток - 4360 км³.

Соотношение прихода и расхода влаги за определенный интервал времени называется **водным балансом**. Его принято выражать уравнением, которое составляют для определенного участка территории: бассейна, реки, страны, материка или земного шара в целом. Под **бассейном** понимается часть земной поверхности, включая и толщу почвогрунтов, откуда происходит сток воды в определенную реку, речную систему или озеро. Синонимом понятия «бассейн» является понятие «водосборная площадь».

Составляя уравнение водного баланса за ограниченный период (месяц, год), необходимо учитывать изменение запасов влаги в бассейне (снежном покрове, почве, поймах рек и пр.). Величина этих изменений в многоводные годы может быть положительной, а в маловодные - отрицательной. Следует учитывать

и подземный водообмен с соседними бассейнами. С учетом сказанного, уравнением водного баланса будет

$$O = C + E \pm \Delta W \pm \Delta U, \quad (1)$$

где O – осадки;

C – сток;

E – испарение (суммарное);

ΔW – изменение запасов влаги в бассейне;

ΔU – подземный водообмен с прилегающими участками.

Уравнение водного баланса позволяет установить степень обводненности территории, выявить избыток или недостаток влаги. Если приходная часть водного баланса превышает расходную, то наблюдается избыток влаги и требуется осушение территории, если расходная часть больше приходной, то требуется орошение.

Средние многолетние значения составляющих уравнения водного баланса (элементов водного баланса), которые при увеличении длительности периода наблюдений существенно не меняются, называются нормой гидрологических величин (норма осадков, норма стока, норма испарения).

2.2 Формы почвенной влаги и почвенно-гидрологические константы

Роль почвенной влаги в почвообразовании исключительно велика. Не менее важное значение имеет почвенная влага как фактор плодородия почв, а отсюда и как фактор сельскохозяйственного производства. Исходя из этого, вытекает весьма важная задача мелиорации – регулирование водного режима и водного баланса почв.

Проведение гидротехнических мелиорации (орошение, осушение, двустороннее регулирование водного режима) всегда должно увязываться с содержанием и доступностью влаги в почве, т.е. обуславливаться степенью ее связи с почвой, количественным и качественным соотношением различных ее форм. Поэтому четкое представление о формах воды в почве, границах отдельных ее категорий, в пределах которых вода обладает одинаковыми свойствами, важно не только в теоретическом плане, но и в практическом отношении.

В почве вода находится в различных состояниях и формах, а следовательно, обладает различной степенью доступности для растений.

Согласно взглядам А.А. Роде, наиболее полно обобщившим все предыдущие исследования по этому вопросу, различают следующие категории (формы) почвенной воды:

1) Химически связанная:

а) конституционная;

б) кристаллизационная;

2) Парообразная вода;

3) Физически связанная или сорбированная вода:

а) прочносвязанная вода;

б) рыхлосвязанная (пленочная) вода;

4) Свободная вода:

а) Капиллярная вода:

- капиллярно-подвешенная;

- капиллярно-подпертая;

- капиллярно-посаженная (подперто-подвешенная вода);

б) Гравитационная вода:

- просачивающая;

- грунтовая;

5) Твердая вода - лед.

Химически связанная вода находится в почве в составе гидратных минеральных, органоминеральных и органических веществ. Ее количество

невелико и лишь иногда может достигать от 5 % до 12 %, что указывает на значительное содержание в почве выветривающихся силикатов и алюмосиликатов. Эта вода подразделяется на конституционную и кристаллизационную, объединяемых иногда общим понятием гидратной или кристаллогидратной воды.

Конституционная вода является компонентом химического состава минералов, соединений, входя в них в виде гидроксильной группы OH^- (гидроксиды железа $(\text{Fe}(\text{OH})_3)$, лимонит алюминия - $\text{Al}(\text{OH})_3$, гиббсит марганца – $\text{MnO}(\text{OH})$, манганит; органоминеральные соединения; глинистые минералы). Выделяется эта вода в интервале высоких температур порядка от $165\text{ }^\circ\text{C}$ до $175\text{ }^\circ\text{C}$, а для некоторых фракций воды от $400\text{ }^\circ\text{C}$ до $800\text{ }^\circ\text{C}$ в зависимости от состава вещества и сопровождается его распадом.

Кристаллизационная вода входит в состав вещества целыми водными молекулами кристаллогидратов (медный купорос - $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, гипс - $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, глауберова соль (мирабилит) - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ и т.д.). Удаляется при нагревании от $100\text{ }^\circ\text{C}$ до $200\text{ }^\circ\text{C}$. У гипса, например, первая молекула воды удаляется при $107\text{ }^\circ\text{C}$, а вторая – при $140\text{ }^\circ\text{C}$ - $190\text{ }^\circ\text{C}$. Удаление кристаллизационной воды не приводит к распаду вещества, но изменяет физические свойства.

Химически связанная вода (конституционная, кристаллизационная), отличаясь исключительно высокой прочностью связей и полной неподвижностью, не участвует в почвенных процессах и растениям недоступна.

Парообразная вода – это водяной пар порового пространства почвы. Относительная влажность почвенного воздуха почти всегда близка к насыщению ее парами воды, и уже при влажности почвы свыше ее максимальной гигроскопичности практически равна 100 %. Всякое понижение температуры приводит к конденсации парообразной воды и переводу ее в жидкое состояние, повышение температуры приводит к обратному процессу. Передвижение парообразной воды в поровом пространстве почвы обуславливается упругостью пара (от участков с высокой упругостью водяного пара к участкам с более низкой

упругостью), а также вместе с током воздуха. Парообразная вода недоступна растениям, но ее наличие в почве важно в том плане, что она препятствует просушиванию корней растений.

Физически связанная вода. Эта категория воды в почве определяется силами поверхностной энергии почвенных частиц. Поскольку ее величина возрастает с увеличением общей суммарной поверхности частиц, то содержание физически связанной воды зависит от размера минеральных элементов, слагающих почву, и наиболее сильно выражена у илестых и коллоидных частиц.

При соприкосновении частиц почвы с водой, молекулы последней притягиваются этими частицами за счет сил сорбции и образуют вокруг них пленку из нескольких слоев молекул воды. Обладая дипольностью (частицы с двумя противоположно заряженными полюсами) молекулы воды притягиваются не только поверхностью почвенных частиц, но и взаимодействуют друг с другом противоположно заряженными полюсами, находясь в строго ориентированном положении. Естественно, что прочность связи молекул воды у поверхности почвенных частиц очень высока, достигая 17 - 37 тыс. атмосфер и значительно снижается по мере удаления от них. Исходя из этого, физически связанную воду подразделяют на прочносвязанную и рыхлосвязанную.

Прочносвязанная вода – это вода, которая поглощается почвой из парообразного состояния. Способность почвы сорбировать пары воды из воздуха называется гигроскопичностью, а образуемая при этом влага – *гигроскопической влагой* (ГВ). Прочносвязанная вода обладает особыми физическими свойствами, приближаясь к твердым телам. Плотность ее достигает от 1,5 г/см³ до 1,8 г/см³, она не замерзает, неподвижна и не доступна растениям.

Предельное количество воды, которое поглощается почвой из парообразного состояния при относительной влажности воздуха от 94 % до 98 %, называют *максимальной гигроскопической водой* (МГ). Это прочносвязанная вода. Осмотическое давление в самом поверхностном слое при насыщении почвы до МГ составляет около 50 атм. Растениям (кроме некоторых солянок, у которых

осмотическое давление клеточного сока в корнях может достигать 70 атм) эта вода недоступна.

Гигроскопическая и максимально гигроскопическая влага удаляются из почвы нагреванием до 105 °С.

Рыхлосвязанная (пленочная) вода. Почва, насыщенная влагой до максимальной гигроскопичности, больше не поглощает парообразную воду, но при соприкосновении с жидкой водой происходит притягивание ее молекул силой ориентированных молекул прочносвязанной воды (ГВ и МГ). Добавочная вода сверх МГ, которая удерживается в почве сорбционными силами жидкой фазы, является водой пленочной или рыхлосвязанной. Находясь в почве как бы в вязко-жидкой форме, пленочная вода может, хотя и очень медленно (со скоростью несколько десятков сантиметров в год), передвигаться от почвенных частиц с толстыми водяными пленками к частицам с тонкими пленками. В связи со слабой мобильностью и довольно высоким давлением, которым эта вода удерживается почвой, она очень трудно усваивается растениями и может соответствовать *влаге завядания* (ВЗ) растений. Верхний предел ВЗ измеряется величинами в пределах 1,2 - 2,5 МГ (в среднем 1,5 МГ) с напряжением влаги (т.е. силами удерживающими воду) в 15 - 20 атм, что практически соответствует сосущей силе корней (14 - 16 (25) атм). При этом следует различать завядание растений временное, легко устранимое и длительное (глубокое), приводящее к гибели растений (<1,2 - 1,5 МГ). Рыхлосвязанную (пленочную) влагу, удерживаемую молекулярными силами ориентированных молекул прочносвязанной воды, очень часто называют максимальной молекулярной влагоемкостью (по А. Ф. Лебедеву).

Свободная вода. Эта категория воды не связана силами притяжения с почвенными частицами и передвигается под действием капиллярных и гравитационных сил и, исходя из этого, выделяют форму капиллярной и форму гравитационной воды.

Капиллярная вода. Ее наличие и распределение в почве находится под влиянием капиллярных (менисковых) сил, которые проявляются в порах от 3 мкм (0,003 мм) до 8 мм.

В порах менее 3 мкм и крупнее 8 мм капиллярные силы не проявляются, поскольку более тонкие поры заняты связанной водой, а в порах крупнее 8 мм отсутствуют менисковые силы. Образование менисковых сил обусловлено тем, что вода, находящаяся в отмеченных поровых пространствах, испытывает одностороннее притяжение лишь со стороны нижерасположенных молекул воды, которые как бы втягивают поверхность воды внутрь, образуя вогнутый мениск, над которым создается разрежение (вакуум), что и способствует подъему столбика воды в капилляре.

По своему физическому состоянию эта вода жидкая, она обладает высокой подвижностью и играет основную роль в водообеспечении растений. Передвигаясь, она транспортирует с собой и питательные вещества почвы.

Различают несколько видов капиллярной воды:

а) капиллярно-подвешенную - отсутствие гидрологической связи с постоянным или временным водоносным горизонтом;

б) капиллярно-подпертую - образуется в почвах в силу близкого залегания грунтовых вод, подпирающих воду в капиллярах и более крупных порах почвы;

в) капиллярно-посаженную - образуется в почве при резкой смене слоев разного гранулометрического состава. На границе раздела этих слоев в силу различных размеров капилляров возникают дополнительные нижние мениски, которые удерживают вышерасположенную капиллярную воду (она как бы «посажена» на эти мениски). Это приводит к повышению влажности на контакте слоев.

Гравитационная вода находится в почве преимущественно в крупных порах и передвигается исключительно под влиянием силы тяжести. Эта жидкая форма воды, обладающая высокой растворяющей способностью и возможностью переносить в растворенном состоянии соли, коллоидные растворы и т.д. Эта вода легко доступна для растений (ее осмотическое давление менее 0,5 атм), в случае проточности грунтовой воды она может быть источником их нормального водного питания.

Твердая вода – лед является потенциальным источником жидкой и парообразной воды при его таянии. Превращение воды в лед при пониженных температурах играет большую роль в почвообразовательных процессах (структурообразование, наличие временных и постоянных водоупоров и т.д.). Различные категории воды в почве имеют неодинаковые точки замерзания. Так, свободная вода в незасоленной почве замерзает при отрицательных температурах, близких к 0 °С, капиллярная вода - до десятков градусов, а прочносвязанная (МГ) не замерзает и при -78 °С. Лед является особой разновидностью свободной воды.

Рассмотренные ранее категории (формы) почвенной воды довольно условны, тем не менее можно выделить интервалы влажности, в пределах которых какая-то часть влаги обладает одинаковыми свойствами и степенью ее доступности для растений. Границы значений влажности, характеризующие пределы появления различных категорий и форм почвенной влаги, называются *почвенно-гидрологическими константами*. А.А. Роде рассматривает их как точки на шкале влажности почвы, при которых количественные изменения в подвижности влаги переходят в ее качественные отличия. Выделяют пять основных почвенно-гидрологических констант, которые широко применяются в агрономической и мелиоративной практике:

- 1) максимальная гигроскопичность (МГ);
- 2) влажность завядания (ВЗ);
- 3) влажность разрыва капилляров (ВРК);
- 4) наименьшая влагоемкость (НВ);
- 5) полная влагоемкость (ПВ).

Максимальная гигроскопическая влажность (МГ). По ее величине определяют влажность завядания растений – нижний предел физиологически доступной для растений воды. Как уже отмечалось выше, для расчета влажности завядания используют коэффициенты в пределах от 1,2 до 2,5. Величина коэффициента зависит от вида растений и от условий их выращивания. Определение величины максимальной гигроскопической влажности проводят по методу А.В. Николаева, который основан на длительном (20 – 30 дней)

поглощении почвенными частицами молекул воды в условиях атмосферы насыщенной водными парами (близко к 100 %) в замкнутом пространстве эксикатора с насыщенным раствором K_2SO_4 .

Влажность завядания (ВЗ) – влажность, при которой растения начинают обнаруживать признаки завядания, не исчезающие при перемещении в атмосферу, насыщенную водными парами. Это нижний предел доступной для растений влаги. Величину влажности завядания используют в расчетах для вычисления активной (продуктивной) влаги. Кроме расчетного метода (умножение МГ на 1,5) в лабораторных условиях ее величину определяют методом проростков (вегетационный метод) или обезвоживанием почвы (по В.А. Францессону). Влажность завядания определяется свойствами почв и видом растительности. В песчаных почвах она колеблется в пределах от 1 % до 3 % , в супесчаных – от 4 % до 6 %, суглинистых – от 10 % до 12 %, глинистых – от 20 % до 30 %. В торфах влажность завядания достигает 60 % - 80 % .

Влажность разрыва капилляров (ВРК) – это нижний предел оптимальной для растений влажности, ниже которого нарушается сплошность движения воды по капиллярам и непрерывное ее поступление к корневым системам. При этом рост растений замедляется и их продуктивность снижается. По всем экспериментальным данным эта величина составляет в среднем 50 % – 60 % от наименьшей влагоемкости почв, но может повышаться и до 75 % – 85 % от НВ. Помимо свойств почв величина ВРК в значительной мере зависит от вида растений и от фазы их развития и в этом случае величина ВРК даже для одного вида, но в разные фазы роста, может значительно колебаться. Величину ВРК используют при расчете поливной нормы, где оптимальной считается влага, находящаяся в границах от ВРК (нижний предел оптимума) до НВ (верхняя граница оптимума влаги).

Наименьшая влагоемкость (НВ). Под НВ понимается наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое почва способна удержать после ее обильного увлажнения и свободного стекания избытка влаги. Синонимами НВ являются:

- 1) общая влагоемкость (по Н.А. Качинскому);
- 2) предельная полевая влагоемкость (по А.П. Розову);
- 3) полевая влагоемкость (по С.И. Долгову).

Ее величина широко используется в агрономической и мелиоративной практике при расчете поливных и промывных норм, продуктивной влаги и ее дефицита в почве и т.д.

Под дефицитом влаги понимают разность между запасами при НВ и количеством влаги в изучаемом слое почвы в момент исследования, то есть *естественной полевой влажностью - ЕПВ*.

Исследованиями установлено, что для получения наивысшей продуктивности сельскохозяйственных культур необходима влажность почвы в пределах от 70 % до 100 % от наименьшей влагоемкости (т.е. это ВРК), ее снижение приводит к уменьшению урожайности и снижению качества продукции. Основным способом, препятствующим этому, является орошение.

Таким образом, знание величины НВ, правильное ее применение является главным условием рационального регулирования водного режима почв, в том числе и при орошении.

Полная влагоемкость (ПВ) или полная водовместимость – это наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при заполнении всех пор водой. Это сумма прочносвязанной, рыхлосвязанной и свободной воды в почве. Такое состояние влаги характерно для болотных почв, для горизонтов залегания грунтовых вод, при избыточном поливе и т.д. ПВ, в зависимости от пористости, может колебаться от 30 % до 80 % веса (объема) почвы, в среднем составляет от 40 % до 50 %.

Контрольные вопросы

- 1 Водные ресурсы Земли и их формирование.
- 2 Формы почвенной влаги.
- 3 Почвенно-гидрологические константы.

3 Мелиорация избыточно увлажненных почв: осушительные мелиорации

3.1 Понятие осушительной мелиорации

Осушительные мелиорации начали проводить еще в глубокой древности: в течение ряда тысячелетий население Египта, Бирмы, Индии, Вьетнама, Китая сооружало в долинах крупных рек дамбы для защиты пойм от наводнений. Греческий историк Геродот более 2000 лет назад описал одну из первых дренажных систем в долине Нила. Дренаж как мелиоративное мероприятие получил широкое распространение в античный период в Греции. Позднее римский писатель Катон (I в. до н.э.) в трактате «О земледелии» описал открытые дренажные системы, применявшиеся в Древнем Риме для осушения почв на виноградниках и оливковых плантациях. Многие из этих систем действуют до настоящего времени. В X в. в Европе начались работы по устройству осушительных систем в бассейне Северного моря. Особенно интенсивными они были в XII - XIV вв. Осушались крупные болота, приморские низменности, дельты рек, приозерные понижения.

В Англии в 1252 г. при короле Генрихе III был принят первый закон об осушении сельскохозяйственных земель, который стал основой для развития мелиорации в последующие столетия. Первая система закрытого дренажа в Европе была построена, по-видимому, в этой стране при Генрихе V в конце XV в.

Интенсивное развитие работ по осушению в России первоначально было связано с деятельностью Петра I. Он предпринял осушение болот в связи с освоением побережья Финского залива, строительством Петербурга и других городов, крепостей, заводов. Действие открытых осушительных систем было описано М.В. Ломоносовым в работе «Лифляндская экономика» (1738). В конце XVIII в. А.Т. Болотов разработал вопросы осушения северных районов России. Однако в послепетровский период до второй половины XIX в. работы в области

осушения почв в России велись в весьма ограниченных масштабах. Отмена крепостного права и бурное развитие капитализма явились движущим фактором мелиорации почв.

Осушительные мелиорации один из основных путей 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.

Осушение (дренаж) играет важную роль в создании транспортных коммуникаций, зданий промышленного и гражданского назначения, спортивных сооружений, аэродромов и др.

Объектом осушительных мелиораций являются заболоченные и болотные почвы. При их мелиорации устраняется вымокание и заболевание растений, создаются благоприятные условия для механизации и обработки полей, повышает производительность труда. Очень часто мелиорация оказывается не только основным звеном сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, но необходимым условием оптимизации жизни человека в условиях гумидных ландшафтов.

3.2 Конструкция осушительной системы

Метод осушения, то есть принципиальную направленность мелиоративных мероприятий определяют причины заболачивания почв. Так, при заболачивании почв грунтовыми водами метод осушения будет заключаться в понижении уровня грунтовых вод; при заболачивании намывными склоновыми водами принципиальная направленность заключается в перехвате этих вод и в ускорении их сброса за пределы осушаемой территории. При заболачивании почв намывными русловыми водами метод осушения заключается в защите территорий от затопления намывными русловыми водами и т.д. Если заболачивание почв связано

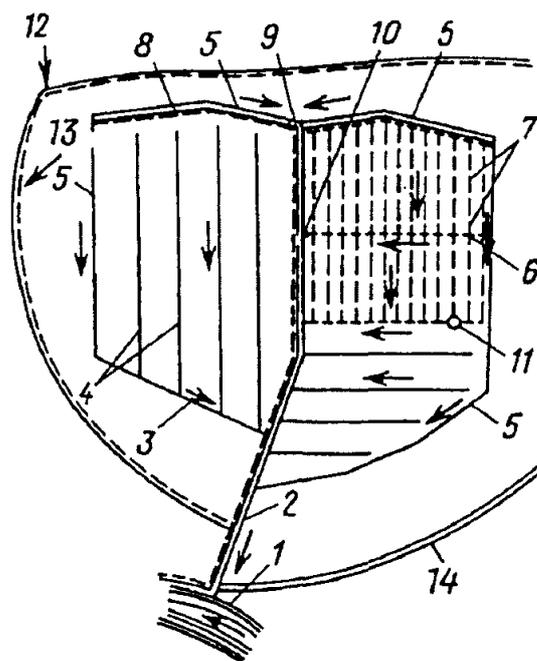
с одновременным действием разных факторов, то и методы осушения в этом случае могут приобретать более сложный характер.

Осушительная система является комплексом сооружений, необходимых для удаления избыточной гравитационной влаги из горизонтов почвенного профиля. Правильно построенная осушительная система должна обеспечить: оптимальный водно-воздушный режим в зоне расположения корневых систем растений и возможность (свободного) доступного его регулирования; возможность проведения ранних сроков посевных работ; доступность использования разнообразной сельскохозяйственной техники и возможность перевозки урожая с осушенной территории. Обычно осушительная система состоит из следующих составных частей (элементов) – рисунок 3.1:

- 1) осушаемой территории;
- 2) ограждающей сети;
- 3) регулирующей сети осушителей или дренажа;
- 4) проводящей коллекторной сети;
- 5) магистрального канала;
- 6) водоприемника;
- 7) сооружений на осушительной сети.

Применение всех или отдельных элементов *ограждающей сети* обусловлено причинами заболачивания почв осушаемого объекта. К элементам ограждающей сети относятся дамбы, защитные валы, нагорные и ловчие каналы.

Проводящая коллекторная сеть собирает воду из регулирующей сети осушителей и транспортирует ее в магистральный канал. Эта сеть играет в основном водопроводную роль. Она представлена открытыми каналами или материальными закрытыми трубопроводами из пластмассовых, керамических и иных материалов. Осушители впадают в коллекторы второго порядка. Из этих коллекторов вода перетекает в коллекторы (собиратели) первого порядка и наконец поступает в магистральный канал осушительной системы.



1 – река-водоприемник, 2 – магистральный канал, 3 – открытый коллектор, 4 – открытые осушители, 5 – ловчий канал, 6 – закрытый коллектор, 7 – дрены, 8 – путевая дорога, 9 – труба-переезд, 10 – устьевое сооружение, 11 – смотровой колодец, 12 – нагорный канал, 13 – ловчий канал, 14 – оградительная дамба.

Рисунок 3.1 - Элементы осушительной системы

Сеть осушителей или дренаж (английское drain - дренировать, осушать) - это система подземных дрен (труб, щелей, ходов в грунте), а также открытых каналов для отвода воды из почвы. Закрытый дренаж способствует повышению использования земли, ликвидации очагов размножения сорняков, улучшению условий механизации работ. Этот вид осушения более долговечный, вызывает меньше затрат на построение переходов и на ремонт открытой системы, способствует повышению плодородия почвы, культуры земледелия, росту производительности труда и снижению себестоимости продукции (рисунок 3.2).

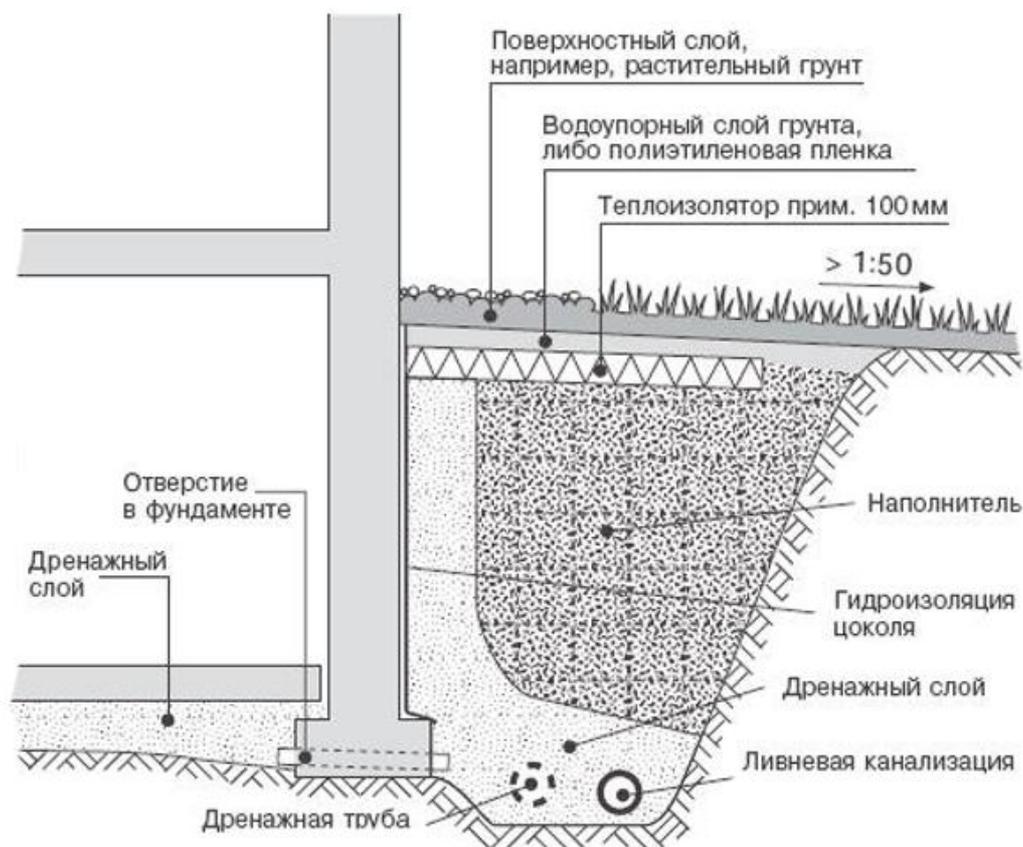
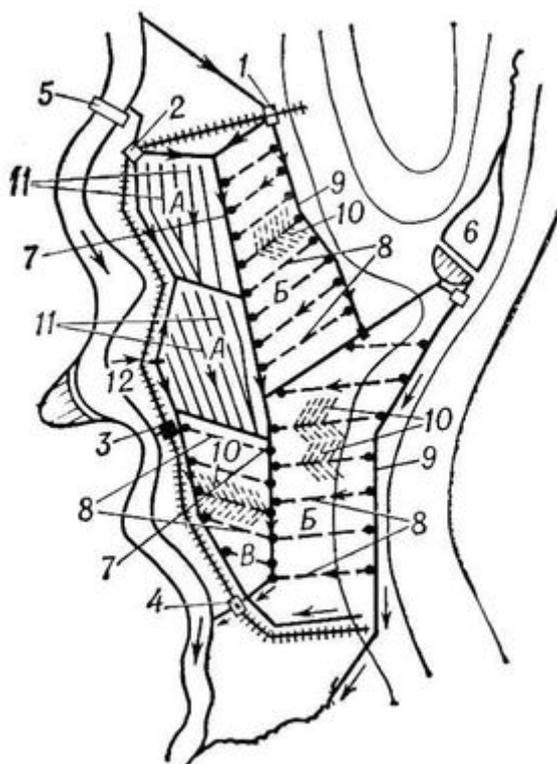


Рисунок 3.2 – Закрытый дренаж

Водоприемником называют водоем или водоток, в который поступают воды дренажного и поверхностного стоков из магистрального канала или из магистрального коллектора. Водоприемником могут служить река, озеро, естественный тальвег или иные водотоки. В водоприемнике должен быть сохранен или обеспечен режим, исключающий застой водных масс и ухудшение качества воды в результате сброса дренажных вод.

В зависимости от конкретных условий для мелиорации заболоченных почв могут использоваться различные виды осушительных систем, обычно обладающие всеми или частью перечисленных выше составных частей. В районах с периодическим затоплением, сменяющимся иссушением территории используются системы с двусторонним регулированием водного режима или осушительно-увлажнительные системы (рисунок 3.3.)



А - луга, Б - кормовой севооборот, В - овощной севооборот; 1, 2 - отверстия в дамбе обвалования для регулирования затопления поймы паводковыми водами, 3 - оросительная насосная станция, 4 - осушительная насосная станция, 5 - шлюз на реке, 6 - водохранилище на притоке, 7 - магистральный осушительный канал, 8 - коллекторы, 9 - нагорные каналы (они же водоподводящие каналы для увлажнения), 10 - дрены, 11 - открытые собиратели, 12 - дамба обвалования. Луга осушены системой открытых собирателей, площади под севооборотами - дренажем. Во время весеннего половодья пойма затопляется через отверстия 1, 2 на заданный срок; избыток воды сбрасывается самотёком или откачивается насосной станцией. Увлажнение лугов проводится при весеннем затоплении, земель овощного севооборота - дождеванием, кормовых - подпочвенным увлажнением по дренам. Вода для орошения может забираться из реки выше шлюза 5, из водохранилища на притоке и насосной станцией 3. Стрелки показывают направление движения воды.

Рисунок 3.3. - Схема осушительно-увлажнительной системы в пойме реки

Дренаж почв на орошаемых массивах необходим для удаления избытка влаги и солей, поддержания грунтовых вод на уровне, исключающем вторичное засоление. Дренажная сеть на орошаемом массиве обеспечивает возможность стабильной и эффективной эксплуатации мелиорированных земель. В настоящее время накоплены данные, подтверждающие высокую эффективность этого мероприятия. Коллекторно-дренажная сеть на орошаемом массиве - это специальный комплекс гидротехнических сооружений, состоящий из дрен, коллекторов, насосных станций, обеспечивающих сбор и отвод с орошаемых массивов грунтовых вод.

Осушительные системы существенно различаются по своим принципиальным конструктивным особенностям. Эти отличия определяются гидрологическими условиями и характером водоприемника, генезисом и составом почв, почвообразующих пород, причинами заболачивания и другими факторами.

1 По принципиальным конструктивным особенностям и характеру поступления воды в водоприемник осушительные системы делят на системы самотечные и польдерные.

Самотечные осушительные системы позволяют отводить с дренируемой территории избыточную влагу только под влиянием гравитационных сил, самотеком. Движение воды осуществляется за счет уклона дренажных и коллекторных линий в магистральный канал и затем в водоприемник.

Польдерные осушительные системы, приуроченные к морским побережьям, крупным дельтам или к поймам, обычно строят в таких условиях, когда уровень воды в водоприемнике находится выше или на гипсометрической отметке осушаемого массива. Поэтому вода осушительной системы не может самотеком быть сброшена в водоприемник. С этой целью вся осушаемая территория обваловывается, на дамбе строят насосную станцию, которая перекачивает воду в задамбовую зону в водоприемник из подводящего магистрального канала. Польдерные системы могут быть незатапливаемыми (зимние польдеры) или затапливаемыми (летние польдеры). Различают польдеры морские и речные, в зависимости от их приуроченности к поймам и дельтам или к морскому

побережью. Пolderные системы, обеспечивающие двустороннюю перекачку воды (из подводящего магистрального канала в водоприемник и из водоприемника в сухой период в проводящую сеть осушительной системы на территорию пolderа) позволяют эффективно осуществлять двустороннее регулирование водного режима. Пolderные системы в определенных условиях являются более экологичными, чем самотечные. Они исключают необходимость регулирования водоприемника (реки), его выпрямления и углубления русла и, как следствие, общего понижения базиса эрозии и уровней грунтовых вод всего мелиорируемого ландшафта.

2 По отношению регулирующей сети осушителей к уклону поверхности осушительные системы делят на продольные и поперечные. При продольном расположении регулирующая сеть осушителей укладывается нормально к горизонталям; при поперечном — вдоль горизонталей или под небольшим углом к ним поперек склона.

3 По расположению регулирующей сети осушителей в плане в зависимости от структуры почвенного покрова применяют систематический или выборочный дренаж. Систематический дренаж необходим на массивах, образованных только заболоченными и болотными почвами. В этом случае весь осушаемый массив покрывают систематической сетью дрен (каналов).

Выборочный дренаж применяют при сложной структуре почвенного покрова, в состав которого входят как автоморфные и гидроморфные незаболоченные почвы, так и заболоченные (например, сочетание дерново-подзолистых неоглеенных и глубокооглеенных почв, не нуждающихся в осушении при любом использовании, и сильнозаболоченных дерново-подзолистых глеевых и торфянисто-глеевых почв, осушение которых необходимо при любом сельскохозяйственном использовании). В этом случае регулирующая сеть осушителей приурочена только к контурам собственно заболоченных почв, тогда как на территории, образованной незаболоченными почвами, проходит лишь проводящая сеть.

4 По сочетанию (или отсутствию сочетания) комплекса гидротехнических и агро-мелиоративных мероприятий по организации поверхностного и внутрипочвенного стока осушительные системы делят на комбинированные и не-комбинированные.

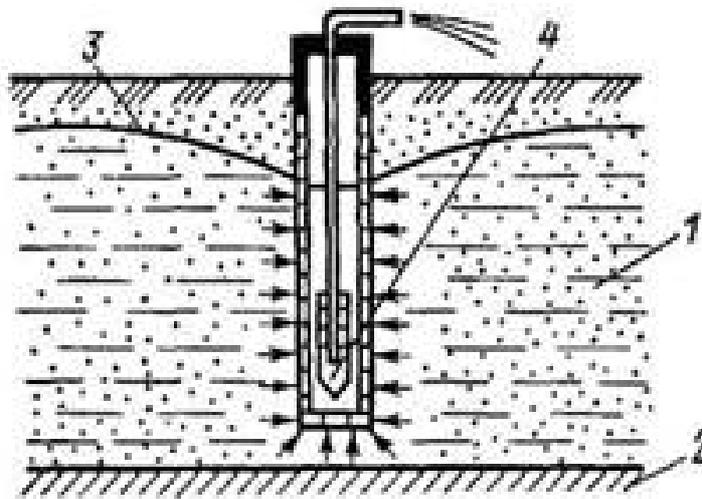
Комбинированные осушительные системы применяют на почвах с низкими значениями коэффициента фильтрации подпахотного горизонта ($K_f < 0,1 - 0,3$ м/сут). В этом случае наряду с закрытым дренажем или открытой сетью каналов предусматривают выполнение мероприятий по организации поверхностного и внутрипочвенного стоков.

3.3 Виды дренажа

По характеру расположения дренаж может быть вертикальным и горизонтальным.

Система вертикального дренажа обеспечивает понижение уровня грунтовых вод путем их механической откачки из скважин (рисунок 3.4). Она представляет собой сложное сооружение, состоящее из водозабора (система глубоких скважин, оборудованных фильтрами) с гидротехническим оборудованием и наземного комплекса. В состав последнего входят энергетическое хозяйство (высоковольтная линия электропередач, трансформаторная подстанция, низковольтная линия, пусковая аппаратура, электрооборудование), средства автоматики, телемеханики и связи, водоприемные сооружения и водоотводящая сеть, эксплуатационные дороги. Вертикальный дренаж орошаемых земель — сравнительно новый способ понижения уровня грунтовых вод. Он был впервые применен в США в 20-х годах для дренажа и орошения сельскохозяйственных земель штата Аризона. В этот период была построена система вертикального дренажа из 159 скважин, которая обслуживала площадь 21 000 га. В нашей стране первая скважина вертикального

дренажа на орошаемых землях была построена в 1928 г. в Голодной степи Н.В. Макридиным и М.М. Решеткиным.



1 - водоносный горизонт; 2 - водоупор; 3 - депрессионная кривая; 4 - обсадные трубы, насос, фильтр.

Рисунок 3.4 - Схема действия вертикального дренажа

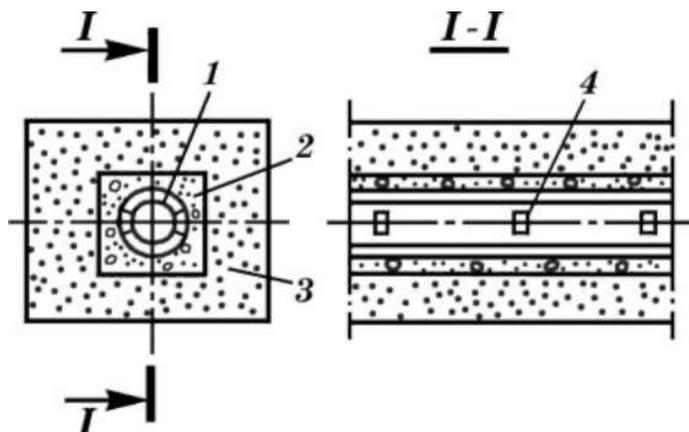
Вертикальный дренаж позволяет активно регулировать уровень грунтовых вод на объекте, он занимает небольшую площадь, не препятствует механизации сельскохозяйственных работ, позволяет использовать неминерализованные грунтовые воды для орошения. В среднем одна скважина вертикального дренажа может обслуживать площадь от 50 до 100 га, а ее дебит колеблется в интервале от 30 до 200 л/с. К недостаткам вертикального дренажа следует отнести высокие эксплуатационные затраты, потребность в электроэнергии и качественных фильтрах.

Вертикальный дренаж применяют для решения трех основных задач:

- 1) для водоподъема на орошение пресных напорных подземных вод с одновременным рассолением почв;
- 2) для предотвращения подъема минерализованных грунтовых вод на землях нового орошения;
- 3) при замене минерализованных грунтовых вод пресными.

Наиболее благоприятные результаты при применении вертикального дренажа получены в хорошо водопроницаемых почвогрунтовых толщах с высоким дебитом скважин.

Система горизонтального дренажа представляет собой совокупность горизонтальных дрен и коллекторов с гидротехническими сооружениями, предназначенными для дренирования орошаемой территории (рисунок 3.5).



- 1 - дренажная труба; 2 - гравийная обсыпка; 3 - слой песка (второй слой);
4 - отверстия в дренажной трубе.

Рисунок 3.5 - Схема горизонтального дренажа

Дрены принимают и отводят грунтовые воды непосредственно с мелиорируемой территории, а коллекторы транспортируют их в водоприемник. Если самотечный отвод дренажных вод с орошаемой территории невозможен, предусматривают водоподъем с помощью дренажной насосной станции. Коллекторную сеть дренажной системы располагают по наиболее пониженным элементам рельефа с учетом границ хозяйств, севооборотов и других факторов. Расчетный расход открытых главных коллекторов должен предусматривать пропуск паводковых расходов 10 %-й обеспеченности с учетом дренажных сбросных расходов. Закрытые горизонтальные дрены могут быть керамическими, железобетонными, керамзитобетонными, полиэтиленовыми, асбестоцементными. Для защиты труб от заиления при строительстве применяют траншейные фильтры

из песка, гравия и других материалов.

Осушители на мелиоративных осушительных системах имеют различную конструкцию, форму, изготавливаются из разных материалов. Их виды, используемые в настоящее время в производстве, показаны на рисунке 3.6. Из схемы видно, что горизонтальные осушители делятся на открытые и закрытые.

Открытый дренаж. Осушительные каналы на мелиоративных системах устраивают всегда в выемке. Параметры осушительных каналов связаны с хозяйственным использованием осушенных земель. На лугах и пастбищах глубину каналов принимают равной от 0,8 до 1,0 м, на полевых угодьях – от 1,0 до 1,2 м, в садах – от 1,2 до 1,4 м. Длина каналов составляет от 600 до 1200 м, уклон дна – от 0,0005 до 0,005 м. Ложбины - распластанные каналы глубиной от 0,3 до 0,6 м с коэффициентом откосов 5,6. Ложбины служат для отвода поверхностных вод. Они применяются в условиях поверхностного заболачивания на тяжелых, плоховодопроницаемых почвах. В условиях грунтового заболачивания использование ложбин для создания регулирующей сети осушителей неэффективно.

Закрытый дренаж подразделяется на траншейный и бестраншейный. К траншейному дренажу относятся гончарный, пластмассовый, деревянный, каменный, гравийный, фашинный и другие, а к бестраншейному - кротовый и щелевой.

Траншейный дренаж чаще всего применяется для осушения избыточно увлажненных минеральных почв. Наиболее известными и более распространенными являются гончарный, а также пластмассовый дренажи. В лесной местности и на торфяниках применяется деревянный дренаж из досок, жердин, фашин - связанных проволокой пучков хвороста (мелких ветвей или тальника) диаметром от 20 см до 30 см. При сооружении траншейного дренажа прокладывают траншею, в которую укладывают гончарные или другие дрены на соответствующую глубину. С учетом наибольшей массы расположения корневых систем растений в почве глубина расположения дрен зависит также от глубины промерзания почвы и грунта.

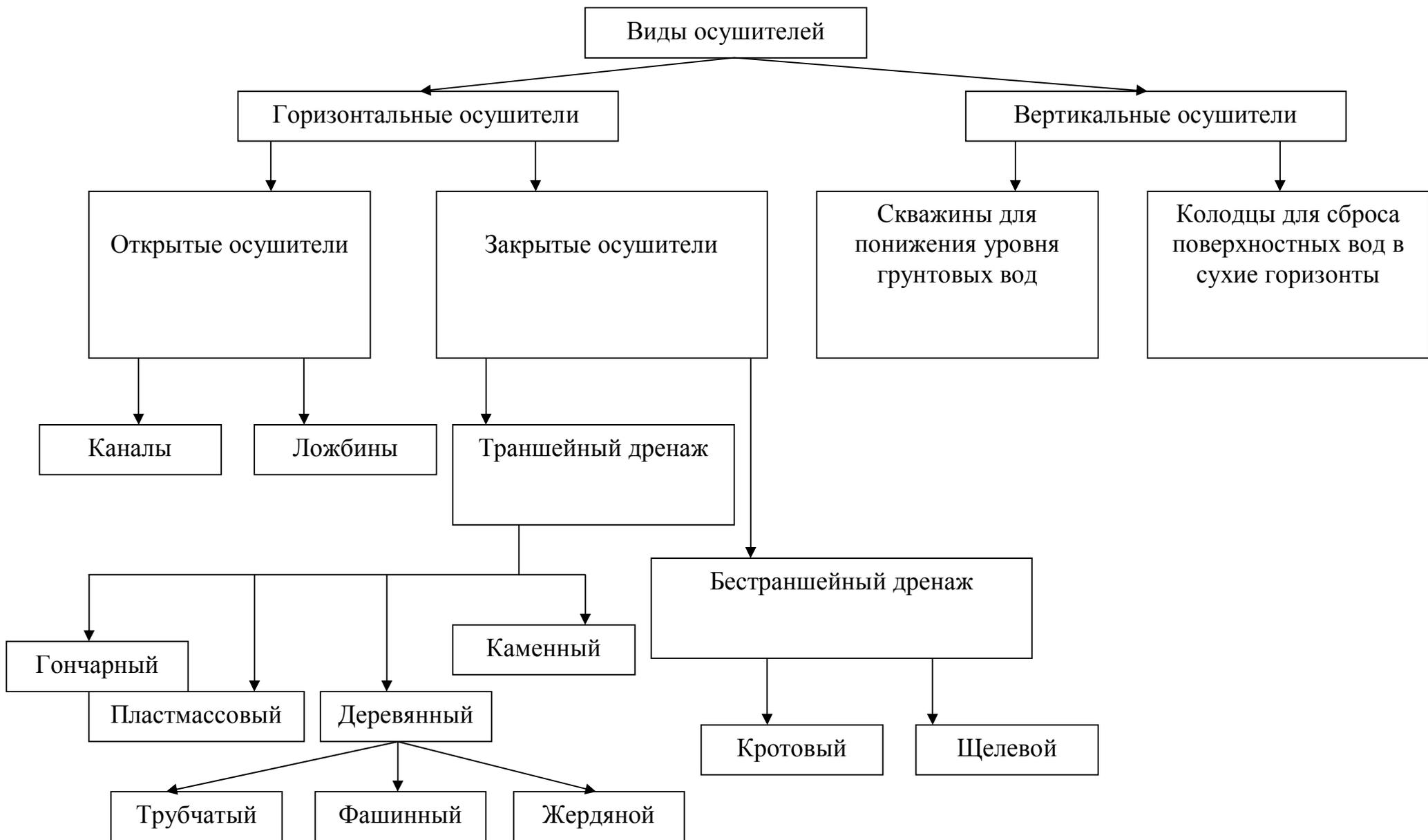


Рисунок 3.6 – Виды осушителей (Ф.Р. Зайдельман, 2003)

Бестраншейный дренаж также применяется преимущественно для осушения глубоких торфяниц и тяжелых по механическому составу минеральных почв.

Кротовый дренаж - это система кротовин, трубоподобных отверстий диаметром от 6 до 10 см, проделываемых специальным орудием на глубине от 40 до 70 см. Рабочими органами этого орудия, называемого плугом, служат ножи и дренир - стальной заостренный спереди цилиндр с увеличенным диаметром на его конце. На корпусе плуга укрепляется нож, который образует щель, а дренир, прикрепленный тросом к нижней части ножа на необходимой глубине, при движении орудия образует дренаж (кротовину) с уплотненными стенками. Образование дрен начинается с открытого канала, в который впоследствии будет стекать из них вода (рисунок 3.7).

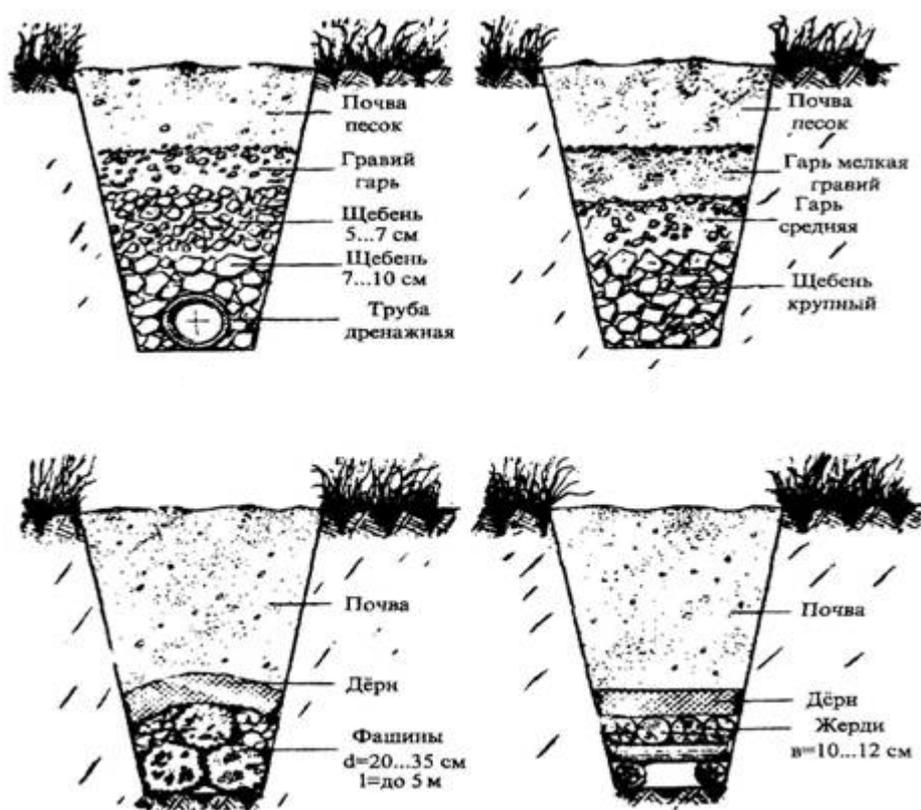


Рисунок 3.7 – Конструкция различных типов дрен

Биологический дренаж — способ осушения, основанный на применении для осушения почв растений, обладающих высокой транспирационной способностью. Впервые такой способ был применен в Колхиде в начале 30-х годов. В качестве растения-осушителя был использован эвкалипт. Этот способ, однако, не получил широкого распространения в мелиоративной практике.

3.4 Причины заболачивания почв

Заболоченные и болотные почвы возникают в результате действия разных причин заболачивания. Исходя из задач мелиорации и сельскохозяйственного производства, под **причиной заболачивания** понимают такой гидрологический фактор (факторы), который вызывает длительный анаэробизм, обусловленный застоем влаги в горизонтах почвенного профиля. Он приводит к угнетению или гибели сельскохозяйственных культур, возникновению характерных признаков почвенного гидроморфизма, ухудшению условий проведения сельскохозяйственных и других работ. Устранение этих причин с помощью гидротехнических и агромелиоративных мероприятий создает благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур и выполнения полевых работ. Заболоченные и болотные почвы, входящие в обширную группу гидроморфных почв, формируются под влиянием главным образом пяти гидрологических факторов: *атмосферных, намывных склоновых, намывных русловых, грунтовых и грунтово-напорных вод* (рисунок 3.8).

Кроме того, заболоченные и болотные почвы могут возникать в результате *зарастания водоемов* или под влиянием *биогенного заболачивания*. Таким образом, заболоченные и болотные почвы образуются под действием семи факторов (или семи причин) заболачивания (пяти гидрологических факторов заболачивания суши, зарастания водоемов и биогенного заболачивания).

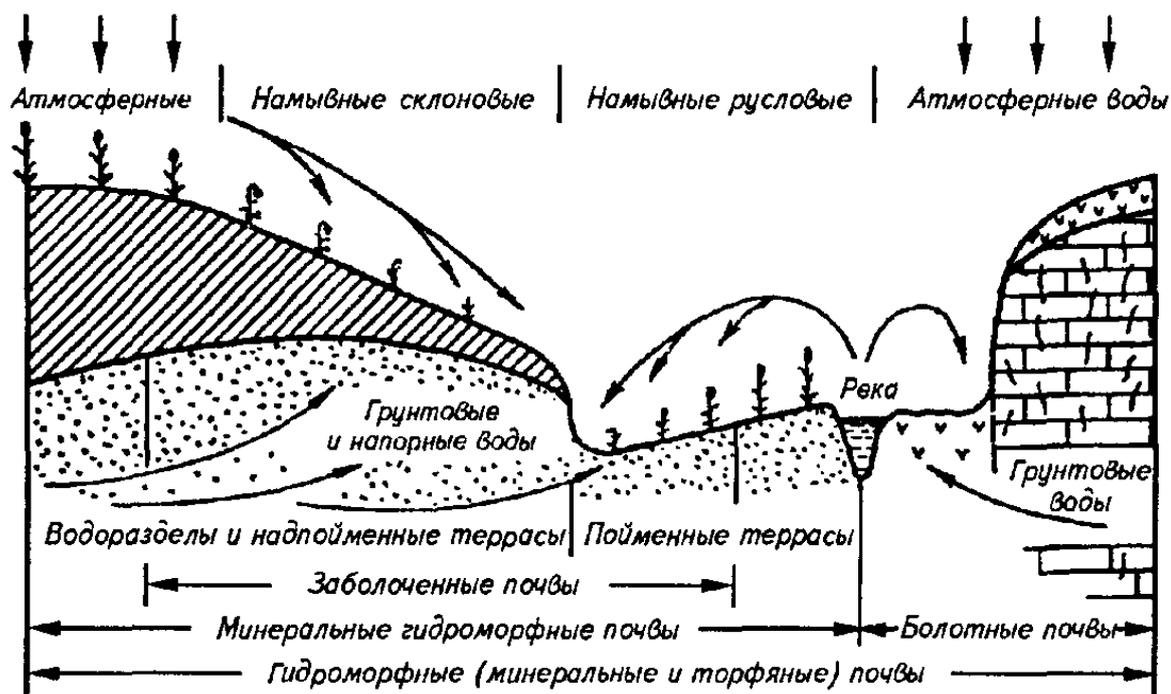


Рисунок 3.8 - Гидрологические причины заболачивания почв суши

В мелиоративном отношении диагностика причин заболачивания почв представляет существенный интерес, поскольку они определяют метод осушения, ту принципиальную направленность мелиоративных мероприятий (например, понижение уровня грунтовых вод при заболачивании почв грунтовыми водами, ускорение поверхностного и внутрипочвенного стока при заболачивании намывными склоновыми водами и т.д.).

Наблюдается определенная зональность причин заболачивания. Так, на севере, в холодном поясе, возникновение гидроморфных почв связано исключительно с влиянием осадков, вызывающих формирование надмерзлотной верховодки. В умеренно теплом поясе в пределах огромных задровых равнин доминируют гидроморфные почвы, возникшие под влиянием грунтовых вод. На моренных, озерно-ледниковых, пермских, покровных суглинках и глинах водоразделов распространены преимущественно почвы, заболоченные намывными склоновыми водами. В лесостепной зоне заболачивание почв вызвано главным образом выклиниванием грунтовых и напорных вод в поймах рек. Причины

заболачивания почв тесно связаны с геологическим и геоморфологическим строением территории, растительным покровом.

3.4.1 Признаки заболачивания почв грунтовыми и напорными водами

Проходя через толщу рыхлых или сильнотрещиноватых отложений, грунтовые и напорные воды в местах выклинивания разгружаются от ранее выщелоченных и растворенных соединений. Поэтому аккумуляция в почвах различных солей часто является надежным диагностическим признаком заболачивания почв грунтовыми, грунтово - напорными или напорными водами. В районах гумидного климата в зонах грунтового заболачивания откладываются обильные скопления окиси железа, карбонатов кальция и магния, реже гипса. Железистые соединения часто возникают в почвах в тех случаях, когда водосборная площадь бассейна образована песчаными почвогрунтами и особенно когда подземные воды мигрируют по породам, содержащим сульфиды, карбонаты и гидроокиси железа. Фильтруясь через такие почвогрунты, осадки в условиях господствующего на этой территории глееобразования растворяют пленки окиси железа и в виде закисных железоорганических и минеральных солей приносят эти соединения в грунтовый поток. В зонах аэрации эти формы двухвалентного железа подвергаются интенсивному окислению и выпадают в осадок в виде гидроокиси железа. При последующей дегидратации в местах скопления гидроокиси формируются прослойки болотной руды, нередко достигающие большой мощности (нескольких дециметров). Аккумуляция карбонатов в виде болотного мергеля, туфа, конкреций и других образований происходит в тех случаях, когда грунтовые или напорные воды проходят сквозь толщу трещиноватых известняков или рыхлых четвертичных отложений, обогащенных обломками известняковых пород. В этом случае подземные воды транспортируют кальциевые и магниевые соли в виде бикарбонатов, которые удерживаются в

растворе лишь при высокой концентрации свободной углекислоты. В зоне разгрузки этих вод происходит резкое уменьшение парциального давления углекислоты; бикарбонаты переходят в карбонаты и выпадают в осадок.

Поэтому в почвах, заболоченных грунтовыми и напорными водами, возникают своеобразные новообразования, имеющие важное диагностическое значение при мелиоративных изысканиях и исследованиях.

Почвы, заболоченные грунтовыми водами, развиваются под покровом специфической растительности. Так, в зоне южной тайги в притеррасных депрессиях широко распространены сообщества черной ольхи, ивы и березы. На ольховых коблах произрастают таволга вязолистная, черная смородина, крапива жгучая. Деревья часто обвиты хмелем. Между коблами осоки дернистая, острая и другие образуют редкие кочки значительной высоты, а в сильно обводненных участках - сабельник болотный, вахта трехлистная, калужница болотная, белокрыльник болотный, манник наплывающий, осоки пузырчатая, ложносытевая. Этот растительный покров обычно приурочен к минеральным почвам ольховых топей, а также к хорошо разложившимся высокозольным торфяным почвам, обогащенным элементами зольного и азотного питания.

При заболачивании менее минерализованными грунтовыми водами часто поселяются березово-травяные сообщества и сообщества крупных кочкарных осок. На осоковых кочках растут вероника длиннолистная, вербейник обыкновенный, валериана лекарственная. В этом сообществе наряду с высокорослым разнотравьем поселяются тростник обыкновенный и различные виды вейника. Тростниковые сообщества, образованные тростником, рогозом широколистным и узколистным, камышом озерным, обычно приурочены к участкам с проточной водой.

В местах выклинивания жестких грунтовых вод поселяются гипново-моховые сообщества; в условиях заболачивания мягкими водами на болотных почвах — осоково-гипновые и гипново-осоковые, на минеральных - влажные сообщества белоуса, сообщества мелких осок и др.

Однако растительность не является исключительным индикатором причин заболачивания, так как нередко в условиях различного заболачивания встречаются близкие ассоциации и в однородных условиях - различные сообщества.

3.4.2 Признаки заболачивания почв атмосферными и намывными склоновыми водами

Атмосферные и намывные склоновые воды поступают непосредственно на рассматриваемую территорию или проходят относительно короткий путь по поверхности водосбора. Их химический состав и количество влекомого мелкозема определяются величиной, составом пород и характером водосбора.

Водный режим почв, заболоченных атмосферными и намывными склоновыми водами, отличается выраженной сезонной цикличностью. Их обильная обводненность во время выпадения осадков и весеннего снеготаяния сменяется резким падением уровня верховодки или ее полным исчезновением в засушливый период. Почвы, заболоченные атмосферными и намывными склоновыми водами, обычно приурочены к массивам, образованным породами суглинистого и глинистого механического состава. Вместе с тем почвы с таким заболачиванием могут быть приурочены и к породам с двучленным строением (верхний легкий нанос песчаного или супесчаного гранулометрического состава подстилается кислыми, карбонатными моренными или покровными суглинками и глинами).

На севере в холодном поясе надмерзлотная верховодка может формироваться в почвах, приуроченных к любым породам. Генезис этих почвообразующих пород различен.

В Приуралье почвы, заболоченные поверхностными, преимущественно намывными склоновыми водами, формируются на суглинистом и глинистом красноцветном элювии карбонатных пермских пород.

Широкое распространение в срединной части зоны получили почвы, приуроченные к флювиогляциальным пескам, подстилаемым на небольшой глубине моренными суглинками.

Формирование и развитие почв под влиянием поверхностного заболачивания протекают под покровом малотребовательных к условиям зольного питания растительных ассоциаций - злаково-разнотравно-мелкотравных, влажных мелкоосоковых, осоково-вейниковых и др.

В сухие годы минеральные почвы, заболоченные поверхностными водами, нередко распахиваются. В этом случае исчезает естественная растительность, и о заболачивании почв можно судить лишь по поселяющейся здесь влаголюбивой сорной растительности. Относительно устойчивыми индикаторами, указывающими на заболоченность пашен, являются горец шероховатый, мокрица, мятлик болотный, тростник обыкновенный. Низинные болота, возникающие под влиянием атмосферных и намывных склоновых вод, встречаются на внепойменных пространствах и покрыты осоковой, осоково-вейниковой, вейниковой и осоковой растительностью.

Переходные болота, приуроченные преимущественно к водораздельным территориям, формируются под покровом осоково - сфагновой, сфагново-осоковой растительности.

Растениями-торфообразователями верховых болот обычно являются сфагновые мхи. В небольшом количестве встречаются мелкие осоки, морошка. Древесная растительность представлена болотными формами сосны, березы, лиственницы.

3.4.3 Признаки заболачивания почв намывными русловыми водами

Внешне заболачивание почв намывными русловыми (полыми) водами имеет некоторые общие признаки с заболачиванием почв атмосферными и склоновыми водами. Такие почвы характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, а верховодка и в этом случае подвержена резким колебаниям. Однако в отличие от атмосферных и склоновых намывные русловые воды проходят значительный путь по водосборному бассейну и руслу реки, обогащаясь массой смытого с поверхности почв мелкоземистого материала и растворенных соединений. Поэтому среди пойменных почв, заболоченных намывными русловыми водами, нейтральные или слабокислые почвы встречаются значительно чаще, чем на водоразделах. В поймах северных рек широко распространены в различной мере заболоченные светлобурые, а в средней и южной частях тайги и лесостепной зоне - бурые, темнобурые и серые в разной степени заболоченные зернистые почвы. Как правило, после осушения именно эти почвы являются наилучшими для пастбищ, лугов и возделывания овощных культур. Кроме этих почв, обычно доминирующих в поймах, здесь встречаются иловато-глеевые (реже слитые). Перечисленные почвы настолько специфичны для пойм, что их правильно установленный генезис служит лучшим показателем заболачивания намывными русловыми водами. Кроме этого признака на заболачивание почв русловыми водами указывает литология профиля, их растительный покров, геоморфологическая приуроченность. Такое заболачивание характерно только для пойменной террасы речной долины и наиболее часто встречается в центральной ее части. Влияние намывных русловых вод на почвообразование настолько значительно, что среди почв, заболоченных водами этого типа, почти не встречаются оподзоленные разновидности. Профиль дерновых зернистых почв, заболоченных поверхностными водами, образуют обычно хорошо оформленные агрегаты, сохраняющие свою форму даже при интенсивном оглеении. Эти почвы в отличие от почв водораздельных пространств, заболоченных склоновыми и

атмосферными водами, обладают относительно высокой водопроницаемостью неоглеенных и глееватых горизонтов, значительной водопропрочностью агрегатов. Относительно высокая водопроницаемость этих почв объясняет то обстоятельство, что в почвах центральной поймы начальные стадии заболачивания проявляются прежде всего в оглеении не верхних, а глубоких слоев почвенного профиля. В субаквальных условиях на наиболее пониженных участках поймы формируются иловато-глеевые слитые почвы. Им свойственна уплотненность всех горизонтов, дезагрегированность и очень низкая водопроницаемость.

Болотные почвы, формирующиеся под влиянием русловых вод, занимают относительно небольшие площади и представлены преимущественно низинными, часто древесными и осоково-древесными высокозольными торфяниками.

Почвы, заболоченные намывными русловыми водами, развиваются под покровом травянистой растительности, образующей на плоских участках поймы злаково-осоковые и злаково-разнотравные ассоциации с преобладанием полевицы белой, овсяницы красной, лисохвоста лугового и коленчатого, гравилата речного, таволги вязолистной, осок обыкновенной, заячьей и др.

Луга низкого уровня, заболоченные намывными русловыми водами, образованы крупнозлаковыми и крупнозлаково-осоковыми сообществами, травостой которых формируют канареечник тростниковидный, бекмания гусеницевидная, мятлик болотный, манник водяной, осоки острая и лисья, вейник ланцетный и др. Реже на почвах, длительно заболоченных русловыми водами, поселяются крупноосоковые ассоциации.

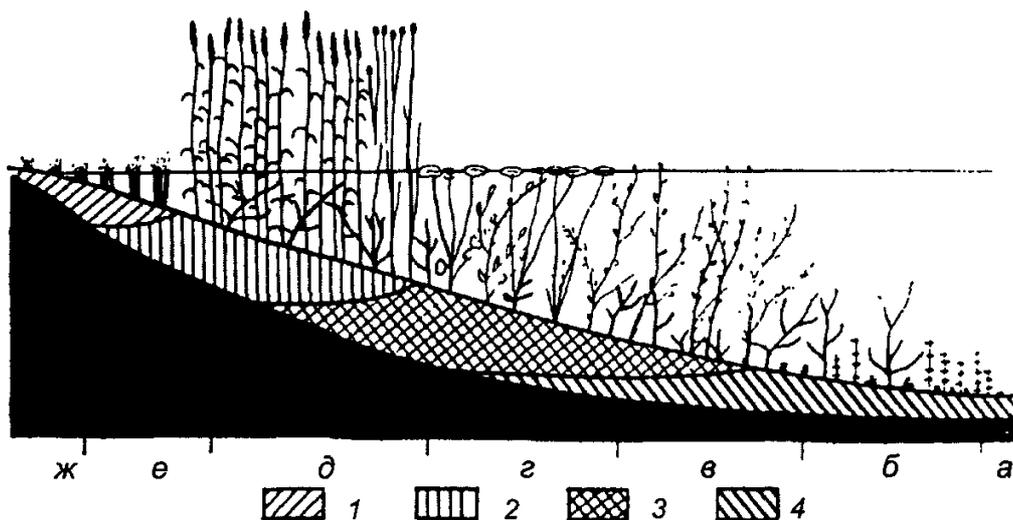
3.4.4 Признаки болотных почв, возникающих вследствие зарастания водоемов

Характерным топографическим признаком болотных массивов, возникающих в результате зарастания водоемов, является их овальная форма,

повторяющая форму открытого водоема. Наиболее часто болота подобного генезиса расположены на водораздельных пространствах и гораздо реже встречаются в поймах, несмотря на значительное распространение в них озер старичного происхождения. Ниже приведены основные диагностические признаки, которые позволяют в поле установить возникновение торфяных почв в результате зарастания водоемов. Заболачивание водоемов происходит в результате их зарастания или нарастания (образования сплавин). Первый случай свойствен водоемам с пологими берегами. Растения-торфообразователи формируют концентрические пояса (рисунок 3.9).

Наиболее глубокие участки занимают зеленые, сине-зеленые и диатомовые водоросли (а), далее следует пояс растений, полностью погруженных в воду, - роголистник погруженный, узколистные рдесты (б). Третий пояс образуют широколиственные рдесты (в), четвертый - водяные лилии (г) и далее - пояс камышей и тростника, высоко поднимающихся над водной поверхностью (д). Шестой пояс представлен крупными осоками (е), седьмой, непосредственно у берега, - мелкими осоками (ж).

Каждый пояс растений откладывает на дно водоема органические остатки специфического ботанического состава. Заполняя водоем, эти пояса центростремительно сдвигаются, в результате чего происходит постепенное погребение торфа предшествующего пояса растительными остатками вновь поселяющихся поясов. На дне водоема, особенно в его центральной части, оседает большое количество отмерших животных и растительных организмов, образующих планктон. Эти остатки, смешанные с минеральными частицами, формируют плотную студенистую массу - сапропель.



1 - осоковый торф; 2 - тростниковый торф с примесью камыша;
3 - торфянистый сапрпель; 4 - смешанноводорослевый сапрпель.

Рисунок 3.9 - Заболачивание в результате зарастания водоема

(В.Н. Сукачев, 1926)

Наличие сапрпеля под слоем торфяника, чередование слоев торфа, которое полностью или частично соответствует чередованию вышеперечисленных поясов растений-торфообразователей, являются безусловными показателями возникновения рассматриваемого болота в результате зарастания водоема. Такие болота, как правило, относятся к низинному типу. В тех случаях, когда берега водоема круты и достаточно хорошо защищены от ветров, происходит нарастание на открытую водную поверхность мохового покрова из зеленых мхов или некоторых видов сфагнома. Отмирая и опускаясь на дно, растительные остатки формируют относительно однородную но ботаническому составу торфяную толщу, которая достигает нередко значительной мощности. В этом случае могут формироваться как низинные, так и верховые болота различного ботанического состава.

3.4.5 Признаки биогенного заболачивания почв

Почвы этого типа заболачивания приурочены к водораздельным пространствам Нечерноземной зоны в районах широкого распространения подзолистых почв. Интенсивное развитие подзолообразования на кислых почвообразующих породах является причиной формирования почв, бедных элементами зольного и азотного питания. Поэтому плотнокустовые злаки, поселившиеся вначале на этих почвах, быстро сменяются менее требовательными растительными группировками, образованными преимущественно сфагновыми мхами. В последующей эволюции растительного покрова болот такого типа абсолютное доминирование получают сфагновые мхи и непосредственно на минеральных подзолистых почвах развивается мощная толща верховых торфов. Валовой анализ погребенной минеральной почвы нередко отражает характерные особенности подзолистых почв. В отличие от иных случаев формирования верховых болот в зоне контакта минеральных и органогенных горизонтов отсутствуют прослойки переходных и тем более низинных торфов, а подзолистые почвы, подстилающие торфяник, часто имеют легкий механический состав (супесь, легкий суглинок). Естественно, что грунтовые воды в случае биогенного заболачивания не влияют на почвообразовательный процесс, а водосбор с окружающих территорий отсутствует. Почвы биогенного заболачивания приурочены к наиболее высоким нерасчлененным участкам водораздельных пространств. Биогенное заболачивание в лесной зоне является нередко следствием не столько спонтанной эволюции растительности, сколько результатом глубокого изменения гидрологического режима территории, связанного с вырубкой леса, пожарами и другими причинами. При резком уменьшении транспирации и испарения с поверхности почвы, покрытой древесными остатками, на неочищенных лесосеках и пожарищах поселяется моховая растительность, обуславливающая прогрессирующее заболачивание окружающей территории. Вместе с тем процесс биогенного заболачивания весьма лабилен и его

интенсивность может существенно ослабевать в результате естественной эволюции фитоценозов. Этот вид заболачивания не приводит к образованию стабильных по площади заболоченных территорий. Он наиболее часто встречается в зоне средней и северной тайги, преимущественно на кислых алюмосиликатных породах ледникового происхождения.

3.5 Время и норма осушения

При проектировании и расчете дренажа важное значение приобретают сведения о времени и нормах осушения. Эти характеристики необходимы для расчета основных параметров дренажа – глубины заложения и установления междренних расстояний.

Срок, за который дренажная система отводит избыточную гравитационную влагу с поверхности почвы и из основной толщи корнеобитаемых горизонтов, называется **временем осушения**. В практике проектирования осушительных систем приняты следующие нормативы, регламентирующие допустимые сроки затопления почв (таблица 3.1).

Данные таблицы 3.1 относятся к культурам полевых, овощных севооборотов. Они затапливаются, как правило, водами с невысоким содержанием кислорода.

В поймах, затапливаемых в весенний период полыми водами, обогащенными кислородом, луговые естественные травы обладают более высокой устойчивостью к избыточному увлажнению (таблица 3.2).

Нормой осушения называют наиболее благоприятное положение уровня грунтовых вод на осушительной системе для роста и развития сельскохозяйственных растений и производства полевых работ. Норма осушения – величина динамичная. Она определяется рядом факторов. Норма осушения обусловлена прежде всего экологическими особенностями возделываемой

культуры и динамикой ее развития. Она должна соответствовать способности растения свободно развивать корневую систему на разных фазах вегетации.

Таблица 3.1 - Допустимые сроки затопления поверхности и пахотного горизонта осушенных почв при снижении урожая не более 10 %, сут

Культуры	Поверхность почвы	Пахотный слой мощностью 0,3 м
Зерновые	0,5	1 - 2
Овощные	0,8	1 - 1,5
Травы	1 - 1,5	2 - 3

Таблица 3.2 - Устойчивость к весеннему затоплению луговых естественных трав в поймах

Травы	Срок	Травы	Срок
Донник белый	9 - 12	Пырей малоцветковый	31 - 35
Люцерна посевная	10 - 14	Овсяница луговая	24
Житняк гребневидный	10 - 17	Тимофеевка луговая	49
Костер безостый	24 - 28	Канареечник тросниковый	49

Норма осушения зависит от свойств почв и должна обеспечивать формирование такой зоны, свободной от избыточного увлажнения, в которой воздухоносная пористость выше слоя капиллярно-замкнутой воды превышает от 8 % до 10 %. Поэтому при грунтовом заболачивании для создания одного и того же по своей мощности корнеобитаемого слоя уровни грунтовых вод должны быть тем глубже, чем тяжелее гранулометрический состав почвы.

Таким образом, норма осушения определяется свойствами выращиваемой культуры и почвы.

Следует подчеркнуть, что понятие о норме осушения весьма относительно. Оно справедливо только для почв грунтового заболачивания при близком залегании уровня грунтовых вод. На почвах поверхностного заболачивания при глубоком залегании уровня грунтовых вод в условиях, когда эти воды не принимают участия в формировании водного баланса корнеобитаемого слоя почвы, использование этого понятия утрачивает смысл. В этом случае правильнее рассматривать не нормы осушения, а тот реальный водный режим и режим влажности почв, которые складываются в годы расчетной обеспеченности. Наконец отметим, что нормы осушения для одних и тех же культур могут оказаться различными в разных природных зонах и в разных почвенно-климатических фациях одной и той же зоны.

Контрольные вопросы

- 1 Понятие осушительной мелиорации.
- 2 Конструкция осушительной системы.
- 3 Виды осушительных систем.
- 4 Виды дренажа.
- 5 Причины заболачивания почв.
- 6 Признаки заболачивания почв грунтовыми и напорными водами.
- 7 Признаки заболачивания почв атмосферными и намывными склоновыми водами.
- 8 Признаки заболачивания почв намывными русловыми водами.
- 9 Признаки болотных почв, возникающих вследствие зарастания водоемов.
- 10 Признаки биогенного заболачивания почв.
- 11 Время и норма осушения.

4 Мелиорация почв аридной зоны: оросительные мелиорации

4.1 Понятие оросительных мелиораций

Орошение или ирригация (от англ. irrigation - орошение) - система мероприятий по искусственному увлажнению почвы с целью создания благоприятных условий для роста и развития растений. Орошение, увлажняя почву, оказывает на нее многофакторное действие. При правильной организации орошения улучшаются воздушный и тепловой режимы почвы, экологические условия местообитания травянистой и древесной растительности. Орошение используют для выращивания и повышения урожая трав, зерновых и овощных культур, хлопчатника, риса, чая, садов и виноградников. Его практически повсеместно применяют в сухостепной, полупустынной и пустынной зонах европейской части страны. В гумидной зоне его используют для создания высокопродуктивных зеленых угодий - сенокосов и пастбищ (долговременных культурных пастбищ), а также для возделывания овощных культур, преимущественно в районах крупных населенных и индустриальных центров. Независимо от территориального расположения в оросительных системах расход воды на полив должен быть экономичным и соответствовать потребностям растений с целью создания планируемого урожая.

При оценке потребности растений в воде принято учитывать два важных показателя - коэффициент транспирации и коэффициент водопотребления.

Коэффициентом транспирации называется масса воды, транспирированная растением за время его вегетации, пошедшая на образование единицы массы сухого вещества (сухой массы всего урожая). Коэффициент транспирации - динамичная величина. Его значения меняются в зависимости от почвенных, погодных и климатических условий. Для одних и тех же культур коэффициент транспирации возрастает с севера на юг и с запада на восток с увеличением засушливости и континентальности климата. Транспирационный

коэффициент возрастает с увеличением влажности почвы. Поэтому при поливе возможно увеличение непродуктивного использования влаги. Улучшение агротехники и системы удобрений повышает урожай, способствует более экономичному использованию влаги, уменьшает коэффициент транспирации. Расход влаги на орошаемом поле осуществляется не только за счет транспирации. Весьма существенной расходной статьей водного баланса является физическое испарение с поверхности почвы. Оно составляет около 25 – 50 % расхода на транспирацию в вегетационный период, а в течение года эти составные расходные статьи водного баланса (транспирация и физическое испарение) приблизительно равны. В практических целях при водобалансовых мелиоративных расчетах используют значения не транспирации (она отражает лишь физиологическую составляющую потерь воды на орошаемом поле), а суммарное водопотребление.

Водопотреблением называется расход воды на транспирацию и испарение с 1 га возделываемой культуры ($\text{м}^3/\text{га}$). **Коэффициентом водопотребления** называется объем воды в кубических метрах, израсходованный за вегетационный период на тонну (или центнер) продукции при естественной ее влажности. Коэффициент водопотребления изменяется так же, как и коэффициент транспирации. Во влажные годы на неорошаемом участке коэффициент водопотребления увеличивается, в сухие - уменьшается. Повышение урожайности обуславливает более экономичное расходование воды, снижение коэффициента водопотребления.

В естественных богарных условиях водопотребление сельскохозяйственных и других растений осуществляется за счет атмосферных осадков, почвенной влаги, а также в результате миграции воды к корням по капиллярам от зеркала грунтовых вод. Однако этой влаги часто бывает недостаточно для создания проектируемого урожая или для поддержания оптимального режима увлажнения для декоративных или иных культур. Поэтому возникает необходимость в дополнительном увлажнении почв с помощью орошения.

Оросительной нормой называют общее количество воды, которое необходимо подать на орошаемое поле для того, чтобы получить планируемую урожайность:

$$M = E - P \pm \Delta W - W_{гр}, \quad (2)$$

где M – оросительная норма;

E – водопотребление;

P – осадки расчетной обеспеченности, используемые за вегетационный период;

ΔW – используемый запас влаги из почвы;

$W_{гр}$ – объем воды, поступающий из грунтовых вод (размерность всех значений – $\text{м}^3/\text{га}$).

Используемый запас влаги из почвы $\pm \Delta W$ – разность между запасами влаги в начале и в конце вегетации. Объем воды, поступающий от зеркала грунтовых вод $W_{гр}$, зависит от их уровня, физических свойств почв, климатических условий, возделываемых сельскохозяйственных культур, степени развития корневых систем растений. Если грунтовые воды залегают на глубине от 2 до 2,5 м, их вклад в водный режим корнеобитаемых горизонтов невелик. При залегании грунтовых вод на глубине > 3 м поступлением влаги от их зеркала при практических расчетах можно пренебречь.

При расчете оросительной нормы учитывают атмосферные осадки более 5 мм. Абсолютные величины оросительных норм при прочих равных условиях зависят от климата местности и погодных условий года.

При расчете оросительных норм для обоснования проекта орошения их обычно определяют для условий засушливого года с осадками 95 %-й обеспеченности. Засушливость года характеризуется не только осадками, но и дефицитом влажности воздуха.

Поливной нормой называют то количество воды, которое необходимо для одного полива. Сумма поливных норм, необходимых для поддержания влажности

почвы на уровне, благоприятном для роста и развития культур в течение всего периода вегетации, соответствует оросительной норме. При расчете поливной нормы необходимо исходить из того, что при поливе в почву должно быть подано только то количество воды, которое не нарушит жизнедеятельности растений, не будет просачиваться в глубокие слои почвы и не будет пополнять грунтовый поток.

Влажность почвы при поливе поэтому не должна превышать ППВ — верхнего предела оптимального увлажнения почвы при поливе. Нижний предел ориентировочно соответствует влажности, равной 0,7 ППВ (0,65-0,75 ППВ), что равно или близко к влажности разрыва капиллярной связи. Таким образом, объем поливной нормы в любом случае не должен быть больше, чем запас влаги в почве, равный разности ППВ – 0,7 ППВ. В общем виде поливные нормы определяют по формуле:

$$M = 100 \times H \times \rho_b \times (W_{\text{ППВ}} - W_{0,7\text{ППВ}}), \quad (3)$$

где M – поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$;

H – активный слой почвы, м ;

ρ_b – средневзвешенная плотность активного слоя почвы, $\text{т}/\text{м}^3$;

$W_{\text{ППВ}}$ – оптимальная влажность активного слоя почвы после полива, практически равная или несколько меньшая ППВ (0,90-0,95 ППВ);

$W_{0,7\text{ППВ}}$ – влажность активного слоя почвы перед поливом ($W_{\text{ППВ}}$ и $W_{0,7\text{ППВ}}$ – влажность почвы в % к сухой массе).

Известная динамичность верхнего предела оптимальной влажности активного слоя отражает общую современную тенденцию уменьшения расхода воды на орошение и снижения ее потерь на инфильтрацию в грунтовый поток (главным образом по крупным трещинам). Следует, однако, подчеркнуть, что такое снижение значений верхнего предела оптимальной влажности обычно сопровождается некоторым падением урожая (например, по зерновым на 5 % –

15 %, иногда больше). Поэтому определение оптимальных значений поливной нормы представляет собой в значительной мере агроэколого-экономическую задачу, связанную с выбором таких объемов поливных вод, при которых это снижение урожая оказывается оправданным сокращением расхода воды на полив.

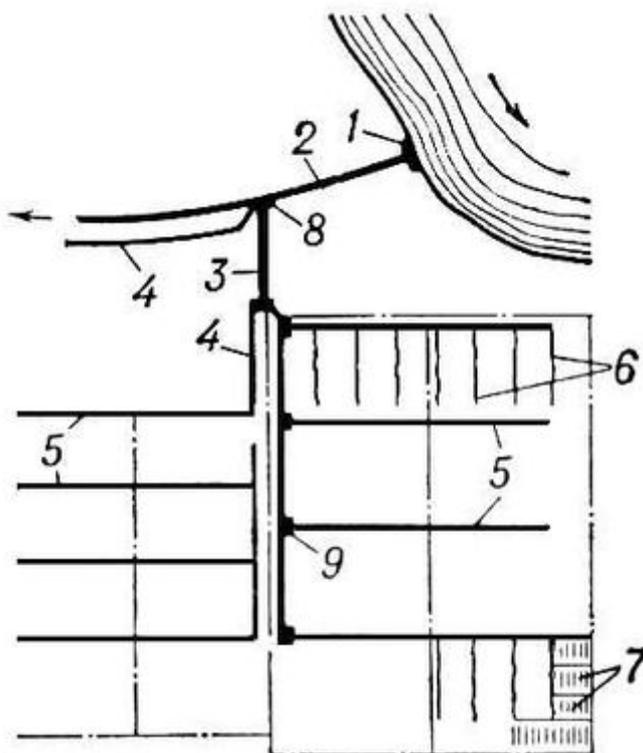
4.2 Конструкция оросительной системы

Оросительная система — 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 изготавливают в земле 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, дорожной сети, мостовых переходов и переездов, водорегулирующих и полезащитных лесных насаждений (рисунок 4.1).

Источником орошения могут быть река, озеро, водохранилище, артезианская скважина и др. Головное водозаборное сооружение (или насосная станция) забирает воду из источника орошения в магистральный канал в необходимых количествах и в нужные сроки.

Магистральный, или главный, канал оросительной системы доставляет воду на орошаемые массивы. Магистральный канал состоит из холостой (от головного сооружения до первого распределительного канала) и рабочей (от которой отходят распределительные каналы) частей. Непосредственно к

орошаемому полю вода из магистрального канала поступает по распределительным каналам, временных оросительной и поливной сетей.



1 - головной водозаборный узел на реке; 2 - магистральный канал; 3 - межхозяйственный распределитель; 4 - хозяйственные распределители; 5 - внутрихозяйственные распределители; 6 - временные оросители; 7 - поливные борозды; 8 - узел гидротехнических сооружений; 9 - водовыпуски.

Рисунок 4.1 – Оросительная система и ее элементы

Распределительная проводящая сеть каналов в оросительной системе состоит из межхозяйственных и хозяйственных каналов.

Межхозяйственные каналы распределяют воду, подаваемую магистральным каналом, между всеми хозяйствами системы.

Хозяйственные каналы подают воду каждому хозяйству, а при больших размерах хозяйств - на отдельные крупные поливные участки в хозяйстве (межучастковый канал). *Участковый распределитель* подают 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.

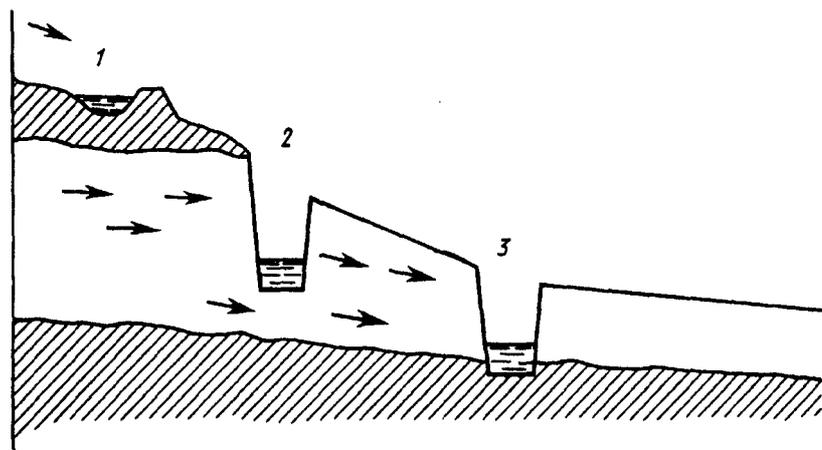
Временная оросительная регулирующая сеть внутри крупных поливных участков состоит из временных ежегодно возобновляемых оросителей, выводных борозд и поливных борозд и полос, распределяющих воду на полях и переводящих ее при поливе в почвенную влажность нужной величины. Оросительная регулирующая сеть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

Водосбросная дренажная (коллекторно-дренажная) сеть служит для удаления с орошаемых площадей излишней поверхностной воды, образующейся при опорожнении каналов, при авариях, ливнях и др. Она обеспечивает также стабильное положение уровней грунтовых вод на орошаемом массиве, ликвидирует их возможный подъем при орошении и заболачивании и вторичное засоление поливных земель. Эта сеть прокладывается по пониженным отметкам орошаемых земель в соответствии с расположением постоянных оросительных каналов. Главный коллектор водосбросной сети должен быть соединен с соответствующим водоприемником. Таким образом, оросительные системы забирают воду из водоисточника, транспортируют ее на орошаемый массив, регулируют водный, солевой, температурный и другие режимы почв.

Оградительная сеть оросительной (и осушительной) системы состоит из нагорных, нагорно-ловчих и ловчих каналов (рисунок 4.2). *Нагорные каналы* защищают площадь оросительной системы от затопления и повреждения сооружений поверхностными водами водосбора в период прохождения ливневых

дождей, снеготаяния и др. *Ловчие каналы* (дрены) перехватывают полностью или частично грунтовый поток и понижают его уровень. *Нагорно-ловчие каналы* выполняют одновременно перехват поверхностных и грунтовых вод. Канал или дренаж называют совершенными, если они доведены до водоупора или врезаны в его толщу. Если дно канала или дрены находится выше водоупорного горизонта и часть грунтового потока свободно мигрирует на орошаемую (осушаемую) территорию, то такой канал называется несовершенным, или висячим.



1 – нагорный канал; 2 - несовершенный ловчий канал; 3 – совершенный ловчий канал.

Рисунок 4.2 – Оградительная сеть оросительной (и осушительной) системы

Дренажную функцию на оросительной системе осуществляют следующие каналы.

Главный водосбросной канал, или главный коллектор, собирает и отводит все сбросные и дренажные воды с оросительной системы. В отличие от магистрального оросительного канала, который занимает командные, наиболее высокие отметки рельефа на оросительной системе, его прокладывают по самым низким отметкам орошаемой территории.

Межхозяйственный водосбросной канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные и дренажные воды с территории нескольких хозяйств.

Хозяйственный водосбросной канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные и дренажные воды с территории одного хозяйства.

Межучастковый водосбросной канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные и дренажные воды, поступающие с территории, закрепленной за севооборотными участками.

Участковый водосбросной канал, или коллектор, принимает и отводит сбросные и дренажные воды, поступающие с территории, закрепленной за одним севооборотным участком.

Очевидно, что на небольшой оросительной системе межхозяйственный канал может быть магистральным. На малой оросительной системе одного хозяйства магистральным канал вместе с тем является и хозяйственным. Эффективность орошаемого земледелия на освоенном для ирригации массиве находится в непосредственной зависимости от слаженной работы этой системы каналов разного назначения.

Только каналы, однако, не могут обеспечить нормальную работу оросительной системы. Для ее функционирования необходимо одновременно с транспортом водных масс регулировать скорость их движения, глубину наполнения каналов, перераспределять объемы воды в соответствие с хозяйственной целесообразностью, обеспечивать ее выпуск на поля, регулировать содержание в оросительной воде твердого стока, решать другие вопросы. Все эти задачи решают с помощью различных по своему назначению специальных сооружений на оросительной сети.

Сооружения на каналах оросительной сети предназначены для регулирования и управления расходом воды (водовыпуски и регуляторы), регулирования горизонта воды в канале (перегораживающие и подпорные сооружения, водосбросы), регулирования скорости течения воды в каналах (быстротоки, перепады), транспорта воды через препятствия (акведуки, дюкеры, трубы), для осаждения взвешенных в воде частиц твердого стока (отстойники).

В зависимости от назначения сооружения на каналах можно объединить в следующие группы (рисунок 4.3):

Сооружения по регулированию расходов - водовыпуски, водомеры и вододелители.



Рисунок 4.3 – Сооружения на каналах оросительной системы (Ф.Р. Зайдельман, 2003)

Регуляторы-водовыпуски устанавливают в голове всех распределительных каналов и временных оросителей для регулирования расходов (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Вододелитель с регулятором и подпорным сооружением

Регуляторы-водовыпуски могут быть открытыми и закрытыми (трубчатыми). Вододелители устраивают в местах разветвления канала. Водомерные устройства устанавливают на сооружениях, подающих воду на севооборотный участок или в хозяйство. Подпорные и перегораживающие сооружения по регулированию уровня воды.

Сооружения по регулированию скорости движения воды в каналах. Эта группа сооружений на открытых каналах оросительных систем представлена перепадами, быстотоками, консольными сбросами, обеспечивающими изменение уклона потока на коротком расстоянии и за счет этого - резкое уменьшение скорости движения воды в канале.

Сооружениями для проведения воды через препятствия являются акведуки и дюкеры. Акведуки (рисунок 4.5) служат для переброски воды над каким-либо препятствием, например над поймой, оврагом, дорогой и т.д. Дюкер предназначен для пропуска воды под препятствием, например, под другим каналом, под дорогой и т.д. (рисунок 4.6).

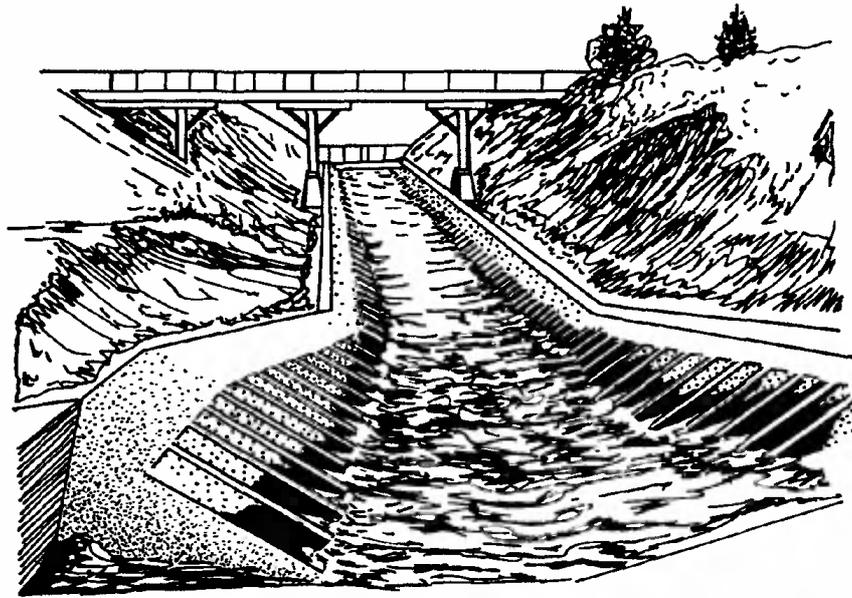
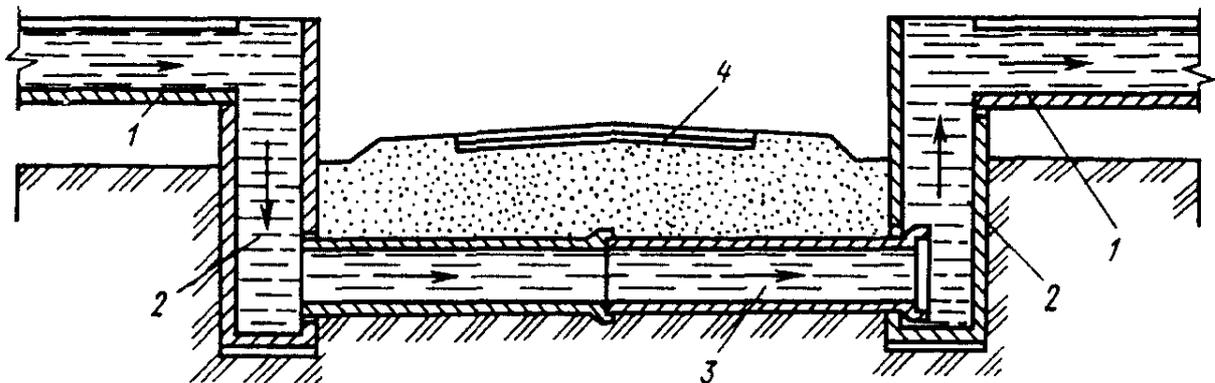


Рисунок 4.5 – Акведук и быстроток оросительной системы



1 – лоток; 2 – колодцы; 3 – железобетонные трубы; 4 – дорога.

Рисунок 4.6 – Дюкер. Пересечение лоткового канала с дорогой

Сооружения для регулирования содержания наносов в воде обычно представлены отстойниками. Отстойниками называют расширенные участки каналов (отстойные камеры), в которых происходит резкое снижение скорости потока и выпадение на дно твердого стока.

4.3 Источники воды для орошения

Для полива используют воды различного происхождения: речные, озер, водохранилищ, подземные, возвратные (сточные, т.е. воды, поступающие из коллекторно-дренажной сети, тепло- и энергоцентралей, промышленных предприятий) и морские. Независимо от их происхождения все воды, используемые для полива, должны отвечать одному общему требованию — *не ухудшать свойства почв*. Впервые на это важное обстоятельство обратил внимание В.В. Докучаев в книге «Наши степи прежде и теперь». В 1906 г. американский исследователь Е. Гильгардт впервые классифицировал оросительные воды по концентрации солей и содержанию ионов, положив начало разработке количественных методов оценки состава оросительной воды. В 1954 г. в США Л. Ричардсом была разработана классификация оросительных вод по степени минерализации и натриевому адсорбционному отношению.

Речные воды, формирующиеся на площади около 90 % речного водосбора Российской Федерации, имеют гидрокарбонатный состав с низкой минерализацией. В средней полосе России минерализация различных вод возрастает до 0,2 - 0,5 г/л. Водосбор рек с исходной минерализацией от 0,5 до 1,0 г/л занимает около 6 % площади. В зоне Приазовья, Донбасса, Северного Кавказа распространены реки с сульфатными, а в Прикаспийской низменности, в Северном Казахстане - с хлоридными водами. Состав и степень их минерализации нестабильны. Это обусловлено действием как естественных, так и антропогенных факторов. Действие естественных факторов связано с тем, что в результате резкого увеличения объема руслового стока в период паводка происходит быстрое разбавление речных вод за счет поступления с водосбора пресных атмосферных вод, а также вод тающих ледников и снега.

Второй весьма важной причиной изменения состава и степени минерализации речных вод является поступление в реки сильно минерализованного стока из коллекторно-дренажной сети оросительных систем.

В наибольшей степени их отрицательное влияние, имеющее вторичное, антропогенное, происхождение, проявляется в средней и нижней частях речных долин. Нередки случаи, когда в результате нерегулируемого сброса минерализованного дренажного стока речные воды в нижнем течении оказываются совершенно непригодными для орошения.

Для крупных рек европейской территории России в целом характерен небольшой резерв кальциевых солей при их общем благоприятном химическом составе. Это обстоятельство несколько снижает качество речных вод огромной территории.

Отличительной особенностью речных вод является наличие в них твердой взвеси (твердого стока) - речного аллювия. Содержание твердого стока в воде разных рек различно. Реки Центральной Азии содержат в паводок до 4 - 10 кг взвешенных минеральных частиц в одном кубическом метре воды. В воде большинства сибирских рек твердый сток не превышает 0,1 - 0,2 кг/м³. Твердый сток, отлагаясь на поверхности почв при поливе, нередко обогащает их первичными и вторичными минералами, способствует поддержанию на высоком уровне плодородия орошаемых земель. В результате длительного орошения водами, обогащенными такой минеральной взвесью, формируется ирригационный нанос, на котором позднее возникают почвы (так называемые ирригационные почвы).

Воды озер и водохранилищ стабильнее речных вод, а их химический состав подвержен закономерным зональным изменениям.

В водах водохранилищ в летние месяцы наблюдается некоторое увеличение их минерализации в результате интенсивного испарения. Рост минерализации происходит главным образом за счет Cl^- , SO_4^{2-} и Na^+ , т.е. ионов, ухудшающих качество воды. При этом возможно неблагоприятное изменение щелочности вод. В ней появляется ион CO_3^{2-} и резко повышается рН. В воде уменьшается содержание Ca^{2+} . В результате активного развития в водоемах сине-зеленых водорослей происходит активное потребление диоксида углерода, и карбонатно-кальциевое равновесие смещается в сторону образования CO_2 , при

этом карбонат кальция выпадает в осадок. На юге России воды местных степных рек, прудов, лиманов, артезианские и дренажные для орошения (особенно черноземов) обычно не пригодны. Они могут быть использованы только после их мелиорации (снижения рН и увеличения резервов кальция) в результате разбавления, внесения химических мелиорантов, а также повышения содержания в почвах запасов кальция. Подземные воды могут широко применяться для орошения сельскохозяйственных культур. Их применение освобождает от необходимости устраивать дорогостоящие водозаборные сооружения, повышает влагообеспеченность территории. Однако при этом растут эксплуатационные расходы. Недостатком подземных вод является их низкая температура, а также нередко высокая минерализация. Подземным водам свойственна определенная зональность. Их состав определяется, во-первых, минералогическим и химическим составом водовмещающей, водоносной и водоупорной толщ и, во-вторых, современными зональными почвообразовательными процессами. Общая закономерность заключается в том, что с севера на юг растет минерализация грунтовых вод. Ультрапресные и пресные воды, часто содержащие повышенные концентрации органического вещества и железа в северных широтах, постепенно сменяются гидрокарбонатно-кальциевыми и магниевыми водами в лесостепной и степной зонах, нередко содержащих повышенные концентрации бикарбоната и карбоната натрия. Далее на юг в грунтовых водах сухостепной зоны накапливаются сульфаты натрия и кальция. В полупустынной и пустынной зонах преобладают хлориды, сульфатно-хлоридные высокоминерализованные воды. Представление о широтной зональности грунтовых вод было разработано выдающимся почвоведом-гидрологом Г.Н. Высоцким.

Коллекторно-дренажные воды, поступающие из оросительных систем в водоприемники (реки, овраги, озера и др.), отличаются повышенной минерализацией. Они редко могут быть использованы для орошения без дополнительного разбавления благоприятными для полива речными (или озерными) водами.

Морская вода является сложным раствором, содержащим множество элементов и химических соединений. Среди них преобладают хлор, натрий, сульфаты, магний. В открытом океане содержание солей колеблется в интервале от 33 до 37 г/л. В зависимости от испарения с поверхности соленость морской воды может существенно варьировать. Так, соленость вод Балтийского моря не превышает 6 - 8 г/л, Средиземного – 39 г/л, а Красного моря - 41 г/л. Морская вода для полива трав на легких (песчаных) почвах непосредственно используется в странах с гумидным влажным климатом при низкой концентрации в ней водорастворимых солей. Кроме того, полив морской водой возможен в субтропической зоне на хорошо проницаемых песчаных почвах в районах с продолжительными дождливыми зимами, в частности в странах Средиземноморского бассейна. В других случаях обычно морская вода может быть использована для орошения лишь после опреснения.

4.4 Оценка пригодности поливной воды для орошения

Определение пригодности воды для полива осуществляется с помощью качественных и количественных тестов.

Визуальный и органолептический анализы состояния воды в исследуемом водоеме позволяют сделать общее предварительное заключение о ее пригодности для полива. Качество воды характеризуют следующие внешние признаки. Гнилостный запах, поднимающиеся со дна водоема к поверхности пузырьки газов (метана, сероводорода, аммиака) в результате анаэробного брожения свидетельствуют о низком качестве или непригодности вод для орошения. О наличии вредных примесей промышленного происхождения свидетельствует цвет воды - перегнойные и органические вещества придают воде желто-коричневую окраску; соли двухвалентного железа - зеленовато-голубоватую; свободная сера окрашивает воду в голубой цвет. По состоянию флоры и фауны можно судить о

качестве воды водоисточника. На хорошее состояние воды указывает присутствие в водоисточнике рыб, наличие амфибий и пресмыкающихся на берегах водоема, интенсивный рост ряски. Напротив, появление осоки, ситника, камыша и других растений, приспособившихся к существованию в условиях развитого почвенного анаэробнобиоза, свидетельствуют об ухудшении качества воды.

Взвешенные твердые элементы в поливной воде (твердый сток) могут указывать на различные свойства поливных вод. Так, крупные (песчаные), обычно кварцевые частицы (диаметром более 0,05 мм) не представляют ценности как удобрение. Вместе с тем они быстро оседают в каналах, что обуславливает необходимость их систематической очистки. Пылеватая фракция (0,001 - 0,05 мм) обычно доносится оросительной водой до поля. Она не обладает существенным удобрительным действием. Илистая фракция (< 0,001 мм) легко транспортируется водой на орошаемое поле. В ее составе содержится много органических (до 50 % от массы ила) и питательных веществ. Илистый материал твердого стока в определенных условиях легко коагулирует, способствует образованию микро- и макроструктуры.

Растворенные вещества в поливной воде в основном определяют ее пригодность для орошения. При оценке пригодности воды для полива надо учитывать качественный состав солей, опасность засоления, возможность осолонцевания почв, карбонатного подщелачивания.

Опыт орошения в полуаридных и аридных зонах позволяет признать практически во всех случаях пригодными для орошения воды с минерализацией менее 0,2 г/л. Минерализацию, равную 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 засоления почв. Воды с большей минерализацией (например, морские) используют в районах с гумидным климатом на легких почвах с низкой поглотительной способностью.

Соли, растворимые в оросительной воде, применяемой для поливов, обладают разной токсичностью. Схема, предложенная Л.П. Розовым, отражает степень опасности различных солей (рисунок 4.7).

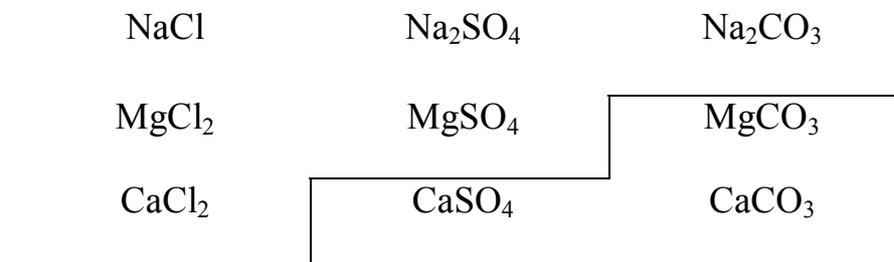


Рисунок 4.7 – Степень токсичности солей

Все соли выше черты вредны для растений, ниже – безвредны. В приведенном перечне солей наиболее опасна нормальная сода. Ее относительную токсичность отражает следующая шкала (рисунок 4.8).

Соль	Na ₂ CO ₃	NaCl	NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄
Степень токсичности	10	3	3	1

Рисунок 4.8 – Шкала токсичности солей

Все соли натрия и все хлориды являются вредными для растений. Карбонаты и сульфаты кальция и карбонаты магния - безвредны. Сернокислый и углекислый кальций используют как удобрения и как мелиоранты, улучшающие свойства почв. При этом, однако, следует учитывать, что свободная углекислота и анионы серной кислоты оказывают агрессивное действие на бетон, могут способствовать разрушению сооружений на оросительной системе.

И.Н. Антипов-Каратаев и Г.М. Кадер (1961) предложили использовать для оценки опасности осолонцевания орошаемых почв следующее уравнение:

$$0,23 C \leq \frac{[Ca^{2+} + Mg^{2+}]}{[Na^+]_{10}} \geq 0,23 C, \quad (4)$$

где C – общая концентрация растворимых солей, г/л;

Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ - содержание ионов в воде, ммоль/л.

Если отношение $[Ca^{2+} + Mg^{2+}]/[Na^+]$ равно или выше $0,23 C$, то такая вода благоприятна для полива. При меньших значениях - вода опасна для почв, так как в результате полива возможно их осолонцевание.

Необходимо особо подчеркнуть опасность полива почв оросительной водой, содержащей карбонаты и бикарбонаты натрия. Даже весьма низкие молярные концентрации эквивалента соды (1 - 2 ммоль/л) в оросительной воде в процессе многократных поливов вызывают отрицательное подщелачивание почв. Интенсивность адсорбции натрия повышается пропорционально концентрации соды в воде.

Следует, однако, иметь в виду, что пригодность минерализованных вод для полива обусловлена не только их химическим составом, но и климатом местности, числом и способом поливов, свойствами почв. Так, оросительная вода с одним и тем же содержанием $NaHCO_3$ опасна для почв с $pH > 7$, но нередко улучшает почвы с $pH < 7$.

В ирригационной практике США и ряда других стран оценка качества поливной воды производится по электропроводности, натрий-адсорбционному отношению (SAR — sodium adsorption ratio), которое вычисляется по формуле

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}}. \quad (5)$$

Если величина $SAR < 10$, вода хорошего качества, 10 - 18 - среднего, 18 - 25 - неудовлетворительного, 25 и более - весьма неудовлетворительного.

4.5 Техника полива

Оросительные мероприятия могут иметь различное назначение, оказывать различное влияние на режим и свойства почв, осуществляться весьма разнообразными способами. Кроме увлажнительной функции, которую всегда осуществляет полив, орошение может быть связано и с рядом дополнительных задач. Поэтому целесообразно выделять следующие виды орошения.

1 По назначению:

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 реки в период паводка, из теплоцентралей, заводов и других источников подают на поля с целью согревания почвы.

Влагозарядковое. Обеспечивает подачу обычно значительных объемов воды на поля с целью их аккумуляции в почве. Поливы производят до начала вегетации осенью таким образом, 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; если в результате поздневесенней климатической засухи в начале вегетации в почвах отсутствует или мал запас продуктивной влаги, а полив в это время невозможен. К этому виду орошения следует отнести также закачку в грунтовый поток воды 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:

Регулярное орошение обеспечивает подачу воды на орошаемое поле систематически на протяжении всего вегетационного периода. Оно позволяет осуществлять все виды полива независимо от их назначения (т.е. увлажнительное, влагозарядковое, промывное, утеплительное орошение и др.). Обычно при регулярном орошении производят вегетационные и влагозарядковые поливы. Регулярное орошение позволяет получить урожаи в 2 - 3 раза выше, чем нерегулярное.

Нерегулярное орошение позволяет осуществлять в течение года обычно 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, гидрологических и др.) для организации сплошного орошения (например, ограничены водные ресурсы).

Сплошным является орошение, при котором создаются условия для полива всех культур на крупном массиве. Сплошное орошение обычно осуществляется 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 (рисунок 4.9).

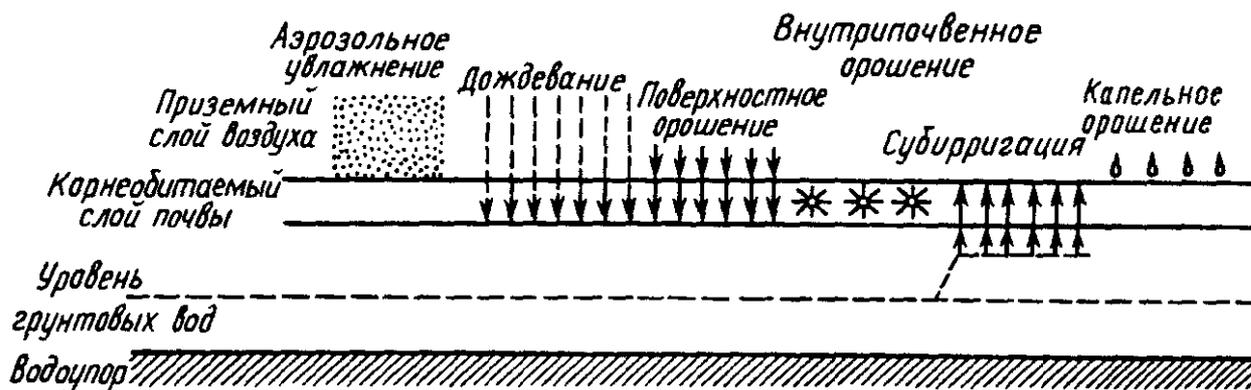


Рисунок 4.9 - Виды орошения

Аэрозольное (мелкодисперсное) орошение - увлажнение растений, приземного слоя воздуха и поверхности почвы тонко распыленными мельчайшими каплями воды. Туман, образованный над поверхностью почвы при аэрозольном орошении, способствует защите растений от заморозков. Применяется в садах, виноградниках, на плантациях цитрусовых и чая, в теплицах и оранжереях.

Поверхностное орошение — орошение током влаги при непосредственном контакте воды, поступающей самотеком на поле, с поверхностью почвы. Различают следующие виды поверхностного орошения: *затопление, напуск по полосам, по бороздам.*

Дождевание - механизированное орошение, при котором оросительная вода при помощи насосов и дождевальных аппаратов попадает под напором в атмосферу и оттуда свободно падает на растения и почву в виде капель дождя.

Внутрипочвенное орошение основано на всасывающей способности почвы транспортировать воду по капиллярам от труб увлажнителей (уложенных на глубине 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.

Субирригация - увлажнение корнеобитаемой зоны почвы путем активного подъема уровня грунтовых вод к дневной поверхности.

Рассмотрим более подробно наиболее распространенные способы полива.

Поверхностное орошение. В степных и сухостепных районах нашей страны наибольшее распространение получили поверхностные поливы. Различают следующие виды поверхностного орошения: напуском по бороздам, полосам, затоплением.

Полив по бороздам применяется главным образом, при орошении широкорядных культур, требующих междурядных обработок. Поливные борозды - мелкие, параллельные друг другу канавки с одинаковым расстоянием между ними (рисунок 4.10). Существуют два способа полива по бороздам: по проточным (сквозным) и затопляемым (тупым). Последний способ применяют преимущественно на участках с очень малыми уклонами - до $0,002^\circ$. Борозды бывают мелкие (глубиной от 8 до 10 см), средние (от 12 до 15 см) и глубокие (от 18 до 20 см); соответствующая им ширина борозд составляет от 25 до 30 см, от 30 до 35 см, от 35 до 40 см. Размеры борозд выбираются в зависимости от вида культуры.

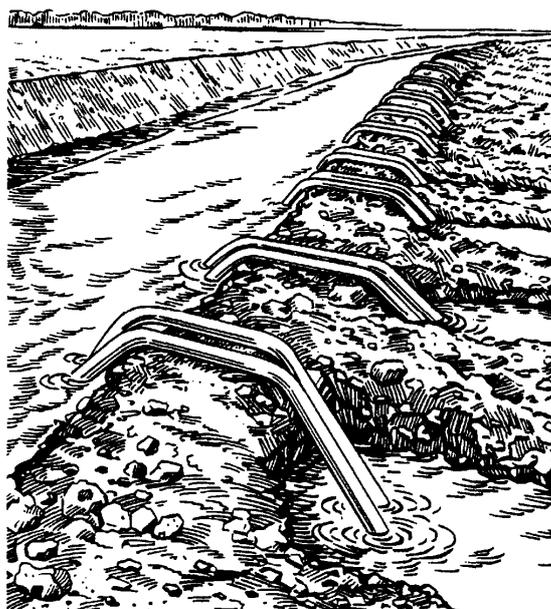
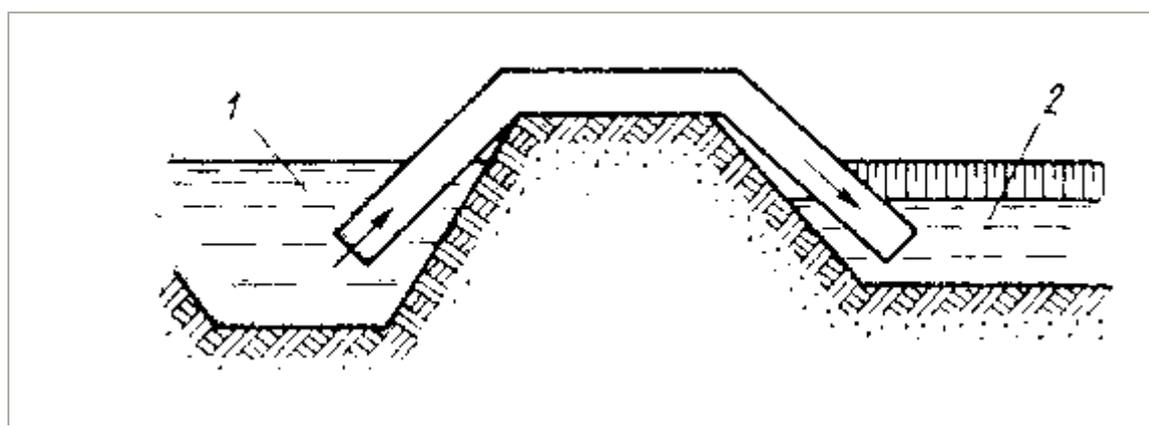


Рисунок 4.10 – Полив по бороздам

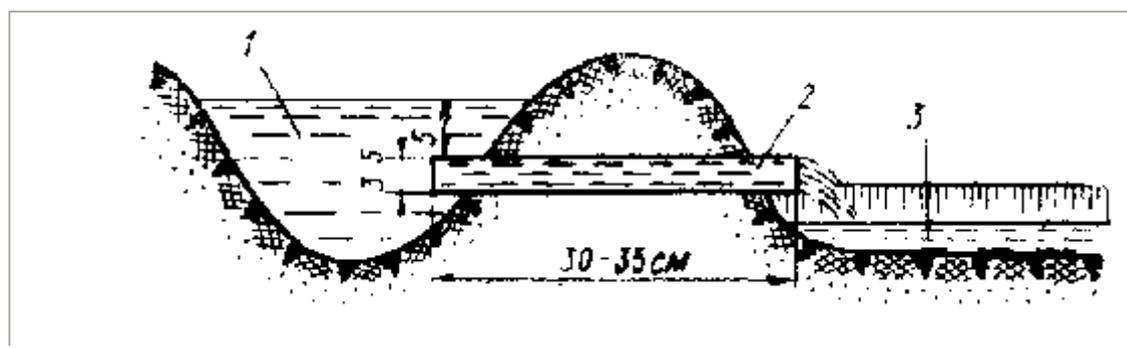
Длина борозд определяется водопроницаемостью почвы и уклоном местности; наиболее благоприятными являются уклоны от $0,002^\circ$ до $0,01^\circ$. С ростом водопроницаемости и уменьшением уклона длины борозд уменьшается с 200 - 150 до 50 - 60 м. Расстояние между бороздами назначается с учетом водопроницаемости почвы и обеспечения ширины междурядий, необходимой для механизированной обработки. При отсутствии водоупора с ростом водонепроницаемости почвы расстояние между бороздами сокращается. Скорость движения воды по бороздам не должна превышать 0,1 м/с. При больших скоростях борозды будут размываться. Вода из временного оросителя или выводной борозды в поливные борозды подается с помощью переносных сифонов (рисунок 4.11) или поливных трубок (рисунок 4.12).



1 - временный ороситель; 2 - выводная борозда.

Рисунок 4.11 - Переносной сифон

Расход воды, подаваемой при поливе в каждую борозду, увеличивается вместе с ростом водопроницаемости почвы, уменьшением уклона и увеличением длины борозды. В среднем этот расход меняется от 0,2 - 0,4 до 1,0 - 4,2 л/с.



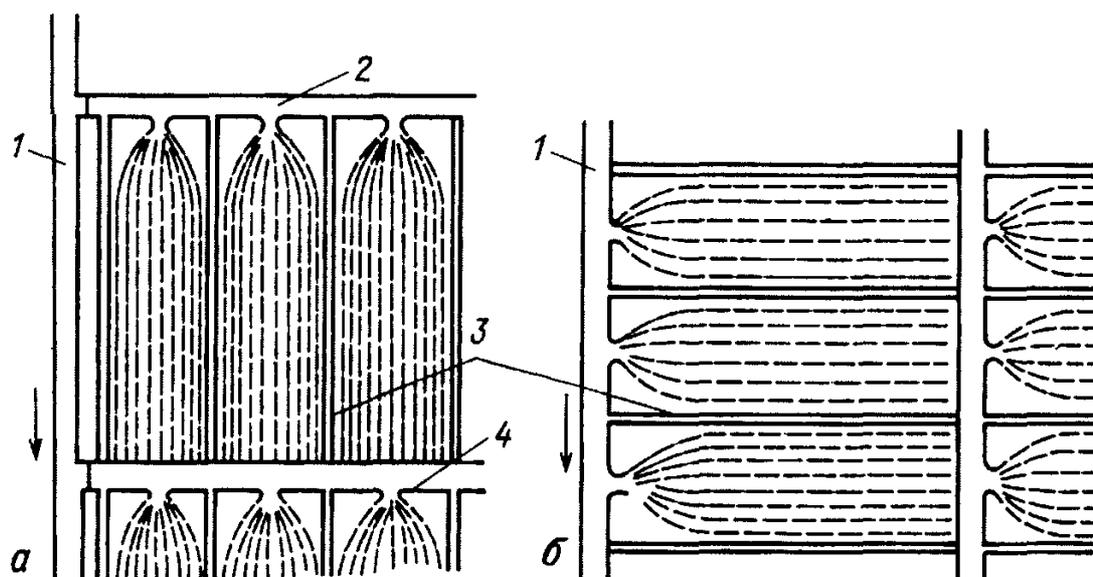
1 - выводная борозда; 2 - трубка; 3 - поливная борозда.

Рисунок 4.12 – Схема применения поливных трубок при поливе по бороздам
(размеры в см)

Полив напуском по полосам применяется в основном для сельскохозяйственных культур узкорядного сева. При этом площадь орошаемого поля разбивают на полосы, разделенные валиками. Вода из временного оросителя подводится с помощью выводных борозд к поливной полосе через отверстие в дамбе выводной борозды (рисунок 4.13). Растекаясь по всей ширине, полосы и продвигаясь сплошным тонким слоем по ее длине, вода постепенно увлажняет всю полосу. Неровности рельефа являются большой помехой для достижения равномерности увлажнения по всей длине полосы.

Основное достоинство полива напуском по полосам - сравнительно малая трудоемкость метода. Однако при таком поливе нарушается структура верхних слоев почвы, ухудшаются ее водно-физические свойства, а при повышенных скоростях движения воды наблюдается перемещение мелких частиц почвы из верхней части полосы в нижнюю. Часто после полива на поверхности почвы образуется при просыхании сплошная корка, стимулирующая испарение почвенной влаги.

Как и полив по бороздам, полив напуском применим на всех почвах и в широких пределах уклонов. Основными условиями, определяющими ширину полос, их длину и размеры валиков, при этом являются: водопроницаемость почвы, уклон и ровность поверхности орошаемого поля. Ширину полос обычно соизмеряют с габаритами сельскохозяйственной техники.



а - параллельно временным оросителям; б – перпендикулярно временным оросителям при: 1 - временный ороситель; 2 - выводная борозда; 3 - валик; 4 – поливная трубка, щиток или сифон.

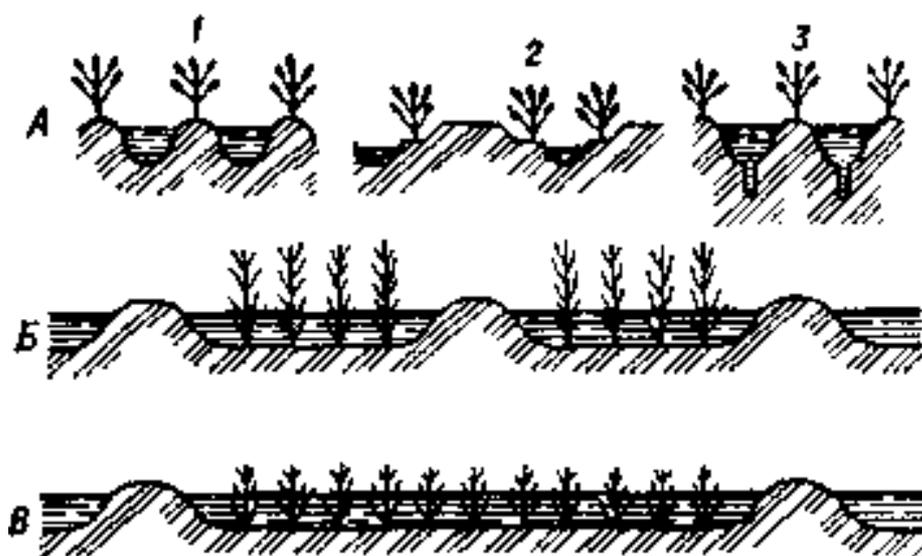
Рисунок 4.13 - Расположение поливных полос

Полив затоплением наиболее древний способ орошения, применяют для возделывания тех культур, которые способны выносить кратковременное затопление слоем воды. Кроме того, такой полив используют для влагозарядки, промывки почв от солей, при орошении риса. Полив затоплением применяют при возделывании риса, лиманном орошении.

Преимущество полива 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 затоплением соли равномерно оттесняются в глубокие слои почвенного профиля. Очевидны, однако, и отрицательные стороны этого полива. При поливе затоплением применяются высокие поливные нормы, что обуславливает возможность быстрого подъема уровня грунтовых вод. Наконец, затопление вызывает возникновение анаэробных условий в поверхностных горизонтах профиля, увеличивает подвижность органического вещества,

разрушение почвенной структуры, коркообразование, слитизацию и другие неблагоприятные явления. Полив затоплением осуществляют по чекам или по обвалованным участкам (рисунок 4.14, В). Площадь чека обычно составляет от 1 до 50 га. Вода, поступившая в чек из выводной борозды временного оросителя, заполняет его слоем от 10 до 25 см. Такой полив возможен при выполнении тщательных планировочных работ. Неровности рельефа исключают возможность равномерного затопления, обуславливают застой воды в понижениях после окончания полива и вымокание культур. Поэтому при затоплении не допускается перепад высотных отметок на поле более 0,2 - 0,3 м.

Вода в чеки подается из временных оросителей через распределительную борозду. Каждый чек обслуживает одна такая борозда. При поливе затоплением используют значительные удельные расходы воды. Так, при поливе затоплением чеков площадью от 4 до 5 га удельный расход воды составляет от 20 до 40 л/с, при площади чека от 15 до 20 га удельный расход увеличивается до 60 - 80 л/с, при от 40 до 50 га - соответственно до 100 - 150 л/с га.



А - полив по бороздам; Б - полив по полосам; В - полив по чекам; 1 - поперечное сечение проточных или тупых борозд; 2 - борозды с террасками; 3 - борозды-щели.

Рисунок 4.14 – Поверхностные способы полива

Лиманным орошением называют периодическое орошение почв способом затопления водами поверхностного стока (главным образом водами весеннего стока). С помощью лиманного орошения, как правило, почвы можно полить один раз в год. Собственно лиманом называется орошаемый участок, огражденный в нижней части дамбой (валом), которая задерживает воды весеннего поверхностного стока. После увлажнения почвы лимана и осаждения частиц твердого стока на ее поверхности излишняя вода сбрасывается через устроенные в дамбе водовыпуски. Лиманное орошение имеет очевидное преимущество по сравнению с другими способами поверхностного орошения. Лиманы аккумулируют воды поверхностного стока в мощной толще рыхлых отложений, ограничивая или полностью снимая угрозу линейной и площадной эрозии почв водами весеннего паводка. Они позволяют получить за счет орошения дополнительный объем сельскохозяйственной продукции на территориях, не обеспеченных стабильными водоисточниками, часто в условиях сложного рельефа. Лиманное орошение может способствовать рассолению и рассолонцеванию почв. Оно дешево, не требует сложных инженерных решений и конструкций. Лиманное орошение является важным и пока неполно использованным фактором повышения плодородия почв степной и сухостепной зон. Особенно широкое распространение лиманное орошение получило в Поволжье, Западной и Восточной Сибири, Казахстане, на Северном Кавказе. Луговые угодья (мочаги, утужные земли) издавна использовались населением Хакасии, Бурятии и других районов для получения стабильных и высоких урожаев ценных кормовых трав с помощью лиманного орошения.

К недостаткам лиманного орошения следует отнести одноразовую возможность увлажнения почв; неоднородность увлажнения, особенно на глубоководных лиманах; изменчивость площади орошения по годам в зависимости от их обеспеченности осадками, поверхностным стоком, паводками; орошение территории только с небольшими уклонами (до 0,005).

В зависимости от геоморфологических, рельефных и других условий применяют одноярусные и ярусные (или многоярусные) мелководные и

глубоководные лиманы. К мелководным, обычно многоярусным (рисунок 4.15), относят лиманы с глубиной затопления менее 0,4 м; к глубоководным, обычно одноярусным, - лиманы с затоплением поверхности почвы слоем воды более 0,4 м.

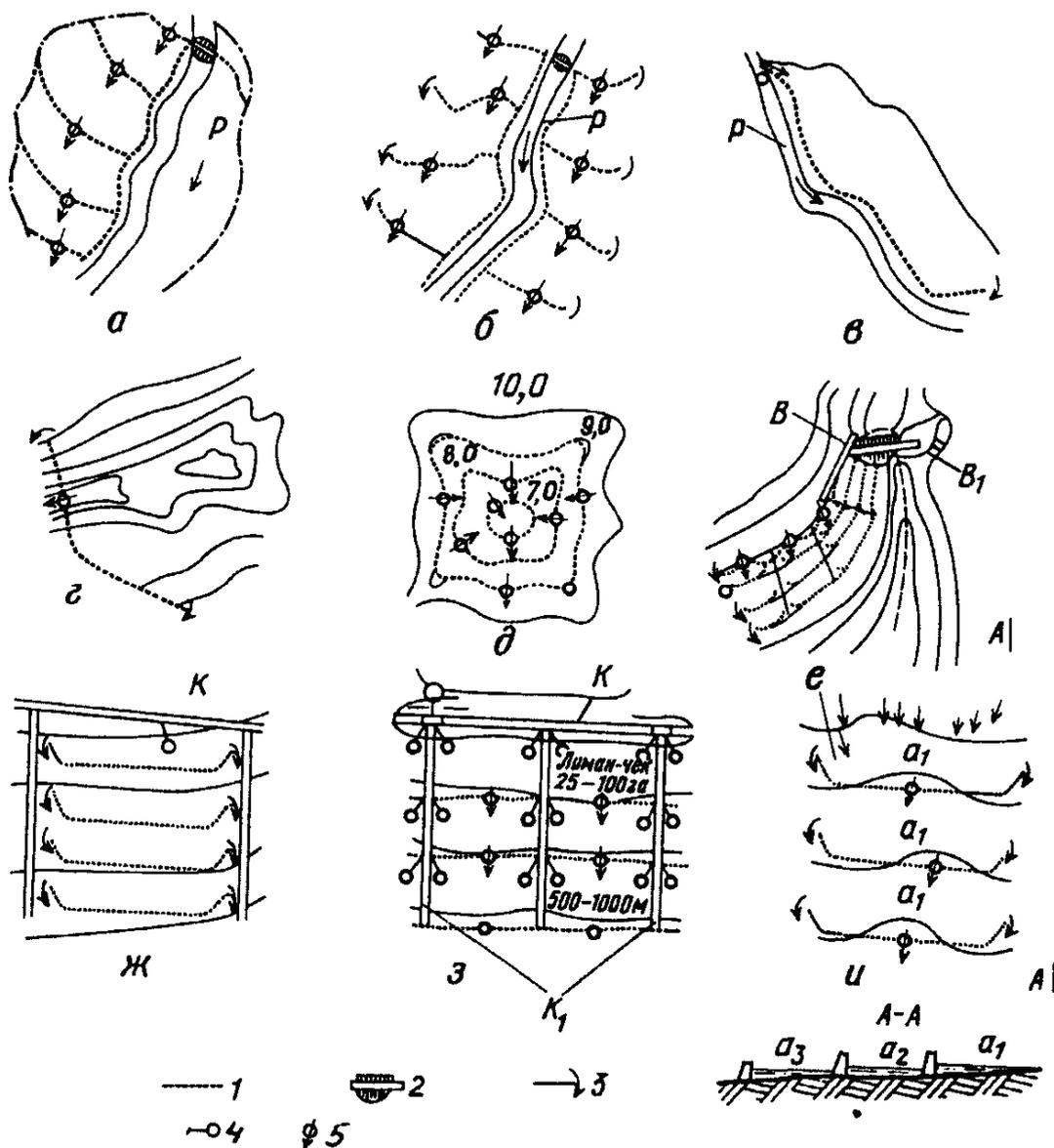
А.Н. Костяков выделяет следующие типы лиманов:

- лиманы непосредственного наполнения талой снеговой водой, стекающей с вышележащего водосбора;

- лиманы, наполняемые сбросными водами из водохранилищ различного типа через особый водоспускной канал или через водообход при плотине. Талая вода после наполнения водохранилищ сбрасывается не в балку, а в лиман. Лишняя вода, не вмещающаяся в лиман, поступает затем в балку;

- пойменные лиманы, устраиваемые в редко затопляемых поймах. Устройство пойменных лиманов часто преследует две цели: защиту речных пойм от длительного затопления при прохождении паводков и в то же время необходимое для растений увлажнение пойм паводковыми водами. Защита поймы обеспечивается за счет возведения дамб вдоль реки, как это показано на рисунке 4.16.

В межень река течет в своем бытовом русле, а в паводок ее живое сечение ограждено дамбами. Собственно пойменные лиманы получаются, если в дополнение к продольным дамбам устроить еще и поперечные валы. И в дамбах, и в валах делают водоперепускные отверстия с затворами для регулирования глубины затопления поймы. В паводок на пойменные лиманы запускают необходимое количество воды, а когда уровень воды в реке упадет до горизонта ниже отметки поймы, а грунт на пойме достаточно увлажнится, излишки воды из лиманов (если они окажутся) выпускают обратно в реку.



а - ярусные с пропуском паводка по пойме; б - ярусные в пойме реки; в – проточные; г - простой лиман; д - ярусные в котловине; е - ярусные с питанием из водохранилища; ж - ярусные с питанием из канала; з - оросительная система с лиманами-чеками; и - мелководный ярусный лиман. 1 - водоудерживающие валы; 2 – плотины; 3 - естественные водообходы; 4 – водовыпуски; 5 – водоспуски; P – река; B - водоспускной канат; B₁ – водослив; К – канал; К₁ - распределительные каналы; а₁, а₂, а₃- соответственно 1-й, 2-й и 3-й ярусы А-А - створ через а₁, а₂, а₃

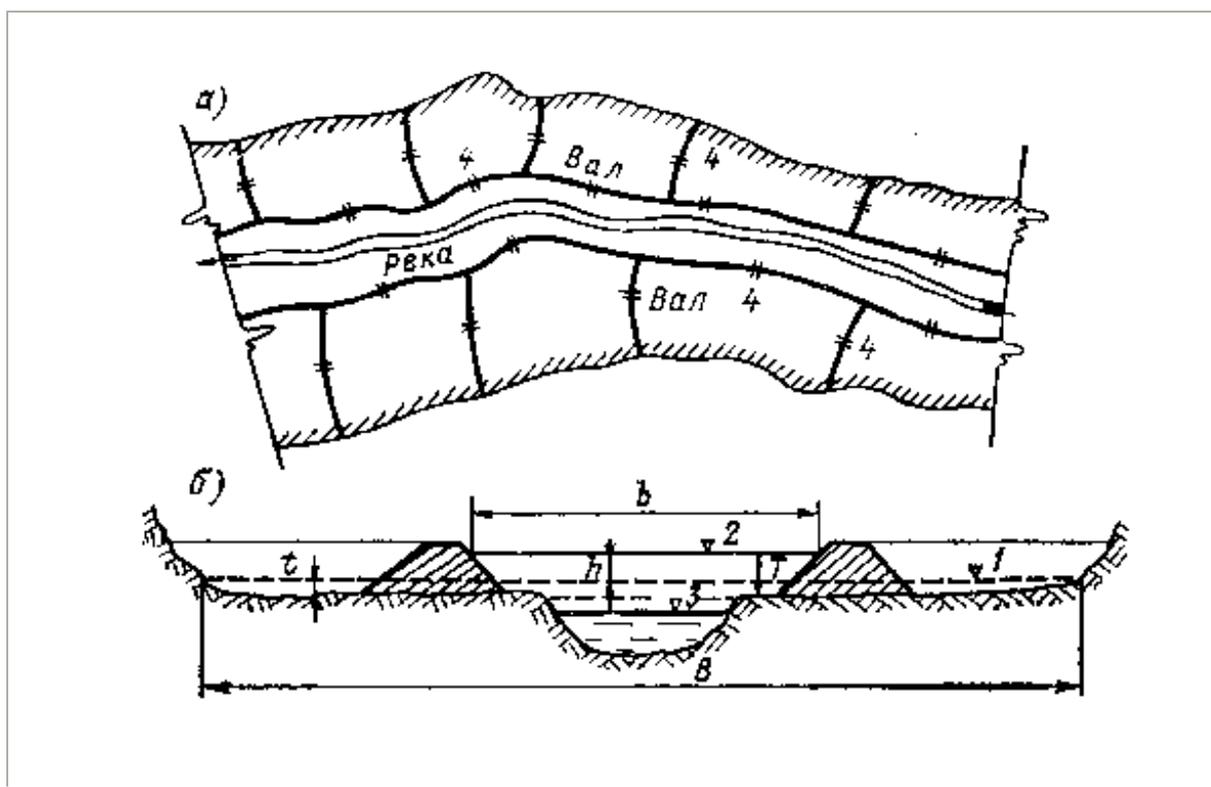
Рисунок 4.15 - Схема лиманов

(Л.Н. Костяков с изменениями В.В. Колпакова и И.П. Сухарева, 1981)

В физиологическом и хозяйственном отношениях предпочтительнее мелководные лиманы, так как они обеспечивают относительно равномерное увлажнение по сравнению с глубоководными. Продолжительность затопления лиманов составляет несколько суток. Сроки затопления должны быть увязаны с биологическими особенностями возделываемых культур. Так, для увлажнения естественных трав срок затопления не должен превышать 10 - 12 сут., люцерны – 6 – 10 сут., лесных полос – 2 - 5 сут. После установленного срока затопления оставшуюся в лимане воду сбрасывают через водовыпуски и приступают к полевым работам. Лиманы рассчитывают на поверхностный сток 50 - или 25 %-й обеспеченности.

Одноярусные лиманы устраивают на массивах с уклонами $0,001^\circ$ - $0,002^\circ$. При больших уклонах применяют многоярусные лиманы. Территория затопления делится на ярусы земляными валами. Поступающая с водосбора вода вначале заполняет верхний ярус, а затем через водовыпуски в теле валов и через водообходы на концах валов поступает в нижележащие ярусы лимана. Валы на мелководных лиманах имеют высоту от 0,5 до 0,8 м, на глубоководных - 2 м и более. Откосы валов укрепляют посевами луговых многолетних трав. Валы глубоководных лиманов строят так же, как невысокие земляные плотины.

Дождевание. При этом способе орошения вода, используемая для полива, разбрызгивается над орошаемым полем с помощью специальных дождевальных машин и установок. Орошение дождеванием имеет ряд преимуществ перед поверхностным орошением. При дождевании полностью механизмуется полив, значительно повышается производительность машин по уходу за сельскохозяйственными культурами из-за отсутствия на орошаемых участках густой поливной сети.



а - план ярусных лиманов-бассейнов на пойме; б - разрез; 1 - уровень паводка до постройки дамб; 2 - то же после их постройки; 3- меженный уровень; 4 - регуляторы.

Рисунок 4.16 - Пойменные лиманы

Наряду с почвой увлажняется и приземный слой воздуха, снижается температура и смывается пыль с поверхности листа, что значительно активизирует процесс фотосинтеза. Наиболее широко дождевание применяется на малоуклонных и практически безуклонных массивах, а также на полях со слишком большими уклонами и на почвах со значительной фильтрацией.

Конструкция поливной техники, используемой при поливах дождеванием, отличается большим разнообразием. Однако основными рабочими органами всех дождевальных машин и установок, распыляющими водяную струю на капли, являются разбрызгивающие насадки и дождевальные аппараты. По дальности полета капель воды рабочие органы дождевальных машинных установок делятся

на дальнеструйные (от 40 до 100 м), среднеструйные (от 15 до 35 м) и короткоструйные (от 5 до 8 м).

Дождевание - наиболее совершенный и перспективный способ полива. Оно имеет следующие преимущества по сравнению с поверхностным орошением: полная механизация работ; поливная норма 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; можно поливать участки с большими уклонами и со сложным микрорельефом. Забор воды возможен из каналов, идущих в выемке, а также из закрытой сети; исключаются работы по поделке поливных борозд, валиков, выводных борозд, улучшаются условия механизации посева, посадки, обработки и уборки сельскохозяйственных культур; улучшаются микроклимат и развитие корневой системы, активизируются процессы ассимиляции, повышаются плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур. Запланированный урожай можно получить при меньших (на 15 - 30 %) затратах воды, чем при поверхностном орошении; можно одновременно с орошением вносить в почву удобрения. В предгорных районах для дождевания возможно использование естественного напора.

Недостатки дождевания: высокие затраты металла на изготовление дождевальных машин, труб и аппаратуры; большая энергоемкость процесса дождевания; неравномерность полива при ветре; невозможность глубокого промачивания тяжелых почв при высокой интенсивности дождя без образования луж и поверхностного стока; нецелесообразность использования на тяжелых почвах в условиях сухого и жаркого климата.

Дождевание наиболее широко применяют на безуклонных и малоуклонных участках с почвами средней и высокой водопроницаемости для полива овощных, технических, зерновых культур, садов, питомников, лугов в зоне недостаточного увлажнения, где орошение только дополняет естественные осадки в засушливые периоды.

Орошение дождеванием незаменимо на участках со сложным рельефом, с близким залеганием грунтовых вод, со слабозасоленными и просадочными грунтами.

4.6 Изменение свойств почв под влиянием орошения и почвоохранные мероприятия

Орошение создает принципиально новый водный режим почв. Поэтому оно существенно меняет направленность почвообразования, эволюцию почв в условиях интенсивного антропогенного воздействия, их свойства, режим и плодородие. Орошение нередко создает новый тип почв и приводит не только к формированию новых почв, но и определяет вторичное изменение свойств почвообразующих пород и грунтовых вод. Таким образом, орошение оказывает глубокое влияние на ландшафт в целом.

В районах традиционного орошения воды крупных рек несут значительный объем твердого стока. Плотность суспензии в них составляет примерно от 4 до 10 кг/м³. Это значит, что при поливе напуском по полосам при поливной норме 1000 м³/га на каждом гектаре откладывалось только за один полив от 4 до 10 т минеральной взвеси. Эта взвесь и является материнской почвообразующей породой на орошаемых полях в условиях ирригационного агроландшафта. Такое количество взвеси достаточно для того, чтобы образовывать ежегодно на поверхности орошаемого поля слои ирригационного наилка мощностью от 2 до 6 мм. Культурно-поливные почвы на ирригационных наносах, как правило, обладают высоким плодородием, благоприятными физическими свойствами. Они отличаются высокими и равномерными по профилю значениями пористости и водопроницаемости. Однако в последние десятилетия сток на реках был зарегулирован каскадами плотин. Это создало весьма благоприятную обстановку для планомерного ведения орошаемого

земледелия, аккумуляции необходимого для орошения в маловодные периоды объема воды.

Существенное влияние на формирование почв оказывает дренаж. Глубокий горизонтальный дренаж снижает уровень грунтовых вод на орошаемом массиве и создает необходимые условия для формирования плодородных почв. В условиях обеспеченного дренажа на благоприятных (незасоленных) карбонатных почвах, содержащих гипс, возможна длительная и весьма эффективная культура орошаемого земледелия.

Нередко, однако, при обеспеченном дренаже на гидрокарбонатнокальциевых грунтовых водах в горизонтах почвенного профиля сохраняются или возникают зоны плотных карбонатных цементации. Эти новообразования резко ухудшают физические свойства орошаемых сероземов. В последние годы для увеличения мощности корнеобитаемых горизонтов и ликвидации вторичных водоупоров на орошаемых почвах применяют глубокое мелиоративное рыхление в сочетании с внесением повышенных доз органических удобрений.

Глубокий горизонтальный дренаж формирует необходимые условия для систематического отвода с орошаемой территории значительных масс солей. Если его действие стабильно, то в конечном итоге обычно формируется профиль орошаемой гидроморфной почвы сероземного типа с промывным водным режимом. Следует, однако, подчеркнуть, что характер вторичных трансформаций орошаемых почв тесно связан не только с природными условиями массива орошения, но и с комплексом инженерно-технических мероприятий по мелиорации почв. Так, глубокий горизонтальный дренаж способен сравнительно быстро опреснить поверхностные горизонты почв и грунтовых вод. Вакуумирование закрытого горизонтального дренажа ускоряет процесс рассоления в 2 - 3 раза. При этом солевые массы, залегающие глубже 5 - 8 м, не вовлекаются в общий процесс рассоления. В эксплуатационный период (после мелиорации) глубокий горизонтальный дренаж будет работать на удаление солей, поступающих с оросительными водами. Иная ситуация возникает при

применении вертикального дренажа и использовании дренажных вод вертикальных скважин для орошения. В этом случае в оборот включаются огромные запасы солей всей зоны влияния вертикального дренажа (т.е. толщи мощностью 40 - 150 м). Откачка подземных вод вертикальным дренажем вызывает миграцию на поверхность в десятки раз большие массы солей, чем горизонтальный дренаж. Возвратные воды вертикального (или комбинированного — горизонтального и вертикального) дренажа нередко отличаются особо высокой минерализацией. Поэтому применение тех или иных способов орошения, рациональное управление почвенным плодородием должны опираться на тщательный анализ всех статей водно-солевого баланса, формирующегося в условиях применения конкретных способов орошения и дренажа. Следует, однако, подчеркнуть, что такой анализ является необходимым и достаточным условием для зоны орошаемого земледелия Центральной Азии. Здесь высокое содержание углекислого кальция и гипса исключают ощелачивание и изменение катионного состава поглощающего комплекса почв, однако в степной зоне, особенно в зоне распространения черноземных и темнокаштановых почв, он должен дополняться тщательным прогнозом изменения их физико-химических свойств при орошении.

В безгипсовых черноземных и темнокаштановых почвах высока угроза перехода натрия из растворов в обменное состояние. Опасность этого явления оценивается по соотношению ионов натрия и кальция (магния) в водном растворе. Если соотношение $(Na + K)/(Ca + Mg) > 4$, то опасность осолонцевания весьма значительна. При соотношении, равном 1 - 4, она невелика и отсутствует полностью при соотношении $(Na + K)/(Ca + Mg) < 1$.

Если на орошение используют щелочные воды, содержащие бикарбонаты и карбонаты натрия (содержание HCO^3 больше $Ca^{2+} + Mg^{2+}$), то происходит быстрое ощелачивание почвы. Появляется обменный натрий в количестве, равном 15 – 20 % от емкости катионного обмена, в почве накапливается свободная сода, повышается ее щелочность, утрачивается структура, снижается водопроницаемость, усиливается коркообразование. Эти явления быстро

протекают в суглинистых и глинистых почвах, но слабо выражены или отсутствуют вообще в песчаных.

Несомненно, дренаж обеспечивает возможность мелиорации засоленных почв и гарантирует орошаемые массивы от угрозы вторичного засоления. Однако одновременно он усиливает и опасность экологической деградации территории в условиях орошаемого земледелия, поскольку дренажный сток транспортирует в водоприемник значительные массы водорастворимых солей, токсических дериватов гербицидов и других ядохимикатов, а также макро- и микроудобрений, тяжелых металлов. Опасность заключается не только в повышении концентрации солей в водах водоисточника, но и в их эвтрофировании. С такими явлениями мировая практика орошения сталкивается почти повсеместно. Поэтому следует существенно сократить общий объем дренажного минерализованного стока с оросительных систем, свести его к минимальным значениям. Эта задача может быть решена, прежде всего, в результате пересмотра поливных и оросительных норм; некоторого экономически оправданного снижения верхней границы увлажнения (с уровня ППВ до 0,95 - 0,90 ППВ); уточнения мощности активного слоя; опреснения поверхностных горизонтов способом вымывания, оттесняя токсические соли за пределы корнеобитаемой зоны. Этой цели служат также использование глубокого мелиоративного рыхления при промывках засоленных почв, усиливающее взаимодействие промывных вод и солей, биологический дренаж и другие мероприятия. В результате применения этих и других мер можно сократить дренажный водоотвод на засоленных почвах до 10 – 15 %, а на незаселенных автоморфных - до 5 – 8 %.

Значительную роль в орошаемом земледелии южных районов страны приобретает культура риса, возделываемая в условиях длительного затопления. Она позволяет не только получить значительный объем ценной продовольственной продукции, но и мелиорировать сильнозасоленные почвы. Поливная культура риса на фоне глубокого горизонтального дренажа позволяет промыть и ввести в интенсивное и стабильное сельскохозяйственное использование крупные массивы ранее бесплодных, сильнозасоленных почв и

солончаков. Вместе с тем при отсутствии глубокого дренажа или его недостаточной интенсивности урожаи риса оказываются низкими, а на смежных участках обычно возникают заболоченность и засоленность почв. Исследования В.А. Ковды, М.Б. Минкина, А.Г. Андреева и других показали высокую динамичность химических свойств почв и вод при культуре риса. Так, их щелочность в рисовых чеках резко возрастает в середине солнечного, жаркого дня. Это связано с интенсивной фотосинтетической активностью водорослей (альгофлоры) и высших растений и снижением растворимости CO_2 при повышении температуры оросительных вод. В воде уменьшается содержание бикарбонатов натрия, магния и кальция. В растворе преобладают Na_2CO_3 и MgCO_3 , а CaCO_3 выпадает в осадок. При этом существенно возрастает щелочность. Вечером и ночью фотосинтез ослабевает, а температура воды понижается. В результате возрастает концентрация CO_2 . Следствием этих изменений является уменьшение щелочности. Колебания значений рН оказываются столь значительными, что могут отрицательно влиять на урожай.

Необходимо подчеркнуть, что при низких концентрациях солей в промывных водах после удаления водорастворимых соединений из толщи засоленных почв возможен гидролиз обменного натрия почвенных коллоидов. В результате возникают гидрат окиси натрия и карбонат натрия, резко возрастают значения рН, происходит диспергация почвенных агрегатов, активная деградация почвенного профиля. Б.Г. Розанов с соавторами (1989) наблюдали увеличение подвижности и потерю органического вещества в почвах на рисовых системах, возникновение железистых сегрегированных гидроокисных конкреционных новообразований типа ортштейнов, уплотнение почв и ухудшение их физических свойств.

Из этого следует, что благоприятные условия в орошаемых черноземных и каштановых почвах, используемых для культуры риса, можно создать на фоне дренажа, внесения органических удобрений, небольших доз гипса и активной аэрации глубоких горизонтов почвенного профиля с помощью кротования и глубокого рыхления. Эти мероприятия по дренированию, кротованию, глубокому

рыхлению и введение травопольных севооборотов с участием люцерны необходимы еще и потому, что почвы под рисом должны активно проветриваться для окисления возникающих при затоплении токсичных соединений закисного железа, марганца, а также сероводорода, водорода, метана, аммиака и др.

Таким образом, рациональное ведение культуры риса связано с анаэробной фазой длительного обводнения, периодически сменяющейся аэробной после сброса вод, затапливающих рисовый чек. Орошение черноземных почв для возделывания зерновых и других полевых культур на фоне бездренажной ирригации, как правило, быстро приводит к существенному подъему уровня грунтовых вод. Автоморфные черноземы переходят в категорию гидроморфных почв, уровни грунтовых вод поднимаются на отметки, близкие к критическим (3 - 5 м). Весьма эффективным в этом случае оказывается вовлечение в орошение на фоне дренажа южных и, реже, обыкновенных черноземов, приуроченных к ареалам распространения сульфатно-кальциевых или гидрокарбонатно-кальциевых грунтовых вод с рН менее 8 и соотношением $Na/(Ca + Mg)$ менее 1,5 - 2,0. В иных случаях грунтовые и оросительные воды оказываются весьма опасными, несмотря на низкие концентрации в них натрия. Бездренажное орошение является причиной быстрого осолонцевания почв, их интенсивного поверхностного уплотнения, слитизации и часто оглеения.

Если орошение осуществляется пресными водами и на фоне дренажа, но с периодическими переполивками, то в этом случае формируется застойно-промывной водный режим с частой сменой аэробных и анаэробных условий. При таком режиме также может возникать процесс глееобразования, имеющий пульсирующий характер. Следствием этого процесса является несбалансированный вынос железа, кальция, магния, подкисление среды, переход гуматного гумуса в фульватный, возникновение лессиважа. В результате черноземы и каштановые почвы подвергаются интенсивной деградации и в конечном итоге оподзоливанию. В поверхностных слоях почвенного профиля возникает элювиальный, часто осветленный горизонт с кислой реакцией. Профилактика этого опасного явления связана с необходимостью исключения

причин возникновения процесса глееобразования в условиях пульсирующего режима, т.е. устранения переполивов, внесения в почву извести, улучшения физических свойств почв путем введения травопольного орошаемого земледелия, устранения факторов уплотнения почв и др.

Орошение почв аридной и полуаридной зон является достаточно очевидным и необходимым мероприятием, если оно улучшает экологическую обстановку и оправдано в экономическом отношении. Значительно сложнее решается этот вопрос применительно к черноземным почвам степи и лесостепи. В.В. Докучаев обращал особое внимание на то, что в этих природных зонах необходимо прежде всего сохранять благоприятные физические свойства почв, особенно их структурное состояние. Поэтому орошение многолетних трав, обладающих высоким водопотреблением и мощной корневой системой, обычно целесообразно в таких условиях. В равной мере это справедливо для садов, ягодных кустарников, а также для многих овощных. Однако целесообразность орошения культур полевых севооборотов должна рассматриваться в строгом соответствии с климатическими условиями лесостепной и степной зон и подтиповой принадлежностью почв.

В Нечерноземной зоне страны в областях, приуроченных к подзонам распространения подзолистых, болотно-подзолистых, дерново-карбонатных, дерново-глеевых и бурых пойменных почв, орошение применяют главным образом при возделывании овощей, кормов, садов. Значительный эффект дает орошение картофеля при его возделывании на почвах легкого гранулометрического состава.

В Нечерноземной зоне страны орошение применяют главным образом в хозяйствах, специализирующихся на производстве овощей и кормов. Здесь нет угрозы вторичного засоления, осолонцевания, ощелачивания почв, слитизации, однако орошаемое земледелие в этих условиях сталкивается с серьезной угрозой деградации почв при монокультуре овощных пропашных. Эта Угроза особенно отчетливо проявляется в последние годы в поймах, покров которых в исходном состоянии обычно образуют структурные зернистые почвы. Стабилизация их

физических свойств возможна только в том случае, если они используются в системе травопольных севооборотов, насыщенных луговыми травами. Особенно опасно в лесной зоне, так же как и на черноземах, при орошении почв использовать тяжелую колесную обрабатывающую и уборочную технику с высоким удельным давлением. Уплотнение орошаемых почв в результате применения такой техники сопровождается падением их водопроницаемости, резким увеличением поверхностного стока, его аккумуляцией в низинах, депрессиях и локальных понижениях. Эти явления вызывают перегрузку дренажа, вымокание культур и другие неблагоприятные последствия.

Известны сведения и о том, что дождевание осушенных торфяных почв при глубоком залегании грунтовых вод (на глубине 1 м и более) вызывает интенсификацию микробиологической активности и ускоренную сработку торфа.

Наконец, орошение почв в гумидной зоне связано с проведением планировочных работ, в ходе которых осуществляется устранение неровностей, западин, отдельных земляных выемок и др. Поскольку почвы здесь имеют весьма незначительный гумусовый горизонт, эти мероприятия могут существенно снизить их продуктивность, поэтому они должны осуществляться только при условии неперемного восстановления утраченного плодородия почв.

Контрольные вопросы

- 1 Понятие оросительных мелиораций.
- 2 Конструкция оросительной системы.
- 3 Источники воды для орошения.
- 4 Оценка пригодности поливной воды для орошения.
- 5 Техника полива: виды орошения.
- 6 Техника полива: поверхностное орошение.
- 7 Техника полива: дождевание.
- 8 Изменение свойств почв под влиянием орошения и почвоохранные мероприятия.

5 Мелиорация засоленных и кислых почв. Химические мелиорации

5.1 Причины соленакопления и засоления почв

Засоленные почвы тяготеют главным образом к сухостепным и аридным территориям. В меньшей мере они распространены в степной зоне. На огромных пространствах Нечерноземья засоленные почвы встречаются локально, на весьма ограниченных территориях, являясь, по существу, индикаторами эндемичных геологических условий, приводящих к соленакоплению. Так, в гумидных ландшафтах Нечерноземья засоленные почвы распространены в районе Березняковского калийного комбината, тяготея к сильвинитовым месторождениям. Они встречаются на ограниченных участках Беломорского побережья, в местах выклинивания напорных гипсоносных вод татарского и казанского ярусов в поймах и речных долинах Среднерусской провинции и в других районах. Однако в целом в Нечерноземье засоленные почвы не имеют практического значения. Их широкое распространение в сухостепных и аридных областях определяется особенностями климата, геологического строения и гидрологией суши этих территорий.

Засоленные почвы в целом в странах СНГ занимают относительно небольшую площадь (3,4 %, или 750 000 км²). Однако они играют важную роль в орошаемом земледелии по ряду причин. Во-первых, их сельскохозяйственное освоение тесно связано с необходимостью выполнения сложного комплекса специальных мелиоративных мероприятий по рассолению. Во-вторых, засоленные почвы могут возникать в процессе эксплуатации незаселенных массивов в результате вторичного засоления. Поэтому при орошении особенно важны своевременный прогноз возможности возникновения вторичного (антропогенного) засоления и разработка комплекса мероприятий по его предупреждению. В-третьих, ареал засоленных почв динамичен, поскольку

рассоление почв может сопровождаться одновременным появлением новых ареалов засоления на смежных территориях.

В сухостепных и пустынных зонах засоленные почвы тяготеют главным образом к межгорным котловинам, древним речным долинам, современным поймам и дельтам, к основаниям пролювиальных шлейфов сухостепных, полупустынных территорий и пустынь. На этих геоморфологических структурах абсолютная площадь засоленных почв в двух рассматриваемых зонах оказывается весьма значительной.

Учение о засоленных почвах развивалось плеядой крупных почвоведов-мелиораторов. В 20 – 30-х годах над этой проблемой работали академики Б.Б. Польшов, Н.А. Димо, В.Р. Вильяме, профессора В.С. Малыгин, М.А. Панов и другие исследователи. Крупные исследования в 30 – 60-х годах были предприняты профессорами В.А. Ковдой, А.Н. Розановым, В.Р. Волобуевым, Л.П. Розовым, И.Н. Антиповым-Каратаевым, Н.А. Качинским, С.А. Владыченским, А.А. Роде, Н.И. Базилевич, В.В. Егоровым, Ю.П. Лебедевым, С.П. Рыжовым, П.А. Керзум, Г.П. Петросяном и др.

За рубежом проблемы генезиса засоленных почв активно разрабатывали А.А. Зигмонд, Е. Гильгардт, Л.А. Ричарде, М.Е. Самнер, Е. Бреслер, К. Сабольч, К. Дараб и многие другие исследователи.

Возникновение засоленных почв связано с естественными циклами соленакопления, протекающими на огромных пространствах суши земного шара. В.А. Ковда различает следующие циклы соленакопления:

1) *континентальное соленакопление*. Оно связано с движением, перераспределением и аккумуляцией углекислых, сернокислых и хлористых солей во внутриматериковых бессточных областях. Внутри этого соленакопления выделяют первичные и вторичные циклы.

Первичные циклы континентального соленакопления обусловлены аккумуляцией солей в почвах и водах, возникающих в процессе выветривания и почвообразования.

Вторичные циклы рассматриваются как процессы перераспределения

солей, ранее аккумулярованных в толще осадочных соленосных пород;

2) *приморское соленакопление* обусловлено аккумуляцией морских солей, хлоридов и сульфатов натрия и магния в прибрежно-морских низменностях и по берегам мелководных заливов;

3) *дельтовое соленакопление* характеризуется сложным сочетанием процессов движения и аккумуляции солей, приносимых с континента рекой и долино-дельтовым грунтовым потоком, и солей, поступающих в разное время со стороны моря.

В прикладном отношении важное значение имеют причины засоления почв. Аккумуляция солей в горизонтах почвенного профиля обусловлена следующими факторами:

1) поступлением солей из засоленных грунтовых вод;

2) перераспределением солей, возникающих в процессе выветривания горных пород, под действием поверхностных вод и их аккумуляцией в почвах пониженных элементов рельефа;

3) переносом солей ветром (импульверизация) в виде капель и твердых аэрозолей в бассейнах соленых озер, морей, с поверхности солончаков;

4) трансформацией нейтральных или пассивных продуктов выветривания под влиянием почвообразования в токсические водорастворимые соединения.

Вторичным растворением солей, содержащихся в почвообразующих и подстилающих породах, пресными ирригационными водами, их переносом и аккумуляцией в горизонтах почвенного профиля.

Независимо от типа и степени следует различать первичное и вторичное засоление почв. *Первичным засолением* называют естественное накопление в почве солей вследствие испарения грунтовых вод, соленосности материнских пород или в результате воздействия эоловых, биогенных и других факторов. *Вторичное засоление* связано с накоплением в почве солей, возникающих в результате искусственного изменения водного режима (например, при неправильном орошении). Вторичное засоление почв может возникать в незаселенных или первично засоленных почвах. В большинстве случаев

вторичное засоление почв обусловлено перемещением к поверхности водорастворимых солей из глубоких слоев почвообразующих и подстилающих пород и грунтовых вод или связано с притоком минерализованных вод с вышерасположенных орошаемых массивов. Вместе с тем вторичное засоление может быть обусловлено и техникой полива. Так, при орошении дождеванием культур малыми частыми поливами водами с невысокой минерализацией в условиях аридного климата возможно накопление в поверхностных горизонтах токсичных солей, отрицательно влияющих на свойства почв и продуктивность растений. Во всем мире не менее 40-50% площади орошаемых земель в аридной зоне подвержено вторичному засолению и осолонцеванию. Эти земли дают низкие урожаи или вообще выпали из сельскохозяйственного использования.

Наиболее интенсивно вторичное засоление развивается на массивах с недостаточной дренированностью, приуроченных к дельтам, пойменным и надпойменным террасам, приозерным и приморским низменностям. В меньшей мере вторичное засоление проявляется на высоких террасах, предгорных и водораздельных равнинах, особенно в тех случаях, когда почвы этих территорий подстилаются хорошо фильтрующими породами - песками, песчано-галечниковым и валунно-галечниковым аллювием.

В развитии вторичного засоления на орошаемой территории можно обнаружить определенную стадийность. Выделяют три стадии вторичного засоления почв:

- 1) засоление почв вдоль новых оросительных каналов;
- 2) общее засоление орошаемой территории;
- 3) рассоление староорошаемой территории и засоление пустующих пространств.

Первая стадия вторичного засоления характеризуется интенсивной фильтрацией воды из новых каналов и повышением уровня грунтовых вод в зоне влияния канала. Вдоль канала образуется зона вторичного засоления почв.

На второй стадии развивается общее засоление почв орошаемой территории. Вторая стадия реализуется в несколько этапов:

- 1) сезонное пятнистое засоление;
- 2) постоянное пятнистое засоление;
- 3) сплошное засоление.

Если территория плохо дренирована, в породах содержатся значительные запасы солей, поливные воды минерализованы и ограничены, а испарение велико, вторичное засоление сохраняется длительное время. На оросительных системах с более благоприятными природными условиями поступление пресных поливных вод вызывает рассоление территории. Это третья стадия развития вторичных явлений на орошаемом массиве. Рассоление происходит в том же порядке, в каком происходило засоление. Вначале опресняются территории вдоль каналов, затем происходит рассоление всей орошаемой территории. Соли с орошаемой территории вытесняются на их периферию и далее за пределы орошаемых земель на неорошаемые участки. Возникает так называемое периферийное засоление орошаемых оазисов. Чем старше орошаемый массив, тем более выражен процесс рассоления центральной его части и засоления периферии и прилегающих неорошаемых земель. Возможен обратный процесс передвижения солей из периферии к центру. Стадии вторичного засоления протекают в зависимости от степени минерализации грунтовых вод. При низкой минерализации вторичное засоление начинается со стадии периодического пятнистого засоления, которое сменяется постоянным пятнистым засолением. При сильной минерализации грунтовых вод процесс засоления протекает так, как это описано выше.

5.2 Классификация солонцов и солончаков

Солончаками и солончаковатыми почвами называют почвы, в которых содержание токсических водорастворимых солей столь значительно, что оно обуславливает угнетение или гибель сельскохозяйственных (лесохозяйственных) культур. В солончаках водорастворимые токсичные соли независимо от типа

химизма аккумулярованы в поверхностных горизонтах почвенного профиля. В соответствии с классификацией Почвенного института им. В.В. Докучаева к засоленным относят почвы, в профиле которых в пределах двухметровой толщи выделяется солевой горизонт мощностью 5 см и более, содержащий легководорастворимые соли в количестве, превышающем порог токсичности, принятый для среднесолестойких культур. Для отдельных анионов установлены следующие пороги токсичности при всех типах засоления:

	CO_3^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}
%	0,001	0,01	0,06	0,08
ммоль/100 г	0,03	0,3	1,0	1,6

Почвы, в которых солевые горизонты залегают глубже 2 м, или почвы на грунтовых водах повышенной минерализации (более 3 г/л) относят к потенциально засоленным.

По глубине залегания верхней границы соленосных горизонтов засоленные почвы подразделяются на:

- солончаковые (включая солончаки) – от 0 до 30 см;
- высокосолончаковатые – от 30 до 50 см;
- солончаковатые – от 50 до 100 см;
- глубокозасоленные – от 100 до 200 см;
- потенциально засоленные - глубже 200 см.

По мощности солевого горизонта почвы подразделяются на:

- маломощные - солевой горизонт менее 30 см;
- среднемощные - солевой горизонт от 30 до 100 см;
- мощные - солевой горизонт более 1 м.

По строению солевого профиля почвы следует дифференцировать на три группы:

- с солончаковым солевым профилем - максимум солей в его верхней части (при этом выделяют почвы с подвешенным солончаковым солевым профилем, в

которых соли сосредоточены в слое от 0 до 50 см, а глубже почва не засолена);

- с призмовидным солевым профилем - соли распределены по профилю почвы относительно равномерно;

- с пирамидальным солевым профилем - содержание солей нарастает вниз по профилю.

Подразделение собственно засоленных почв по степени и типу засоления достаточно сложно. В полевых условиях трудно произвести такое деление и классифицировать почвы по их морфологии. Наиболее отчетливо можно дифференцировать в полевых условиях сильнозасоленные почвы (солончаки).

Солончаки подразделяют на *автоморфные и гидроморфные*: первые формируются в условиях глубокого залегания грунтовых вод - глубже 6 м, вторые - с залеганием грунтовых вод выше 3 м. При залегании грунтовых вод на глубине от 3 до 6 м выделяют полугидроморфные почвы. Автоморфные солончаки формируются преимущественно на соленосных породах в полупустынной и пустынной зонах. Гидроморфные солончаки подразделяют на подтипы: соровые, болотные, луговые, типичные. Соровые солончаки возникают при усыхании бессточных соленых водоемов; болотные - в результате засоления болотных и лугово-болотных почв; луговые солончаки формируются при засолении луговых почв.

Солончаки *по морфологии* подразделяются на мокрые, пухлые, такыровидные, корковые, черные. Мокрые солончаки отличаются скоплением гигроскопических солей (в частности, хлористых кальция и магния), влажные на ощупь, они имеют темную окраску. Пухлые солончаки - рыхлые в засоленном горизонте за счет скопления в нем глауберовой соли - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$. Ее кристаллизация связана с увеличением объема за счет поглощения десяти молекул воды; при этом происходят перемещение и разрыхление почвенных частиц. Такыровидные солончаки характеризуются наличием на поверхности мощной корки, разбитой трещинами на полигональные отдельности. Корковые солончаки на поверхности имеют тонкую солевую корку. Черные солончаки возникают в условиях содового засоления. Высокое содержание натрия резко

повышает подвижность органического вещества, которое накапливается на поверхности солончака в виде характерных кожистых черных пленок.

5.3 Тип и степень засоления почв

При мелиоративной оценке засоленных почв особое значение имеет их характеристика по типу химизма (качественному составу солей) и степени засоления. Наличие ряда солей в почве (например, водорастворимого гипса, бикарбоната кальция) не оказывает токсичного действия на растения. Поэтому общая сумма солей и отдельных ионов далеко не всегда свидетельствует об их неблагоприятных концентрациях. В настоящее время экологическое действие солей принято оценивать по содержанию в почве (и в водах) токсичных ионов и солей.

К токсичным относят ионы, способные образовывать токсичные соли. Например, ионы хлора, натрия, магния. Ионы SO_4 и HCO_3 токсичны только в том случае, когда они образуют натриевые и магниевые соли. Гипс $CaSO_4 \times 2H_2O$ и карбонаты (бикарбонаты) кальция нетоксичны. Их присутствие не оказывает токсичного действия на растения. Н.И. Базилевич и Е.И. Панкова рекомендуют оценивать засоление по токсичным ионам или по сумме токсичных солей, перешедших в водную вытяжку.

Сумма токсичных солей - это соли, перешедшие в водную вытяжку, минус водорастворимые соли гипса и карбонатов кальция. Водная вытяжка является основным методом исследования засоленных почв, позволяющим установить степень и характер их засоления. В водной вытяжке обычно определяют плотный (сухой) и прокаленный остаток, щелочность от нормальных карбонатов и бикарбонатов, хлор-ион, сульфат-ион, ионы кальция, магния, натрия и калия, т.е. почти весь состав легкорастворимых солей.

Общее представление о степени засоления почвы можно получить по

величине плотного (сухого) остатка, сравнивая ее с существующей группировкой почв (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Группировка почв по степени засоления

Степень засоления	Величина плотного (сухого) остатка, %
Незасоленные	< 0,3
Слабозасоленные	0,3 - 0,5
Среднезасоленные	0,5 - 1,0
Сильнозасоленные	1,0 - 2,0
Очень сильнозасоленные	> 2,0

Однако следует иметь в виду, что в плотный остаток могут входить не только водорастворимые соли, но и механические примеси (коллоидные частицы). При этом сами водорастворимые соли могут быть токсичными или нетоксичными для растений. Поэтому крайне важным и необходимым условием изучения засоленных почв является определение качественного и количественного содержания ионов в водной вытяжке и возможные варианты их связи в токсичные или нетоксичные соли.

Определив количественное содержание ионов в ммоль/100 г, а затем, пересчитав их в проценты, можно на основании этих данных сделать определенные выводы о химизме засоления, степени засоления по величине уже какого-то одного преобладающего иона, о характере процесса засоления почв и его направленности и т.д.

Для практических мелиоративных целей важное значение имеет установление химизма (типа) засоления. Его определяют по преобладанию какого либо иона в водной вытяжке, либо по определенному соотношению их. Качественная характеристика типа засоления в первую очередь дается по соотношению анионов Cl^-/SO_4^{2-} ; SO_4^{2-}/Cl^- ; $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-}$ и в виде дополнения еще

по соотношению катионов $Na^+ + K^+ / Ca^{2+} + Mg^{2+}$; $Ca^{2+} + Mg^{2+} / Na^+ + K^+$; Mg^{2+} / Ca^{2+} (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Тип засоления почв

По анионам, моль			
Тип засоления	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^-}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^- + SO_4^{2-}}$
Хлоридный	> 2	< 0,5	-
Сульфатно-хлоридный	2 - 1	0,5 - 1,0	-
Хлоридно-сульфатный	1 - 0,2	1,0 - 5,0	-
Сульфатный	< 0,2	> 5,0	-
Карбонатно-сульфатный	< 0,2	> 5,0	1
Сульфатно-содовый	-	-	2
По катионам, моль			
Тип засоления	$\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^+ + K^+}$	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$
Натриевый	> 2	< 0,5	-
Магниево-натриевый	1 - 2	0,5 - 0,1	> 1
Кальциево-натриевый	1 - 2	0,5 - 1,0	< 1
Кальциево-магниевый	< 1	> 1	> 1
Магниево-кальциевый	< 1	> 1	< 1
Магниевый	< 2	-	-

В смешанных типах засоления преобладающий ион находится на последнем месте. Обычно в наименование типа засоления включаются анионы, содержание которых превышает 20 % общей суммы анионов в моль. Исключение составляет ион CO_3^{2-} , который включается в название, даже если его содержание менее 20 %, но более 0,03 ммоль/100 г почвы с добавлением к названию «с участием соды». То же следует делать в отношении ионов HCO_3^- , если количество

их в водной вытяжке превышает 1,4 ммоль на 100 г почвы, а HCO_3^- больше $\text{Ca} + \text{Mg}$. Если повышенное содержание HCO_3^- обусловлено $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, тип засоления определяется как гидрокарбонатный.

При установлении типа засоления в различных горизонтах почв, определяющее название для почвенного профиля дается по горизонту максимального соленакопления.

В зависимости от типа (химизма) засоления группировка почв по степени засоления как по общему содержанию солей, определяемых по плотному остатку, так и по преобладающим ионам (как правило анионам), будет иметь различные числовые значения (таблица 5.3).

Данные таблицы 5.3 свидетельствуют о том, что чем агрессивнее (токсичнее) ион, тем меньший порог устойчивости для растений и наоборот. Для растений наиболее вреден содовый тип засоления, за ним следует хлоридный и сульфатно-хлоридный.

Исследования В.А. Ковды, А.И. Кондорской и других показали, что типы засоления почв имеют весьма закономерные географические ареалы. Так, ареалы содового соленакопления встречаются преимущественно в лесостепной и степной зонах. Хлоридно-сульфатное и сульфатно-хлоридное соленакопление доминируют в пустыне и полупустыне. Хлоридное соленакопление имеет место в приморской части Прикаспийской низменности. Сульфатное засоление встречается в степной и сухостепной зонах.

Значение дифференциации почв по степени засоления весьма актуально в прикладном отношении, по крайней мере, по двум причинам. Во-первых, она позволяет количественно установить возможность использования почв в сельскохозяйственном производстве. Во-вторых, на этой основе возникает возможность определить необходимость их мелиорации

Таблица 5.3 – Группировка почв по степени засоления при разном химизме засоления

Степень засоления	Хлоридный и сульфатно-хлоридный		Сульфатный и хлоридно-сульфатный			Содовый и смешанного типа			
	Плотный остаток	Cl ⁻	Плотный остаток	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Плотный остаток	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻ *
	Содержание солей в % от веса сухой почвы.								
Незасоленные	< 0,3	< 0,01	< 0,3	< 0,01	< 0,1	< 0,1	0,01	0,02	< 0,06
Слабозасоленные	0,3 - 0,5	0,01 - 0,05	0,3 - 1,0	0,01	0,1 - 0,4	0,1 - 0,3	0,01	0,05 - 0,1	0,1 - 0,2
Среднезасоленные	0,5 - 1,0	0,05 - 0,10	1,0 - 2,0	0,05	0,4 - 0,6	0,3 - 0,5	0,01	0,2	0,2-0,3
Сильнозасоленные	1,0 - 2,0	0,1 - 0,2	2,0 - 3,0	0,10	0,6 - 0,8	0,5 - 0,7	0,02	0,2	0,3-0,4
Очень сильнозасоленные	> 2,0	> 0,2	> 3,0	-	> 0,8	> 0,7	0,02	0,2	> 0,4
<p>Примечание - Ион HCO₃⁻ при хлоридном, сульфатно-хлоридном, хлоридно-сульфатном и сульфатном типе засоления не принимается во внимание и не имеет придержек; ион SO₄²⁻ не имеет придержек при хлоридном и сульфатно-хлоридном типе засоления.</p>									

5.4 Способы удаления солей из профиля засоления почв

Основным и наиболее надежным способом удаления солей при мелиорации засоленных почв в настоящее время следует признать сквозную промывку почв на фоне горизонтального, вертикального или комбинированного дренажа. Этот прием позволяет создать на орошаемом массиве (в случае, если почвы не обеспечены благоприятным естественным дренажем) необходимые условия для устойчивого промывного режима и отвода соленых растворов за пределы орошаемого поля. Кроме этого приема в мелиоративной практике одновременно со сквозными промывками или независимо от них применяют и другие способы удаления солей — механическое удаление солей с поверхности, запашка солей, поверхностные промывки, вымывание солей и др.

Способ *механического удаления солей* заключается в сгребании солевой корки солончаков или сильнозасоленных почв тракторными скребками и последующей транспортировке собранных таким образом солей за пределы орошаемого массива. Способ применим, главным образом, на сильнозасоленных почвах. Механическое удаление солей полезно проводить перед промывками, так как это способствует сокращению расхода промывных вод на рассоление и ускоряет процесс рассоления.

Запашка солей применяется на слабозасоленных почвах в тех случаях, когда нижние горизонты профиля свободны от солей, а их незначительные повышенные концентрации небольшой мощности сосредоточены в поверхностных горизонтах профиля. Перепашка при относительно мощном гумусном горизонте создает условия для равномерного разбавления солей в мелкозем пахотного горизонта до уровня концентраций, не препятствующих нормальному росту и развитию сельскохозяйственных растений.

Для удаления солей из корнеобитаемых горизонтов тяжелых почв с низкой водопроницаемостью, высокой влагоемкостью и высоким содержанием солей применяют *поверхностные промывки*. При поверхностной промывке удаление

солей из верхних горизонтов происходит путем декантации, т.е. систематического растворения солей в промывных водах и их сброса. Повторная декантация новыми порциями воды осуществляется за один прием 2 - 3 раза. Этот способ используют на тяжелых почвах с высоким содержанием солей в верхних горизонтах и относительно низким содержанием солей в глубоких слоях почвенного профиля. Способ предполагает применение значительных масс воды (до 20 - 30 тыс. м³/га); он позволяет совмещать поверхностную промывку и вымывание солей с рисосеянием или разведением рыбы на орошаемых массивах.

На слабозасоленных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод временное опреснение почв может быть достигнуто путем оттеснения, вымывания солей в нижние горизонты профиля. При этом, однако, соли не поступают в грунтовый поток. Этот способ можно использовать при условии, что взрослые растения переносят свойственное данной почве засоление, а для молодых создается благоприятная обстановка после полива, направленного на вымывание солей в нижние горизонты профиля в начальные фазы вегетации.

Сквозной промывкой называется промывка водорастворимых солей из всей толщи горизонтов почвенного профиля, вынос солей в грунтовой поток и их удаление в условиях естественного или искусственного дренажа за пределы орошаемого массива. При сквозной промывке возможно опреснение не только почвенной толщи, почвообразующих и подстилающих пород, но и поверхностных слоев грунтовых вод. Таким образом, только сквозные промывки на фоне дренажа могут обеспечить создание условий на объектах орошения, исключающих реставрацию засоления

Отрицательные свойства сильнозасоленных почв и солончаков могут быть в известной мере ослаблены в результате их **биологической мелиорации**. Этот вид мелиорации осуществляется путем возделывания на засоленных почвах галофитов. Галофиты способны поглощать до 20-50 % солей от собственной сухой массы. Скашивание и удаление солянок позволяет освободить поверхностные горизонты от части солей. Кроме того, солянки затеняют почву, обогащают ее верхние горизонты органическим веществом. Способ

биологической мелиорации оказывается более эффективным при использовании его на слабозасоленных почвах. Здесь возможно возделывание таких ценных луговых трав, как пырей, донник, лядвенец, полевица, солончаковатый ячмень и др.

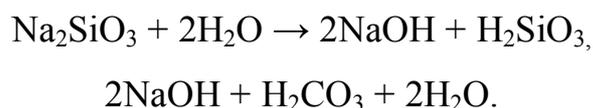
Рассмотренные вопросы мелиорации засоленных почв имеют общий характер и применимы для обширной, широко распространенной группы почв с хлоридным, сульфатным, хлоридно-сульфатным и сульфатно-хлоридным засолением. В их профиле содержатся легководорастворимые соли, которые выносятся с током инфильтрующейся воды. Удаление токсических концентраций солей осуществляется относительно легко при регулярных эксплуатационных промывках.

Наряду с этой группой существуют и другие засоленные почвы, в которых с помощью только промывок невозможно или очень сложно устранить опасную концентрацию токсических солей и придать этим почвам благоприятные химические и физические свойства. Ко второй группе относятся почвы содового, сульфидного, гипсового, карбонатного и других типов засоления. Они имеют значительно меньшее распространение, однако их региональное хозяйственное значение также весьма актуально.

5.5 Генезис и мелиорация почв содового засоления

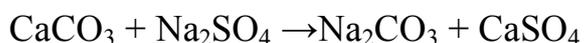
Щелочные почвы содового засоления — сложный объект мелиорации. Сода в весьма малых концентрациях отрицательно влияет не только на растения, но и вызывает диспергацию почв, резкое ухудшение их физических свойств. Внедрение натрия в поглощающий комплекс повышает набухаемость почв, их трещиноватость, плотность, вызывает диспергацию агрегатов и понижение водопроницаемости. Сода в почвах, породах и грунтовых водах образуется в результате ряда следующих причин:

1 В процессе выветривания горных пород, содержащих алюмосиликаты натрия, переноса их ветром и водами поверхностного и внутрипочвенного стока (геохимическая теория содообразования). Наиболее интенсивно эти явления протекают в ареалах основных пород — базальта, вулканических лав, вулканического пепла и др. Реакция содообразования протекает по схеме:

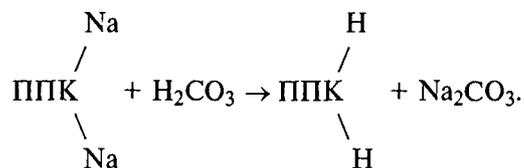


Первичным источником натрия в этом случае может быть известково-натриевый полевой шпат — наиболее распространенный минерал земной коры (40,2 %) и другие натрийсодержащие минералы — альбит, нефелин и т.д.

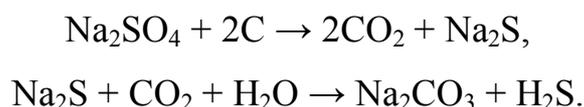
2 Сода в почвах может возникать в результате замещения кальция карбонатов в породах на натрий хлоридов и сульфатов грунтовых вод (реакция Е.В. Гильгардта):



3 Сода образуется вследствие обменных реакций между почвой, насыщенной обменным натрием, угольной кислотой или карбонатом кальция грунтовых вод или почвенных растворов (реакция К.К. Гедройца):



4 Биохимическим путем в результате деятельности сульфатредуцирующих микроорганизмов в переувлажненной почве в анаэробных условиях. Реакция протекает при обязательном наличии органического вещества и сульфатов натрия в почвах при активном участии сульфатредуцирующих микроорганизмов по схеме:



5 Сода может накапливаться в почве в результате минерализации растений, содержащих натрий.

6 Накопление соды в почвенном профиле возможно за счет поступления глубинных напорных щелочных вод, а также при орошении почв слабощелочными водами.

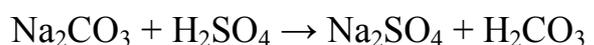
Значения рН щелочных почв содового засоления выше 8,5 и обычно колеблются в интервале от 9 до 11. В почвах содового засоления наряду с карбонатами и бикарбонатами щелочей присутствуют силикаты, гуматы и алюмосиликаты этих же щелочей. Чем выше степень щелочности почв, тем больше содержание обменного натрия в составе поглощенных катионов. Сода имеет тенденцию накапливаться в районах сравнительно низкого общего содержания солей, т.е. на начальных стадиях соленакопления. Накопление соды можно рассматривать как начальную стадию процесса засоления почв и вод.

Почвы содового засоления - один из наиболее сложных объектов мелиорации. Это обстоятельство объясняется, во-первых, наибольшей токсичностью раствора карбоната натрия по сравнению со всеми другими водорастворимыми солями и, во-вторых, весьма отрицательными физическими свойствами почв, обусловленными действием соды, — дезагрегированием горизонтов почвенного профиля, снижением их порозности, водопроницаемости, уплотнением, повышенной пластичностью, набухаемостью, влагоемкостью и др.

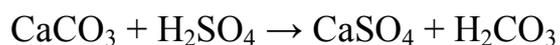
В районах содового засоления складывается весьма неблагоприятная геохимическая обстановка для формирования почв и их сельскохозяйственного использования. На протяжении многих десятилетий для мелиорации почв содового засоления использовали природные залежи гипса. В результате обменной реакции в почве образуются сульфат натрия и известь:



Сульфат натрия, соль менее токсичная, чем нормальная сода, легко растворяется в воде и выносится грунтовыми водами за пределы орошаемого массива. Следует, однако, особо подчеркнуть, что процесс мелиорации почв содового засоления с помощью гипса даже на фоне промывок и дренажа протекает весьма медленно, а эффективно действующие дозы применяемого мелиоранта оказались весьма значительными (от 15 - 20 до 60 - 90 т/га гипса). При этом гипс рекомендуется вносить последовательно, в несколько приемов. Невысокие темпы мелиорации гипсованных почв содового засоления обусловлены, прежде всего, их неблагоприятными физическими свойствами и относительной химической инертностью природного гипса, вносимого в почву в качестве мелиоранта. Значительно более эффективным оказалось использование для мелиорации почв содового засоления серной кислоты и серосодержащих продуктов (железного купороса, серы и др.). Серная кислота активно разлагает соду:



Поскольку промывку почв проводят серной кислотой при горизонтальном и вертикальном дренаже, сульфат и бикарбонат натрия — легководорастворимые соли, образующиеся в результате этой реакции, — быстро отводятся с промывными водами за пределы орошаемой территории. Процесс мелиорации содовых почв в этом случае осуществляется значительно быстрее, чем с природным гипсом. Поскольку почвы содового засоления содержат карбонат кальция, при обработке серной кислотой образуется гипс:

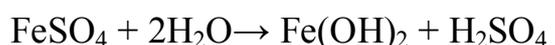
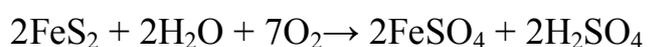


Новообразовавшийся гипс отличается от природного высокой дисперсностью и реактивностью. Он свободен от карбонатных известковых оболочек, которые нередко покрывают поверхность крупных гипсовых

кристаллов и затрудняют взаимодействие сульфата кальция с содой. Поэтому при промывках такой вторичный гипс оказывает положительное мелиоративное воздействие на почву, меняет ионный состав почвенного раствора и поглощающего комплекса.

5.6 Генезис и мелиорация почв сульфидного засоления

В почвах приморских равнин, в поймах и дельтах крупных рек, главным образом тропической зоны, в условиях глубокого анаэробноза накапливается большое количество двухвалентного железа. Источником железа являются мощные ферраллитные коры выветривания, эродируемые водными потоками. Их мелкозем поступает в реки. В дельтах и поймах отложение такого седимента сопровождается погребением органических остатков мангровых лесов и кустарников. Источником сульфатов являются минерализованные морские и грунтовые воды. В результате анаэробного разложения растительных остатков складываются благоприятные условия для интенсивной сульфатредукции. Образовавшийся сероводород взаимодействует с двухвалентным железом. Образуется плохо растворимый сульфид железа, который фиксируется на месте своего возникновения. Сульфид железа не изменяет свойств почв до тех пор, пока в ней господствуют анаэробные условия. Однако по мере продвижения дельты в море или в результате искусственного осушения происходят обсыхание территории и аэрация профиля на значительную глубину. Чем интенсивнее процесс осушения, тем активнее идет процесс окисления сульфидов. Продуктом реакции оказывается серная кислота. Этот процесс можно иллюстрировать следующими уравнениями реакций:



Серная кислота, продукт окисления сульфидов, разрушает карбонаты и является причиной резкого падения значений рН таких почв (до 2,5 - 3,0). Почвы теряют свое плодородие в результате экстракислой реакции корнеобитаемых горизонтов. Одновременно к зоне аэрации подтягивается большое количество двухвалентного железа, переходящего при контакте с воздухом в оксид трехвалентного железа, и, как следствие, вызывает низкое плодородие кислых сульфидных почв.

Впервые этот процесс образования сульфида в почвах приморских равнин, поймах и дельтах был описан финским почвоведом Б. Аарнио (1915).

Сложность мелиорации таких почв заключается в том, что нейтрализация высокой кислотности известковыми материалами практически невозможна, так как для этой цели необходимы огромные массы мелиорантов. Чем интенсивнее дренаж, связанный с их естественным или сельскохозяйственным осушением, тем большие массы известкового материала необходимо использовать для нормализации кислотности. Для сельскохозяйственного использования сульфидные переувлажненные почвы необходимо осушать, но как только устраняется переувлажнение, так немедленно вступает в действие процесс окисления сульфидов, образуется серная кислота и резко снижаются значения рН. Почвы оказываются непригодными для культурных растений. Известный выход был найден многовековой крестьянской практикой тропического земледелия. Он заключается в следующем. Осушение сульфидных переувлажненных почв осуществляют с помощью широких и невысоких гряд. Таким образом, происходит частичное осушение, избыточная влага удаляется из самых поверхностных горизонтов. В период тропических дождей серная кислота отмывается из корнеобитаемой зоны. В таких условиях удается успешно возделывать некоторые ценные культуры, устойчивые к повышенной кислотности (например, баклажаны, ананасы и др.).

5.7 Генезис и мелиорация почв карбонатного засоления

В условиях аридного климата при близком залегании жестких грунтовых вод в почвенном профиле могут возникать известковые, доломитизированные карбонатные аккумуляции (доломитизация, процесс обогащения доломитом известкового ила (осадка) или известковой породы за счёт замещения части CaCO_3 на MgCO_3), вызывающие уплотнение почв. Такие аккумуляции и коры резко ухудшают физические свойства почв: пористость, плотность и водопроницаемость. Растворимость карбоната кальция обусловлена содержанием в воде угольной кислоты. Если в растворе происходит падение парциального давления углекислоты, то растворимость CaCO_3 резко уменьшается и известь выпадает в осадок.

Это может происходить в результате повышения температуры почвенного раствора или грунтовых вод по схеме:



Растворимые бикарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты и выпадают в осадок в виде извести или частично в форме доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Вследствие этого на незасоленных грунтовых водах могут формироваться горизонты и коры известковых и доломитизированных аккумуляций.

Для того чтобы мелиорировать такие почвы, необходимо не только механически разрушить плотные карбонатные горизонты, но и понизить концентрацию карбонатов. Эта задача решается следующим образом. В карбонатные почвы запахивают значительную массу органических удобрений. Разложение органики сопровождается выделением CO_2 и резким повышением концентрации бикарбонат-иона в почвенном растворе. Карбонатный сцементированный горизонт рыхлят с помощью глубоких мелиоративных рыхлителей и затем производят полив. Многократное повторение глубокого

рыхления, поливов и внесение крупных доз органики в конечном итоге позволяет мелиорировать такие карбонатные почвы с плотными цементационными горизонтами.

5.8 Генезис и мелиорация почв гипсового засоления

Если грунтовые воды содержат водорастворимый гипс, то обычно выше зоны известковых аккумуляций (или перекрывая их) происходит накопление гипса. Формы гипсовых аккумуляций оказываются весьма различными. В глубоких почвенных горизонтах это обычно друзы, часто срастающиеся в шары; в верхних горизонтах — отдельные пластинки, часто образующие спаренные формы, напоминающие ласточкины хвосты. В пухлых соленосных горизонтах солончаков гипс представлен в виде легкой мучнистой массы. В песчаных крупнопористых почвах формируются гипсовые «розы». В гидроморфных почвах обычно возникают мощные ноздреватые гипсовые аккумуляции, содержащие до 60 - 90% сернокислого кальция.

Гипсовое засоление при относительно невысоком уровне накопления гипса в почве не оказывает отрицательного физиологического влияния на сельскохозяйственные культуры. Нередко их значение оценивается положительно. Так, наличие масс гипса оказывает благоприятное действие, препятствуя внедрению натрия в поглощающий комплекс и осолонцеванию почв. Отрицательное влияние гипса на растения начинает проявляться только в сильногипсоносных почвах (содержание гипса более 20 %). Оно прежде всего связано с ухудшением физических свойств почв, уплотнением подпахотных горизонтов, резким ограничением зоны питания растений.

Существенно то, что влияние гипсовых аккумуляций на физические свойства почв определяется не только морфологическим строением кристаллов гипса и их размерами, но и гранулометрическим составом вмещающего

горизонта. Так, если гипс представлен крупными кристаллами (> 5 мм), которые находятся в суглинисто-глинистом мелкозем, то наблюдается уплотнение горизонта, уменьшение его водопроницаемости. Чем выше содержание крупнокристаллического гипса и тяжелее вмещающий мелкозем, тем ниже водопроницаемость горизонта и отчетливее проявляется его водоупорная роль. Глина обволакивает крупные кристаллы, нарушается капиллярная миграция влаги и водопроницаемость горизонта, увеличивается его плотность. При высоком содержании в почве кристаллов гипса размером около 1 мм происходит закупорка межагрегатных пор, что также обуславливает снижение коэффициента фильтрации гипсосодержащих суглинисто-глинистых почв. Однако высокое содержание гипса может вызвать и противоположное воздействие на физические свойства таких почв. Это имеет место в следующих двух случаях. Во-первых, крупные кристаллы гипса разрыхляют песчано-супесчаные горизонты, повышают их порозность и увеличивают коэффициент фильтрации почв.

Во-вторых, присутствующие в межагрегатных и внутриагрегатных порах мучнистые гипсовые новообразования, состоящие из кристаллов менее 0,1 мм, разрыхляют почвенные горизонты и усиливают их водопроницаемость. Поскольку в суглинисто-глинистых почвах кристаллы более 1 мм по изложенным выше причинам придают почвам водоупорные свойства, их полив значительными поливными нормами вызывает образование верховодки в поверхностных слоях. Поэтому орошение таких почв целесообразно осуществлять малыми дозами, увеличивая частоту полива. На таких почвах затруднены промывки.

Для ликвидации водоупорных гипсовых горизонтов может оказаться весьма эффективным глубокое (на 0,8 - 1,0 м) мелиоративное рыхление. Следует подчеркнуть, что опыт мелиорации сильногипсоносных и гажевых почв суглинисто-глинистого гранулометрического состава с высоким содержанием крупнокристаллического (5 м) гипса остается весьма ограниченным. В любом случае эти почвы не следует рассматривать как первоочередные объекты орошения. Нередко в хозяйственном и экологическом отношении целесообразно отказаться от их вовлечения в орошаемое земледелие.

5.9 Классификация солонцов и солонцовых почв

В лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах распространены почвы с высоким содержанием поглощенного натрия в поверхностных горизонтах, слабощелочной или щелочной реакцией (рН более 8,4) и элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля. Такие почвы называются *солонцами*, если в их солонцовом (иллювиальном) горизонте В 1 содержание обменного натрия равно или превышает 20 % емкости катионного обмена. К *солонцовым* относят почвы с содержанием поглощенного натрия более 5% от емкости катионного обмена. Солонцы так же, как и солончаки, являются засоленными почвами. Однако в их профиле соли сосредоточены не в поверхностном слое, а на некоторой глубине (рисунок 5.1). Граничные значения (5 % натрия от емкости катионного обмена, использованные для отделения солонцеватых почв от несолонцеватых) обусловлены тем, что щелочная реакция почвенных растворов за счет десорбции обменного натрия проявляется при его содержании в почве более 1 ммоль на 100 г почвы. Это составляет от 5 % до 6 % от емкости катионного обмена (Зимовец, 1991). Такой критический уровень содержания обменного натрия, ниже которого солонцовые горизонты не формируются, находится в соответствии с классификацией солонцеватости почв по содержанию обменного натрия, предложенной И.Н. Антиповым-Каратаевым.

Повышенное содержание поглощенного натрия в солонцах и солонцеватых почвах вызывает угнетение или гибель сельскохозяйственных и лесных культур. Процесс накопления поглощенного натрия в поглощающем комплексе почвы называют процессом осолонцевания. Процесс осолонцевания может протекать двумя путями. Во-первых, в результате интенсивного элювирования засоленных почв и освобождения их поверхностных горизонтов от водорастворимых солей. Этот процесс может происходить при понижении базиса эрозии и уровней грунтовых вод. В этом случае реализуется эволюционная схема К.К. Гедройца, согласно которой в условиях промывного режима имеют место следующие

переходы: солончак - солонец - солодь. Е.Н. Ивановой (1932) было показано, что образование солонцов в этих условиях возможно только в том случае, если в составе водорастворимых солей солончака отношение $Na/(Ca + Mg) > 4$.

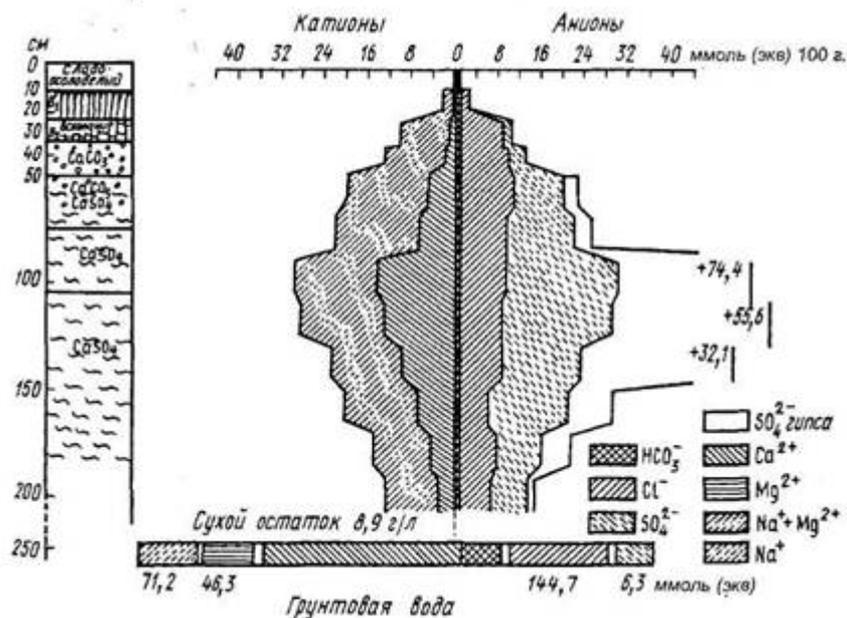


Рисунок 5.1 - Солевой профиль лугово-степного среднестолбчатого сульфатнооридного солонца (И.Н. Антипов-Каратаев, 1953). Первая надпойменная терраса р. Малый Узень, Малоузенский стационар. Уровень грунтовых вод - около 7 м

В солончаках, засоленных нейтральными солями с содержанием кальциевых солей более 20 %, солонцовые свойства при рассолении не проявляются.

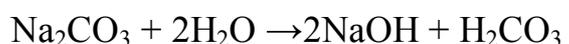
Наряду с натриевыми солонцами в природных условиях встречаются солонцы с высоким содержанием обменного магния и низким содержанием натрия в поглощающем комплексе. Вероятно, эти солонцы можно рассматривать как реликтовые образования. На ранних стадиях их формирования, как полагают А.Н. Соколовский (1948), В.А. Ковда (1963), А.М. Можейко (1965) и другие, происходила пептизация коллоидов под действием обменного натрия, а затем после рассоления солонцов и выноса натрия магний, как ион более стабильный, чем кальций, относительно накапливался в поглощающем комплексе. В этой

связи следует отметить, что при частой смене анаэробных и аэробных условий, режима, в котором формируются солонцы, при периодическом нисходящем токе воды наблюдается резкое (в 1,5 - 2 раза и более) увеличение содержания магния в составе поглощенных катионов. Такое явление наблюдается на всех суглинистых и глинистых почвообразующих породах (Зайдельман, 1978). Н.П. Пановым было показано, что магний, как и натрий, хотя и в меньшей мере, увеличивает гидрофильность коллоидов, нарушает связь между элементарными твердыми частицами в микроагрегате.

Интересную точку зрения на генезис малонатриевых солонцов высказал Б.В. Андреев (1956). Он полагал, что их возникновение связано не с поступлением натрия извне, а с его появлением в почве в результате разрушения натрий – магнийсодержащих алюмосиликатов и других минералов солевыми растворами.

Солонцы могут возникать под влиянием слабоминерализованных растворов, содержащих соду, например под воздействием слабощелочных грунтовых вод. В процессе взаимодействия слабоминерализованных, преимущественно щелочных, вод с невысоким содержанием соды может происходить постепенное накопление натрия в поглощающем комплексе. В сухостепной и полупустынной зонах не исключена возможность формирования солонцовых почв в результате поступления и аккумуляции поверхностных слабоминерализованных вод в небольшие понижения, местные депрессии.

Повышенное содержание поглощенного натрия в почвенном поглощающем комплексе оказывает отрицательное влияние на растения, на физико-химические, химические и физические свойства почв. Сода, присутствующая в поверхностных горизонтах профиля, соль сильного основания и слабой кислоты, подвергается активному гидролизу:

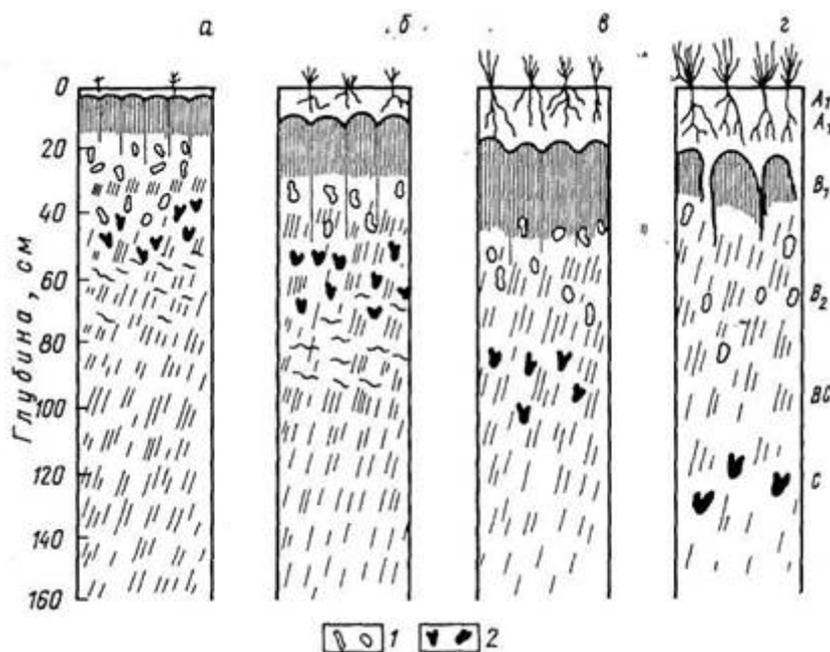


Поэтому солонцы (и сильносолонцевые почвы) обладают щелочной реакцией среды. Величина общей щелочности HCO_3 более 0,06 % свидетельствует о солонцеватости. В солонцах присутствует более 0,001 % нормальных карбонатов натрия, переходящих в водную вытяжку. Общая щелочность сильносолонцеватых почв выше 0,1 %. Солонцы и сильносолонцеватые почвы отличаются высокой подвижностью органического вещества и его активной миграцией по профилю. Этот процесс наиболее четко проявляется в солонцах черноземной зоны. Иллювиальные горизонты солонцов имеют гумусовые потеки, обогащенные органическим веществом кутаны на гранях структурных отдельностей.

Внедрение натрия в поглощающий комплекс вызывает резкое ухудшение физических свойств почв. Повышается их набухаемость. В сухой период глинистая масса солонцов сжимается, подвергается консолидации. Сжатие сопровождается разрывами. Возникает сложная сеть крупных трещин. Особенно отчетливо она проявляется в иллювиальной толще солонца, где формируются столбчатые горизонты. Солонцы возникают в условиях периодически промывного водного режима, когда относительно кратковременная стадия обводнения профиля сменяется его иссушением. В период обводнения в анаэробных условиях происходит интенсивная гидратация коллоидов, их набухание. Во влажный период иллювиальные горизонты солонцов часто становятся водоупорными, абсолютно непроницаемыми, а в сухой период поверхностные горизонты могут обладать очень высокой, иногда провальной водопроницаемостью. Этим объясняется глыбистый характер солонцов, их низкое плодородие и сложность окультуривания. В сухом состоянии солонцы обладают рельефной структурой, в периоды же насыщения водой в результате интенсивного расклинивающего действия гидратных оболочек они отличаются низкой водопрочностью агрегатов.

Солонцы обладают весьма четкой трехчленной морфологией профиля. Их верхнюю часть образуют гумусовый (A1) и осолоделый (A2) горизонты. Среднюю часть профиля образуют столбчатый иллювиальный солонцовый (B1) и

подсолонцовый (B2) горизонты (рисунок 5.2). Нижнюю часть профиля формируют переходный горизонт (BC) и материнская порода (C).



а - солонец корковый; *б* - солонец среднестолбчатый; *в* - солонец глубокостолбчатый; *г* - солонец остепеняющийся. 1 - белоглазка; 2 – гипс.

Рисунок 5.2 – Строение солонцов (В.В. Егоров, 1954)

По степени проявления признаков гидроморфизма солонцы подразделяют на три типа: автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные (Классификация почв СССР, 1977).

Наиболее сложными для мелиорации являются гидроморфные солонцы. Они формируются на фоне неглубокого залегания грунтовых вод (менее 3 м) с повышенной минерализацией на первых надпойменных террасах речных долин, на плоских недренированных равнинах. В их профиле неглубоко от поверхности залегают водорастворимые соли, а в поглощающем комплексе содержится до 50-70 % натрия. Как правило, эти почвы являются солонцами-солончаками или солончаковатыми и солончаковыми солонцами. Среди луговых солонцов широко представлены роды хлоридно-сульфатные, содово-хлоридные, сульфатные солончаковые и другие солонцы.

Полугидроморфные солонцы распространены на слабодренированных равнинных и на надпойменных речных террасах. Они формируются в ареалах минерализованных грунтовых вод, залегающих на глубине от 3 до 6 м. Горизонт водорастворимых солей находится на глубинах от 50 до 150 см.

Автоморфные солонцы приурочены к хорошо дренированным территориям водоразделов и речных террас. Эти солонцы слабо засолены, а их щелочность менее 0,1 % HCO_3 .

Солевые горизонты залегают глубоко. Профиль солонца каштановой зоны всегда имеет горизонты белоглазки и гипсовых аккумуляций.

Такая дифференциация солонцов на типовом уровне целесообразна не только потому, что она позволяет выделять солонцы по наиболее существенным признакам их формирования и развития, но и потому, что можно четко дифференцировать эти группы почв по конкретным методам и способам их мелиорации.

Так, гидроморфные и полугидроморфные солонцы, содержащие в своем профиле значительную массу солей, мелиорируют на основе промывного режима орошения и дренажа - вертикального и (или) горизонтального. В отличие от них автоморфные солонцы можно успешно мелиорировать в бездренажных условиях.

Солонцовые почвы и солонцы несут отчетливые признаки зональной приуроченности. В соответствии с классификацией почв выделяют черноземные, каштановые и полупустынные солонцы. Такая дифференциация по генетической принадлежности имеет важное мелиоративное значение. Наименее благоприятны в мелиоративном отношении черноземные солонцы. Они обладают резко выраженной щелочной реакцией, наличием соды, высокой плотностью и другими неблагоприятными свойствами.

Солонцы полупустынной зоны характеризуются прежде всего тем, что в их профиле относительно неглубоко от дневной поверхности залегают гипс. Это важное отличие определяет возможность мобилизации естественных запасов гипса для самомелиорации солонцов полупустынной зоны. Их мелиорация облегчается еще и тем, что полупустынные солонцы нередко менее глинисты и

содержат меньшее количество органического вещества по сравнению с солонцами черноземной зоны.

Отрицательной особенностью солонцов является высокое содержание недоступной для растений влаги, оно составляет у солонцов от 12 % до 17 %, тогда как у черноземов всего от 8 % до 12 %. Сосущая сила корней культурных растений оказывается недостаточной, чтобы усвоить эту влагу. Именно поэтому при одинаковых общих запасах влаги в солонцовых почвах активной влаги всегда меньше, чем в других почвах. В связи с этим в солонцах наблюдается «физиологическая сухость» почвы.

5.10 Мелиорация солонцов

Основная причина низкого плодородия солонцов - повышенное содержание поглощенного натрия в поглощающем комплексе и их неблагоприятные физические, химические и физико-химические свойства. Поэтому мелиорация солонцов должна быть направлена на вытеснение поглощенного натрия кальцием гипса или иного кальцийсодержащего соединения и устранения повышенной щелочности. Для улучшения солонцов в качестве мелиорантов используют гипс, фосфогипс, гипсоносные естественные породы (например, гажу); положительные мелиоративные результаты дает внесение в почву органического вещества, железного купороса, серы и других соединений, способных при биохимическом окислении образовывать серную кислоту (рисунок 5.3).

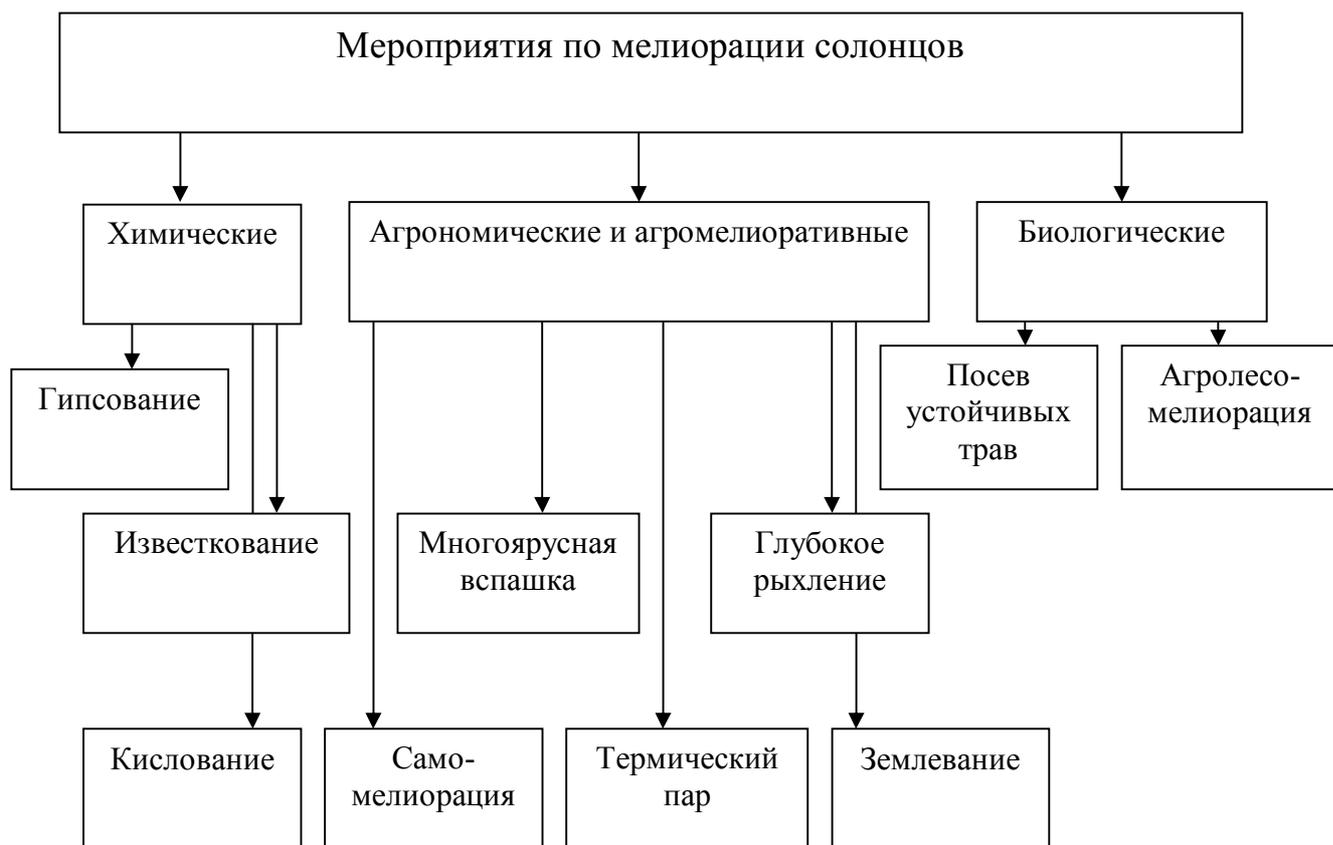


Рисунок 5.3 – Мероприятия по мелиорации солонцов

Землевание как способ мелиорации заключается в искусственном создании мощного плодородного пахотного горизонта на поверхности солонца или сильносолонцевой почвы. С этой целью скреперами срезают тонкий (1 - 2 см) слой поверхностного горизонта окружающей солонец плодородной несолонцевой почвы, который и 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. Н.В. Орловский, впервые предложивший этот прием мелиорации солонцов в черноземной зоне Западной Сибири, считал достаточным нанесение слоя мощностью от 6 до 9 см в несколько приемов. И.Н. Антипов-

Каратаев в Поволжье на более мощных черноземах показал возможность землевания в один проход с нанесением на поверхность солонца мощного пахотного слоя (до 15 – 20 см). Землевание эффективно в первый год выполнения этих работ. Оно оказалось целесообразным на степных солонцах черноземной зоны, но непригодно для луговых солонцов и малоэффективно при мелиорации солонцов сухостепной зоны в связи с небольшой мощностью гумусового горизонта каштановых почв. Землевание должно сочетаться с интенсивной системой мероприятий по восстановлению плодородия почв на срезанных участках поверхности. Большое значение приобретает внесение удобрений, особенно органических, посев сидератов и другие мероприятия.

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 применим только при малом количестве осадков, высоких и резко колеблющихся температурах. Способ непригоден для мелиорации всех луговых солонцов, а также для мелиорации автоморфных солонцов черноземной зоны.

Глубокое мелиоративное рыхление позволяет существенно улучшить эффект гипсования. Сущность этого приема заключается в том, что солонцы и солонцеватые почвы после внесения гипса подвергают 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.

Применение способа *самомелиорации* солонцов основано на том, что в зоне сухих степей и полупустынной зоне в этих почвах близко от дневной поверхности залегают гипсовый и карбонатный горизонты. С помощью плантажной вспашки на глубину от 50 до 55 см гипсовый горизонт, залегающий в этих почвах на глубине от 35 до 50 см, перемешивают с солонцовым. Таким образом, осуществляется гипсование солонца за счет естественных ресурсов гипса, сосредоточенных в его профиле. Впервые этот весьма эффективный прием мелиорации солонцов сухих степей и полупустынь был предложен В.А. Ковдой и А.Ф. Большаковым для мелиорации солонцов Прикаспийской низменности. После плантажной вспашки производят обработку почв тяжелыми дисковыми боронами для разрушения глыб, а также выполняют мероприятия по накоплению влаги в почве путем устройства продуваемых полос, посева высоко-стебельных культур для создания кулис. Мелиорация солонцов при плантажной вспашке происходит через 4 - 5 лет.

При мелиорации солонцов способом *многоярусной вспашки*, (предложенным И.Н. Антиповым-Каратаевым, с помощью плугов специальной конструкции меняют местами солонцовый и гипсовый (карбонатный) горизонты. Гипсовый горизонт поднимают к поверхности, солонцовый с неблагоприятными свойствами опускают вниз. Гумусовый горизонт при обработке почв трехъярусным плугом подвергают рыхлению, его оборачивают, и он остается на поверхности. Сочетание такой обработки с комплексом мероприятий по повышению плодородия почв позволяет придать солонцам, обработанным многоярусной вспашкой, благоприятные свойства для ведения сельскохозяйственного производства.

Биологическая мелиорация (посадка и посев растений) на солонцах и солонцеватых почвах, устойчивых к неблагоприятным условиям, способствуют улучшению их свойств. Такими растениями в зоне каштановых почв являются

тамариск, лох, скумпия, акация желтая, клены татарский и ясенелистный. Своей корневой системой они благоприятно влияют на физические и химические свойства почв. Дополнительная аккумуляция снега не только улучшает их водный режим, но и способствует промывке солей. На улучшенных таким образом почвах солонцового комплекса затем удаляют мелиорирующие посадки Многолетних пород, а территорию используют для сельскохозяйственных культур или основных древесных посадок. Вместе с тем в определенных условиях после сведения кустарников и деревьев-мелиорантов возможно восстановление исходных неблагоприятных свойств почв.

5.11 Гипсование как способ мелиорации солонцов

Применение этого одного из наиболее эффективных способов мелиорации солонцов было начато почти одновременно в разных странах - в Венгрии, России и в США.

К.К. Гедройц теоретически обосновал практику гипсования солонцов и показал необходимость расчета дозы гипса, исходя из содержания поглощенного натрия и емкости поглощения почв.

Дозы гипса могут варьировать в широком диапазоне – от 3 - 5 до 70 т/га. Гипс вносят по пятнам солонцов, расположенных среди незаселенных и несолонцеватых почв. Однако если пятна солонцов занимают более 30 % площади массива, предусматривается сплошное внесение гипса. Мелиорация солонцов методом гипсования наиболее эффективна при внесении крупных норм органических удобрений и орошении.

В условиях орошения мелиоративный эффект может быть достигнут за сравнительно короткий период — 2 - 3 года.

При гипсовании орошаемых земель на глубокостолбчатых солонцах гипс вносят под плуг. На среднестолбчатых — 1/4 - 1/2 дозы гипса вносят под плуг и

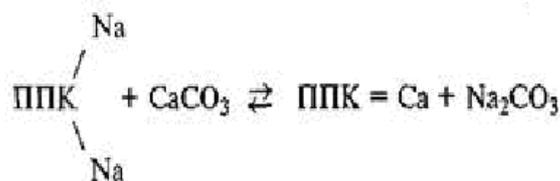
3/4 — 1/2 дозы поверхностно после вспашки с последующим перемешиванием при культивации.

На корковых солонцах весь гипс разбрасывают по поверхности с последующим перемешиванием его с пахотным слоем боронованием. После внесения гипса производят влагозарядковый полив, специальные промывочные поливы не делают, а удаление сульфата натрия осуществляют в процессе вегетационных поливов.

Эффективность гипсования резко возрастает на фоне уменьшения толщины помола гипса. Чем тоньше помол, тем больший контакт между частицами гипса и почвой, тем выше 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.

5.12 Известкование как способ улучшения свойств почв мочарных ландшафтов

Применение извести для мелиорации солонцов (особенно содовых) не получило широкого распространения, поскольку это мероприятие приводит к появлению соды:



В результате известкования происходит значительное подщелачивание почвы. Известь — слаборастворимое соединение, поэтому реакция взаимодействия

почвы с мелиорантом развивается замедленно. Известкование может оказаться наиболее полезным преимущественно на малонатриевых солонцах и особенно на солонцеватых почвах в сочетании с внесением значительных доз органических удобрений, повышающих концентрацию углекислоты в почвенном растворе и в воздухе и увеличивающих растворимость углекислого кальция.

Однако, применение известкования эффективно для улучшения мочарных почв с высоким содержанием поглощенного натрия и хорошо выраженными признаками слитости (Зайдельман, Тюльпанов, Ангелов, Давыдов, 1998).

Мочарным ландшафтом называется переувлажненная территория степной зоны, возникшая под влиянием естественных (первичных) и антропогенных (вторичных) факторов, отличающаяся особым гидрологическим режимом. По сути, это комплекс болотных, лугово-болотных, луговых и лугово-степных почв. Ареалы распространения мочаров тесно связаны с режимами грунтовых и поверхностных вод, ирригационных систем, другими гидрологическими факторами, определяющими их переувлажнение.

Такие почвы широко представлены на юге России. В Ставрополье, Ростовской и других областях они распространены там, где имеет место переувлажнение почв минерализованными водами, связанными с засоленными породами (например, с майкопскими глинами). После понижения уровня грунтовых вод эти почвы мочарных ландшафтов продолжают сохранять свои неблагоприятные физические свойства, в частности, высокую плотность сложения, крупную глыбистость. Для их улучшения по предложению Ставропольского сельскохозяйственного института и ТСХА проводят поверхностное известкование почв с использованием местных известковых материалов (например, ракушечника) нормами 10 - 20 т/га. Поле обрабатывают дисковой бороной, в пахотный горизонт вносят смесь азотной (3 - 3,5 т) и фосфорной (0,5 т) кислот из расчета на один гектар.

5.13 Кислование как способ мелиорации солонцов

Эта технология, весьма эффективная при мелиорации солончаков содового засоления, может быть использована и для мелиорации солонцов. Она особенно результативна при мелиорации содовых солонцов. В равной мере с целью мелиорации используют железный купорос, серу и другие серосодержащие соединения, которые при окислении образуют серную кислоту. Важным условием эффективного кислования солонцов является наличие в их профиле достаточных резервов углекислого кальция.

Способ кислования применяют только на орошаемых массивах. Кислование как способ мелиорации солонцов является более эффективным, чем гипсование и известкование.

5.14 Мелиорация такыров

В пустынной зоне Центральной Азии преимущественно на глинистых древнеаллювиальных и староирригационных наносах, на пролювиальных и делювиальных отложениях получили широкое распространение такыры и такыровидные почвы. Такыры – это корковые солонцы-солончаки пустынной зоны. Они повсеместно представлены на равнинных слаборасчлененных элементах рельефа. Такыры испытывают систематическое переувлажнение во время и после прохождения паводка и затем - глубокое иссушение. Почвообразующие породы такыров отличаются высокой карбонатностью и засолением. Их поверхность имеет характерный полигональный рисунок. Верхний горизонт образует плотная корка мощностью от 2 до 3 см. Ниже залегают слоеватый пористый и комковатый горизонты (от 4 до 6 см). Корка такыров отмыта от солей и обычно насыщена натрием. Соли в обыкновенных

такырах встречаются на глубине от 20 до 30 см и ниже.

Такыры могут быть использованы в земледелии только в условиях орошения. После создания оросительной и дренажной сетей необходимо выполнить следующий комплекс гидротехнических, агромелиоративных и агрономических работ по их освоению. Они направлены на решение двух задач. Во-первых, на устранение опасной солонцеватости. Для этого такыры подвергают глубокой плантажной пахоте, т.е. производят самомелиорацию почв. При такой обработке в поверхностные слои такыров вовлекается гипс из нижележащей толщи и происходит одновременное «растворение» солонцовых горизонтов в мощной толще вновь образованного пахотного горизонта. Во-вторых, в осенне-зимний период выполняют промывку почв от легководорастворимых солей. Особенно важны мероприятия по повышению плодородия почв. В пахотный горизонт такыров вносят органические удобрения (навоз, компосты), азотные и фосфорокислые минеральные удобрения. После этого возделывают 2 - 3 года люцерну, джугару, просо и затем приступают к производству хлопчатника.

Для улучшения физических свойств почв в поверхностный горизонт полезно вносить песок. Все эти мероприятия выполняют на фоне функционирования ирригационно-дренажной сети. Таким образом, могут быть освоены обычные, солончаковые, солонцеватые, опесчаненные и старозалежные такыры.

Контрольные вопросы

- 1 Причины соленакопления и засоления почв.
- 2 Классификация солонцов и солончаков.
- 3 Тип и степень засоления почв.
- 4 Способы удаления солей из профиля засоления почв.
- 5 Генезис и мелиорация почв содового засоления.
- 6 Генезис и мелиорация почв сульфидного засоления.
- 7 Генезис и мелиорация почв карбонатного засоления.
- 8 Генезис и мелиорация почв гипсового засоления.

9 Классификация солонцов и солонцовых почв.

10 Мелиорация солонцов.

11 Гипсование как способ мелиорации солонцов.

12 Известкование как способ улучшения свойств почв мочарных ландшафтов.

13 Кислование как способ мелиорации солонцов.

14 Мелиорация такыров.

6 Агролесомелиоративные мероприятия

6.1 Общие сведения о лесомелиорации

Согласно статье 7 Федерального закона «О мелиорации земель» **Агролесомелиорация земель** состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коренное улучшение земель посредством использования почвозащитных, водорегулирующих и иных свойств защитных лесных насаждений.

Лесомелиорация - это вид использования леса с целью улучшения природных условий сельскохозяйственного производства и окружающей среды. Они являются одним из эффективных способов повышения плодородия полей и охраны природы, в частности земельного фонда. В условиях интенсивного сельскохозяйственного производства возрастает экологическая значимость лесов и защитных насаждений с целью предотвращения загрязнения окружающей среды поверхностными и грунтовыми стоками, удобрениями и пестицидами.

Лесомелиорация - это комплекс лесоводственных мероприятий, включающих проектирование, выращивание и эксплуатацию защитных насаждений, направленных на борьбу с неблагоприятными природными условиями. Использование леса в качестве средства мелиорации основано на его естественных защитных свойствах. Защитное лесоразведение в нашей стране является составной частью государственных мероприятий, направленных на предотвращение отрицательного влияния неблагоприятных факторов на сельскохозяйственное производство. Лесомелиоративные мероприятия по защите почв от ветровой и водной эрозии и улучшению микроклимата включают систему полосных насаждений. Она представляет собой совокупность взаимосвязанных по влиянию на поля лесных полос и массивных насаждений, целесообразно размещенных с учетом рельефа местности, направления господствующих вредоносных ветров и типа почвы. Система защитных лесных насаждений

является одним из основных средств повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Основное сельскохозяйственное значение защитных лесонасаждений заключается в изменении хода и количественных показателей элементов микроклимата на защищенных угодьях. Эти изменения существенны и составляют главную ресурсную часть агролесосистем. Агроклиматические ресурсы облесенных угодий становятся более благоприятными для сельскохозяйственных растений, а также естественных пастбищ.

Теоретической основой лесных мелиорации (применительно к сельскохозяйственным угодьям агролесомелиорации) являются лесоведение и лесоводство, в частности учение Г.Н. Высоцкого о лесной **пертиненции**, т.е. о пространственном влиянии леса на окружающую среду. В этом учении впервые научно проанализировано влияние лесных насаждений на ветровой поток, режим и баланс влаги, почвенные условия и микроклимат прилегающих территорий.

Почвы, требующие мелиорации, можно разделить на три группы:

- земли с неблагоприятным водным режимом;
- земли с неблагоприятными физическими и химическими свойствами и почвы;
- земли, подверженные механическим воздействиям ветра и воды.

Почвы первой группы улучшают водными мелиорациями - осушением, обводнением, орошением; второй - химическими мелиорациями (гипсование, известкование, сидерация и др.), а также агротехническими приемами. На почвах, подверженных действию водной и ветровой эрозии, в комплексе водных, химических и агротехнических мелиорации на первый план выступают лесные мелиорации.

Исходя из того что агролесомелиорация как наука и отрасль сельскохозяйственного производства использует разнообразные благотворные свойства леса для аграрных целей, **основной задачей** ее является формирование и совершенствование высокопродуктивных и биологически устойчивых экосистем, которые способны сохранять плодородие почвы, эффективно противостоять ее

разрушению, химическому загрязнению среды и в целом стабилизировать социально-экономические условия хозяйствования и жизнедеятельности человека на земле.

Объекты лесной мелиорации: пахотные угодья, овраги, балки и малопродуктивные склоны, разрушенные водной эрозией; опустыненные песчаные территории и аридные пастбища. Потенциальные возможности лесомелиорации этих категорий земель довольно значительны, они далеко не полностью раскрыты и реализованы.

Задача агролесомелиоративной науки - оптимизация аграрных ландшафтов с помощью защитных лесонасаждений в целях повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных угодий, борьбы с их деградацией, рационального использования биоклиматических ресурсов и эффективной охраны природы.

Для реализации этого крупного направления предусматривается решение ряда конкретных теоретических и прикладных проблем, обеспечивающих рациональное природопользование, борьбу с засухой, суховеями и эрозией почв:

- 1) оценка фитоэкологических ресурсов на основе аэрокосмической фотоинформации;
- 2) выявление степени деградации сельхозугодий;
- 3) обоснование принципов фитоэкологического районирования территорий и необходимости проведения агролесомелиоративных мероприятий;
- 4) разработка основ методологии системного подхода в защитном лесоразведении с учетом требований оптимизации и устойчивого функционирования природно-антропогенных экосистем;
- 5) разработка методов системно-экологического мониторинга, оценки, прогноза и управления энерго-массообменом и продуктивностью лесоаграрных экосистем;
- 6) разработка конкурентоспособных технологий и технических средств создания и выращивания лесонасаждений.

Выделяют следующие виды агролесомелиорации:

1) противоэрозионная - защита земель от эрозии путем создания лесных насаждений на оврагах, балках, песках, берегах рек и других территориях;

2) полезащитная - защита земель от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения путем создания защитных лесных насаждений по границам земель сельскохозяйственного назначения;

3) пастбищезащитная - предотвращение деградации земель пастбищ путем создания защитных лесных насаждений.

6.2 Понятие о лесе

Лесные мелиорации осуществляются искусственно создаваемыми лесными насаждениями в виде лесных полос и лесных массивов, целесообразно размещенных на территории землепользования. Рост и развитие таких насаждений подчиняется тем же закономерностям, что и естественных лесов. Поэтому прежде чем рассматривать вопросы создания мелиоративных лесных насаждений, следует познакомиться со строением, экологией и биологией леса.

Значение леса многогранно, что вызывает и многообразие понятий о нем. Лес можно рассматривать в естественно-историческом отношении, т.е. как природное явление, в техническом, экономическом, аграрном, юридическом аспектах, с позиций эстетики и т. д. Таким образом, лес - продукт природы и ее составная часть. Поэтому с каких бы позиций не подходить к лесу, исходное, ключевое определение его должно быть, прежде всего, связано с природой.

Лес — сложное образование природы, явление биологическое и физико-географическое, составная часть географического ландшафта и биосферы нашей планеты. Согласно ГОСТ 18486-73, под лесом понимается «элемент географического ландшафта, состоящий из совокупности древесных, кустарниковых, травянистых растений, животных и микроорганизмов, в своем

развитии биологически взаимосвязанных, влияющих друг на друга и на внешнюю среду.

Впервые цельное учение о лесе и его научное определение в начале XX века было дано выдающимся ученым - лесоводом Г.Ф. Морозовым (1867 - 1920), как совокупности древесных растений, измененных в своей внешней форме и внутреннем строении под влиянием воздействия друг на друга, на занятую почву и атмосферу. Более поздние определения отражают и дополняют определение Г.Ф. Морозова. Так, почвовед и лесовод Г.Н. Высоцкий (1865 - 1940) понятие «лес» выразил в виде упрощенной зависимости:

$$S=L \times G \times P \times H, \quad (6)$$

где S – лес (Silva);

L – дерево (Lignum);

G – среда (Gremium);

P – влияние леса на среду;

H – влияние человека на лес.

Дальнейший шаг в развитии учения о лесе как биоценозе принадлежит академику В.Н. Сукачеву (1880 - 1967). В 1940 - 1950 гг. он создал общебиологическое учение о биогеоценозах, которые рассматриваются им как совокупность биоценоза и экотопа, где биоценоз состоит из фитоценоза, зооценоза и микробоценоза, а экотоп - из климатоп и эдафотоп. Все компоненты биогеоценозов взаимосвязаны друг с другом и образуют сложное природное единство. Под экотопом (экологическое место) понимаются условия местопроизрастания, которые характеризуются разными климатическими (климатоп) и почвенно-грунтовыми (эдафотоп) условиями. Под биоценозом понимается объединение сообществ растений (фитоценоз), животных (зооценоз) и микроорганизмов (микробоценоз). Таким образом, биогеоценоз представляет

собой биологическое сообщество растений, животных и микроорганизмов, объединенных общностью условий местопроизрастания и пищевыми связями.

Границы биогеоценоза совпадают с границами фитоценоза. Биогеоценозы могут быть различными: лесными, луговыми, степными, болотными, водными. Сельскохозяйственные поля - это культурные биогеоценозы. Любой участок земли представлен тем или иным биогеоценозом. Следовательно, лес надо рассматривать как лесной биогеоценоз.

Большую роль в развитии учения о лесе внесли ученики и последователи Г.Ф. Морозова и В.Н. Сукачева - М.Е. Ткаченко, А.Б. Жуков, В.Г. Нестеров, А.А. Молчанов, И.С. Мелехов, Н.П. Анучин, В.П. Тимофеев, В.Н. Виноградов и другие.

Составные растительные компоненты леса:

- 1) древостой;
- 2) подлесок;
- 3) подрост;
- 4) живой напочвенный покров;
- 5) подстилка (рисунок 6.1).

Древостой - слагается из древесных пород, образуя основной самый высокий полог леса, наиболее сильно влияющий на все другие компоненты. Он может состоять из 2 - 3-х ярусов деревьев, отличающихся друг от друга по высоте.

Самый верхний, первый ярус представлен главными древесными породами-лесообразователями. В зависимости от того, какая она будет, зависит название леса: дубовый, сосновый, еловый, пихтовый, березовый и др. Во втором и третьем ярусах растут обычно теневыносливые древесные породы-спутники главных пород, их называют сопутствующими породами (липа, клен, вяз и др.). Густота таких пород, как правило, бывает значительно меньше пород первого яруса. Иногда, особенно в старом лесу, в этих ярусах может расти более молодое, чем в первом ярусе поколение теневыносливых главных пород (ель, кедр).

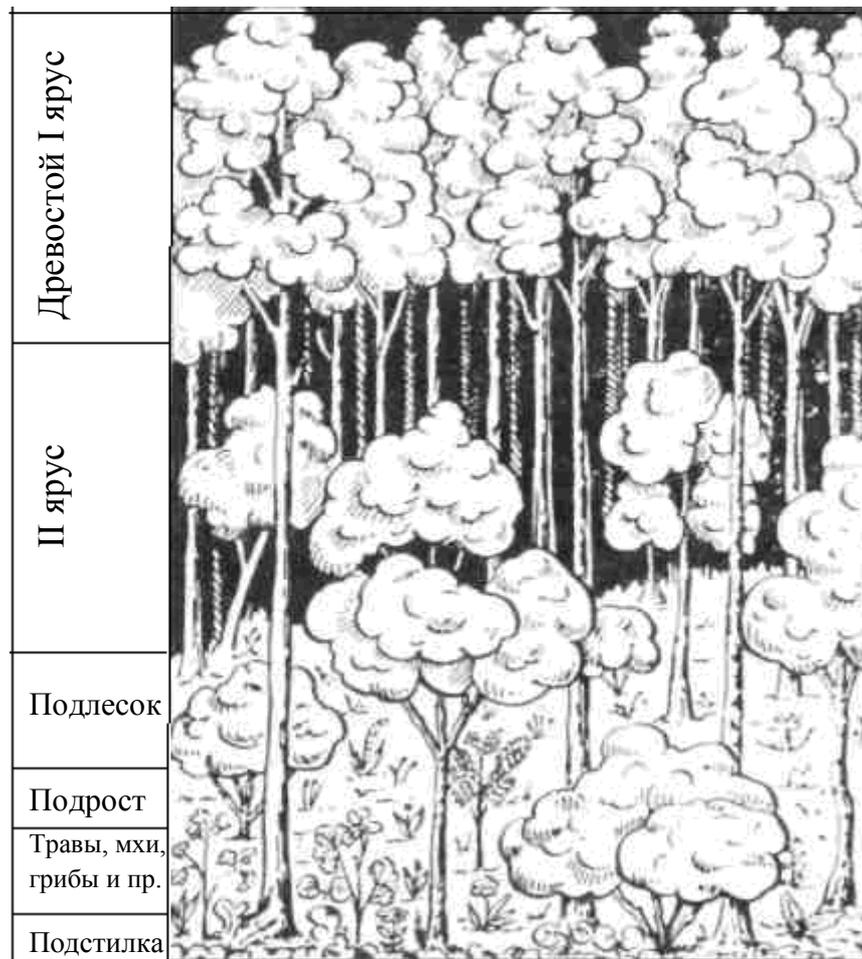


Рисунок 6.1 - Составные растительные компоненты леса

Ниже древостоя размещается ярус кустарников, образуя подлесок высотой 1,5 - 2,5 м и не более 5 м (лещина, бересклет, свидина, жимолость и др.). Он бывает хорошо развит в несколько изреженном древостое.

Важный структурный элемент леса - подрост. Так называют молодое поколение древесных растений, возникшее после прорастания опавших семян. Особенно большую хозяйственную ценность имеет подрост главных древесных пород. При достаточном его количестве (от 5 до 10 тыс/га) обеспечивается успешное восстановление леса после рубки старого.

Следующий ярус леса - живой напочвенный покров, состоящий из травянистых лесных растений, мхов, лишайников, грибов. Мощность его развития оказывает существенное влияние на прорастание опавших семян деревьев и рост подроста, т.е. возобновление леса.

На поверхности почвы в лесу образуется лесная подстилка, состоящая из опавших листьев, хвои, веточек, коры, цветков, плодов и других остатков растений, мертвых насекомых и др. Здесь находится мелкая фауна (насекомые и черви) и множество микроорганизмов. Эти сапрофаги разлагают мертвое органическое вещество лесной подстилки, при этом почва обогащается гумусовыми веществами и элементами минерального питания. Мощность лесной подстилки в незаболоченных типах леса колеблется в пределах от 1 до 10 см, с преобладанием мощности около 3 мм, а ее масса изменяется в пределах 14 – 80 т/га, в заболоченных - достигает 120 т/га, в хвойно-моховых незаболоченных лесах - около 30 т/га. Длительность разложения зависит от условий местопроизрастания и состава и колеблется от 1 до 10 и более лет. В результате количество лесной подстилки в несколько раз превышает годичный опад. В хвойных лесах опад разлагается медленно, в то время как в лиственных - в течение года.

Таким образом, в насаждении, как растительном сообществе, имеются яруса: деревья, кустарники, травы, мхи и лишайники. Но термин «ярус» лесоводы обычно применяют только к древостою и кустарникам, оставляя за травами, мхами, лишайниками название «напочвенный покров».

В расположении корней древесных насаждений также наблюдается ярусность. Корни трав занимают верхний слой, ниже размещаются корни кустарников, еще глубже (до 4 - 10 м и более) проникают корни древесных пород. Однако это не значит, что корни древесных пород не занимают верхних горизонтов почвы. Мозаичное размещение растений по площади обеспечивает каждое из них своей площадью питания. В пределах этой площади древесные растения осваивают все горизонты почвы. Однако основная масса их (от 80 % до 90 %) сосредоточена в верхнем (от 50 до 70 см) слое почвы.

Совокупность всех ярусов леса при некоторой их однородности на определенном участке земли составляет лесное насаждение, независимо от того, естественный или искусственно созданный лес. Совокупность же лесных насаждений образует массив леса.

Оценку продуктивности отдельных древесных насаждений в производственных условиях проводят методами таксации (от греч. выявляю, измеряю). Таксация проводится и в насаждениях лесных полос для их лесоводственной характеристики. Основными изучаемыми таксационными показателями (признаками) являются:

- 1) состав насаждений;
- 2) форма насаждений;
- 3) полнота;
- 4) происхождение;
- 5) возраст;
- 6) бонитет;
- 7) тип леса (для естественных и искусственных массивных насаждений);
- 8) средний диаметр;
- 9) средняя высота;
- 10) запас насаждений;
- 11) прирост;
- 12) товарность.

По составу различают чистые насаждения, состоящие из одной древесной породы (например, сосна на песках) и смешанные, слагаемые двумя или большим числом пород. Состав обозначают формулой, в которой буквами указываются названия образующих его пород, а числовыми коэффициентами перед ними долю участия (по запасу, м³) каждой породы в насаждении.

На первое место в формулах ставится древесная порода, преобладающая по доле участия, остальные породы записываются в порядке уменьшения их участия. Сумма коэффициентов в формуле состава каждого яруса насаждения всегда должна быть равна 10. Исходя из этого, например, одноярусное чистое дубовое насаждение обозначается формулой 10Д. Запись: I ярус - 7 Д 3 Я; II ярус - 5 Кл 3 Лп 2 В читается так: в первом ярусе 70 % дуба, 30 % ясеня; во втором – 50 % клена, 30 % липы, 20 % вяза. Если доля участия породы в запасе составляет 2 - 5 % , то в формуле вместо числового коэффициента ставят знак «+», а если

меньше 2 % , то запятую и буквы «ед» (единично). Например: 10 Д + Лп или 10 С, ед Б.

Для написания формулы состава древостоя приняты следующие сокращенные обозначения древесных пород: сосна - С, ель - Е, пихта - П, лиственница - Лц, кедр - К, дуб - Д, бук - Бк, береза - Б, берест - Бр, граб - Г, груша - Грш, ольха белая - Олб, ольха черная - Олч, осина - Ос, осокорь - Оск, тополь белый - Тб, вяз - В, ильм - И, ива - Ив, ясень - Я, явор - Яв, клен остролистный - Ко, клен полевой - Кп, клен татарский - Кт, липа - Лп и т.д.

По форме различают насаждения простые и сложные. Первые имеют в составе древостоя только один ярус, вторые - два и более. Улучшение условий произрастания увеличивает количество ярусов.

Полнота насаждения характеризуется плотностью размещения деревьев на единице площади с учетом их диаметров. Выражается в долях единицы. Максимальная плотность стояния принимается за 1,0. В таком насаждении кроны деревьев образуют сомкнутый полог - когда просветы между кронами деревьев будут меньше их средних размеров. При глазомерной таксации различают высокополнотные с полнотой 0,9 - 1,0; среднеполнотные - 0,6 - 0,8; низкополнотные - 0,4 - 0,6 и редины с полнотой 0,1 - 0,3. При точной (инструментальной) таксации полноту определяют по отношению суммы площадей сечения стволов таксируемого насаждения к табличной величине.

По происхождению различают насаждения развившиеся из семян и порослевые, образовавшиеся из спящих почек, корневых отпрысков и отводков, т.е. вегетативным путем, что характерно для дубовых, осиновых, березовых и некоторых других лиственных пород. Хвойные насаждения всегда только семенного происхождения.

Возраст отдельного дерева определяется подсчетом годичных колец на пне. У растущего дерева его устанавливают с помощью возрастного бурава. Им высверливается по радиусу столбик (кern) древесины и на нем подсчитывается число годичных слоев. Возраст молодых сосен соответствует числу мутовок.

Возраст лесного насаждения выражается средним возрастом составляющих его деревьев или классом возраста. Под ним понимают промежуток времени, в пределах которого лес хозяйственно однороден, т.е. требует одинаковых хозяйственных мероприятий. Для разных пород этот промежуток неодинаков. Он выражается в трех масштабах:

1) 20 лет для долго-растущих насаждений хвойных пород (ель, пихта) и семенных твердолиственных (дуб, ясень, бук);

2) 10 лет - для порослевых твердолиственных и семенных быстрорастущих мягколиственных пород (тополь, осина, береза);

3) 5 лет - для кустарников и порослевых мягколиственных пород.

I класс в пределах выделенных масштабов устанавливается соответственно 1 - 20 лет, 1 - 10 и 1 - 5 лет; II класс – 21 - 40, 11 - 20 и 6 - 10 лет и т.д.

Возрастные группы насаждений по их хозяйственному значению называют так: I - II классы возраста - молодняки, в том числе жердняки (фаза соответствующая второму классу) III - средневозрастные; IV - приспевающие; V - спелые; VI - VII - перестойные.

Бонитет насаждений характеризует продуктивность леса (лесной полосы), а поскольку продуктивность зависит от условий произрастания, то, следовательно, и эти условия. Высшие запасы относятся к I бонитету, самые низкие к V бонитету. Бонитет определяют по высоте насаждения и возрасту, используя специально разработанные проф. А.М. Орловым в 1911 г. таблицы.

Под типом леса понимают участки леса или их совокупность, характеризующиеся общим типом лесорастительных условий, сходным составом древесных пород и растений нижних ярусов, близкой фауной и требующих одних и тех же лесохозяйственных мероприятий. Название типа леса дают обычно по главной породе и травяному покрову (например, дубрава снытьевая). Учение о типах леса для таежной зоны разработано В.Н. Сукачевым, для южной тайги и лесостепи П.С. Погребняком и Д.В. Воробьевым. Классификация последних используется в лесомелиорации. В ней приводится некоторая детализация типологических понятий, в частности, дается определение типа лесного участка,

под которым понимают совокупность участков земли, сходных по почвенному плодородию, но в различных климатических условиях.

В пределах типа лесного участка будет один тип леса и один тип насаждений. При посадке лесных полос на поле, зная в какой тип лесного участка они входят, можно представить, какой в этих условиях нужно создать тип насаждений, чтобы он был биологически устойчивым.

Средний диаметр. Толщина древесных стволов даже в одновозрастном лесу неодинакова. Диаметр ствола измеряют на высоте 1,3 м мерной вилкой или окружность ствола мерной лентой. Результаты (в см) заносят в перечетную ведомость, округляя (для удобства вычисления) по ступеням толщины. Приняты такие градации этих ступеней: для диаметров до 16 см через 2 см, свыше 16 см - через 4 см. По результатам перечета вычисляют сумму площадей сечения отдельных деревьев и всех деревьев.

Средняя высота яруса древостоя необходима для определения его бонитета и для количественной характеристики. Высоты измеряются инструментально высотомерами у 2 - 3 деревьев для каждой ступени толщины.

Запас насаждения. Сумма объемов стволов деревьев (в м³/га) называется запасом насаждения. Видовое число показывает, в какой мере объем дерева отличается от объема цилиндра. У разных пород видовые числа колеблются от 0,352 до 0,592; у хвойных они выше, чем у лиственных; в молодом возрасте они выше, чем в старом.

6.3 Ассортимент древесных пород, типы и схемы смешения

Земли, нуждающиеся в полезащитном лесоразведении, занимают большую территорию. В РФ выделено 12 агролесомелиоративных районов, для которых характерны определенные почвенно-климатические условия (таблица 6.1). Для каждой из зон подбирают такие древесные растения, которые смогут в этих

условиях успешно расти. Для полезащитных полос очень важно, чтобы главная порода в данных условиях имела максимальную высоту, от которой зависит дальность влияния. Не менее важными признаками являются большая долговечность и высокая энергия роста по высоте в молодом возрасте, от которых зависит экономическая эффективность лесных полос. Правильно составленное сочетание древесных пород обеспечивает формирование биологически устойчивой лесной полосы.

При подборе главных, сопутствующих пород и кустарников учитывают также плотность кроны, ценность древесины и другие лесоводственно-биологические свойства. Если одна порода не обладает нужными свойствами, то их необходимо компенсировать путем создания смешанных насаждений. Например, при выращивании лесных полос из медленнорастущего дуба, необходимо вводить такие быстрорастущие породы как береза бородавчатая или тополь.

Следует иметь в виду, что некоторые древесные породы и кустарники являются промежуточными хозяевами различных грибов и вредителей для некоторых сельскохозяйственных культур. Так, в лесные полосы нельзя вводить крушину и барбарис, которые являются промежуточными хозяевами ржавчинных грибов, повреждающих зерновые культуры, а бересклет и акация белая являются распространителями тли, что опасно в свекло- и хлопкосеющих районах. На всех черноземных почвах центрально-черноземных областей (ЦЧО) и Северного Кавказа лучшая главная порода - дуб; в Заволжье, Западной Сибири и Алтайском крае - лиственница и береза. В юго-восточных районах на каштановых и светло-каштановых почвах используют менее ценные породы - вяз перисто-ветвистый, акацию белую и гледичию. Во всех районах, при залегании грунтовых вод на глубине до 4 - 5 м целесообразно вводить наиболее ценные виды и сорта тополей.

Таблица 6.1 - Агролесомелиоративные районы России

Регион	Агролесомелиоративные районы (зоны)	Климатические показатели		Преобладающие типы почв	Рекомендуемые породы		
		осадки за год, мм	испаряемость влаги за год, мм		Главные	Сопутствующие	Кустарниковые
1	2	3	4	5	6	7	8
Нечерноземный*	Влажная южнотаежная	400 - 800	400 - 800	П, П ^д	Со; Бб; Ео; Ес, Лц; Дч; Ос; Тбал	Ко; Кт; Лп; Ряб; Ябл	Жм; Лщ; Ак.ж; Бз.ч
ЦЧО	Полузасушливая Среднерусская лесостепная	450 - 500	500 - 580	Л; Ч ^{оп} , Ч ^в , Ч ^т	Дч; Бц; Лц; Соб; Еоб; Яоб; Тбер.; Тбал.; Тев.-ам	Ко; Лп; Ряб; Грш	Лщ; Жм, Бз.к; Ср
	Засушливая Среднерусская степная	350 - 450	550 - 750	Ч ^о иЧ ^ю	То же, кроме Ео, Яс и Тбер. и Тбал	То же + Кп, Яс зел.	Кт, Лщ, Ир, Сп, Брч, См з.
Северный Кавказ	Полузасушливая Приазовско-Предкавказская степная	450 - 600	700 - 800	Ч ^{мк} , Ч ^к	Дч; Соб; Скр.Яс об.; Глд; Ак б.; Ор гр.	Ко; Грш; Яс зел; Яв; Шел; Лп .	Кт; Брч; Ск; См.з.
	Очень засушливая Восточно-Предкавказская сухостепная	350 - 400	825 - 875	К ₃ и К ₂	-//-	-//-	-//-
Поволжье	Полузасушливая лесостепная зона Заволжья	380 - 500	500 - 630	Ч ^{оп} , Ч ^в , Ч ^т , Ч ^о	Дч; Лц; Соб; Бб; Тбал.; Тбер.	Ко; Лп; Ябл; Ряб; Чр;В	Кт; Лщ; Ср; Ир; Жм; Вш ст;
	Засушливая степная зона Заволжья	270 - 400	500 - 600	Ч ^о иЧ ^ю	То же, кроме тополей	Ко; Кт; Ябл; Лп; Грш; Шл	Ир; Об; Жм; См.зл

продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Очень засушливая сухостепная зона Нижнего Поволжья	300 - 400	750 - 825	K_2 и K_3	Соб; В3; Яс.з; Яс.п; Ак.б	-//-	Ир; Брч; Жм; См.з
	Очень засушливая сухостепная зона Заволжья	230 - 350	700 - 725	-//-	Ак.б; В; Там; Сак	Кт; Лх	Ир; См.з; Жм; Сд
Прикаспийская низменность	Сухая прикаспийская пустынно-степная зона	125 - 300	750 - 925	$K_2^{сн} + K_1^{сч}$	Взп; Сак; Там	Лх	-
Западная Сибирь	Полузасушливая Западно-Сибирская и Предалтайская лесостепная зона	300 - 400	360 - 430	$Ч^{оп}$, $Ч^B, Ч^Л+Сн$, Л	Лц; Соб; Бр; Тдуш; Тлав	Лц; Вяз; Кт; Яб.с	Ир; Об; Ср; См.з; Жм; Тр.с
	Засушливая степная зона	300 - 400	450 - 650	$Ч^o, Ч^{ю}, Ч^{сн}$	(Без орошения не возможно)		
	Оч. засушливая сухостепная зона	220 - 330	650 - 675	$K_3^{сн}, K_2$	При орошении Бкир; Лц; Кт; Ко; Смз; Ир; Сп; Об; Лп; Яб с Т; Яз		
						-//-	

Примечания

1 Принятые сокращения древесных пород: 1) главные: Ак б - акация белая; Дч - дуб черешчатый; Бб - береза бородавчатая; Бкир - береза киргизская; Глд - гледичия Ив д. - ива древовидная; Соб - сосна обыкновенная; Скр - сосна крымская; Лц - лиственница сибирская; Еоб - ель обыкновенная; Яс. об. - ясень обыкновенный; Яс з - ясень зеленый; Яс п. - ясень пушистый; Оск - осокорь; Т - тополя: Тбал - бальзамический; Тбер - берлинский; Тев.амер. - евро-американский; Тпир - пирамидальный; Ос - осина; Сак - саксаул; Там - тамарикс; Ор г - орех грецкий.

2 Сопутствующие: Грш - груша; К - клены: Ко - остролистный; Кт - татарский; Лп - липа мелколистная; Лх - лох узколистный; Ор. ч - орех черный; Ряб - рябина; Чр - черемуха; Шл - шелковица; Яб. с - яблоня сибирская; Яб л - яблоня лесная; Яв - явор.

3 Кустарниковые: Ак. ж. - акация желтая; Ач - алыча; Бз.к. - бузина красная; Бз.ч. - бузина черная; Брч - бирючина; Вш. с. - вишня степная; Жм - жимолость; Ир - ирга; Лщ - лещина; Об - облепиха; Сд - свидина; Ср - сирень; Скуп - скумпия; См.з. - смородина золотистая; Сп - спирея; Тр - терн.

Почвы: Л - серые лесные (Л₁ - светло-серые; Л₂ - серые; Л₃ - темно-серые); Ч - черноземы (Ч^{оп} - оподзоленные; Ч^В - выщелоченные; Ч^Т - типичные; Ч^о - обыкновенные; Ч^ю - южные; Ч^{МК} - предкавказские мицеллярно-карбонатные; Ч^К - карбонатные; Ч^{сн} - солонцеватые); Ч^Л - черно-земно-луговые; К -

каштановые (К₁ - светло-каштановые; К₂ - каштановые; К₃ - темно-каштановые; К^{сн} - солонцеватые); $K_2^{сн}$, $Сн^{сч}$ - комплекс каштановых солонцеватых с солонцами средними солончаковатыми. Сн - солонцы; Ск - солончаки; Сд - солоди; СБ - серо-бурые; Сб - бурые полупустынные; П - подзолистые; Пд - дерново-подзолистые. * Дополнительный регион.

Из сопутствующих пород в первую очередь рекомендуется использовать клены остролистный и полевой, липу мелколистную, вяз обыкновенный, абрикос, шелковицу; из кустарников - жимолость татарскую, скумпию, лещину, акацию желтую, свидину, смородину золотистую и др.

Смешение пород проводится с учетом выращивания лесных полос нужной конструкции, лесоводственно-биологических свойств отдельных пород и почвенных условий. При этом обязательно необходимо учитывать все формы взаимоотношений друг с другом. Древесные породы по своим взаимоотношениям должны соответствовать друг другу в определенных сочетаниях, под которым понимается не только конкретный набор видов, но и количественное соотношение (по массе) между ними, иначе говоря, пропорция их смешения в лесном насаждении. Основным примером для таких пропорций должны быть природные условия. Пренебрежение этой закономерностью не раз приводило лесоводов к неудачам при искусственном лесоразведении, в том числе и при создании лесных полос. В настоящее время руководствуются различными принципами выбора тех или иных сочетаний древесных пород при выращивании лесных полос и культур.

1 Эмпирический принцип предусматривает опытную проверку успеха роста произвольных (случайных) сочетаний древесных пород в разных условиях среды. Этот способ требует много времени для проверки. В основном использовался в прошлом, в настоящее время применяется лишь при выращивании интродуцированных древесных пород совместно с местными видами.

Поскольку не всегда есть возможность воспроизведения природных типов леса (особенно в степях), а также при необходимости введения новой для данных условий древесной породы, эмпирический принцип не подходит. Для этих целей разработаны иные принципы выбора сочетаний при посадках древесных пород.

2 Типологический принцип. Смешение пород по этому принципу возникло в результате подражания коренным типам леса в данных условиях. Всякие поправки в эволюционно сложившиеся пропорции и смешение видов приводят к неудачам при лесоразведении, как например, попытка создания

смешанных сосновых и дубовых культур, порядного смешения сосны с березой, дуба с ясенем и т.д. (дуба должно быть не менее 50-70 %, а от 30 % до 50 % должны составлять ясень, клен, липа и т.д.).

3 Биофизический принцип. Смешение древесных пород по этому принципу основано на учете биофизической формы их взаимовлияния. Проводится с учетом быстроты роста в высоту, требовательности к свету, плотности крон, размеров ствола, корней и крон и т.д. Древесные растения при совместном произрастании неодинаково влияют на физическую среду обитания: свет, влагу, тепло, что приводит к конкуренции за эти показатели при неудачном сочетании и смешении.

4 Биотрофный метод. Смешение пород по этому принципу основано на их способности изменять питательный режим почвы за счет их опада и корневых выделений. Так, введение лиственных пород, в определенных соотношениях (от 20 % до 30 %) под полог хвойных улучшает питательный режим последних и способствует лучшему их росту. Однако чрезмерное увеличение примеси лиственных пород (свыше 20 - 30 %) отрицательно сказывается на росте, например, сосны обыкновенной, вплоть до ее отмирания. Исследованиями установлен, что это связано с аллелопатическими взаимовлияниями.

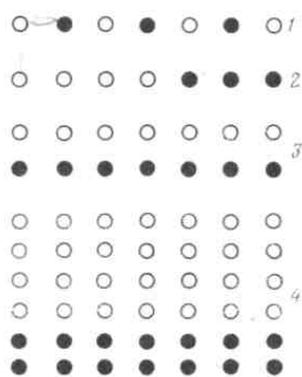
5 Аллелопатический принцип. Смешение древесных пород основано на учете аллелопатии, т.е. биохимических влияний. По характеру влияний на главную породу древесные породы подразделяют на *активаторы*, которые своими фитонцидами стимулируют жизненные процессы, и *ингибиторы*, подавляющие эти процессы. Так, для дуба черешчатого активаторами являются гледичия, жимолость татарская, клены остролистный, полевой, татарский, лещина, липа мелколистная, орех грецкий, свидина, а ингибиторами - акация белая, береза повислая, вяз, осина, сосна обыкновенная, тополь; для сосны обыкновенной соответственно - лиственница сибирская, скумпия и - акация желтая, береза повислая, дуб черешчатый, жимолость и т. д.

При составлении схем смешения рекомендуется брать примерно следующие пропорции: главная порода - не менее 50 % посадочных мест, породы

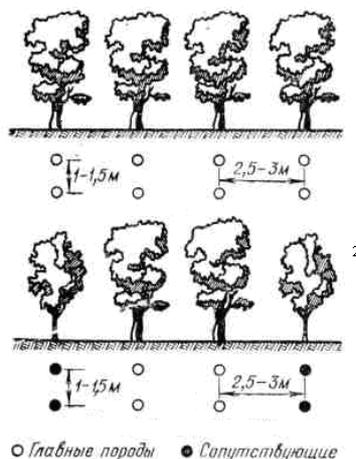
активаторы от 20 % до 30 %, породы ингибиторы - не более 10 - 20 %. Полностью ингибиторов избегать не следует. Малая их примесь, как показывает практика разведения леса, оказывает стимулирующее действие на главную породу, что объясняется закономерностями аллелопатии. Кроме того, большое разнообразие фитонцидов в лесном насаждении надежнее предохраняет его от поражения вредителями и болезнями.

Схемы смешения древесных пород для лесных полос. Их составляют в виде рисунков, где показано пространственное размещение разных видов древесных пород по отношению друг к другу. При составлении схемы смешения большое значение имеет выбор *способа смешения*, с помощью которого можно регулировать взаимоотношения древесных растений. Древесные породы смешивают:

- 1) подервно;
- 2) звеньями;
- 3) рядами: порядно или кулисами (лентами), а также группами (гнездами) или площадками (рисунок 6.2).



а



б

а - способы смешения древесных растений: 1 - подервный; 2 - звеньевой; 3 - рядовой; 4 – кулисный; б – четырехрядная полезащитная полоса: 1-из главной породы, 2 – из главной и сопутствующей пород.

Рисунок 6.2 – Способы смешения древесных пород

В качестве примера можно привести следующие типовые схемы смешения для полезащитных полос:

1 Для ЦЧО: главная порода - дуб, выращивается по коридорному типу, т.е., например, тополь пирамидальный + клен остролистный - дуб - дуб - дуб - тополь пирамидальный + клен остролистный. Размещение посадочных мест 2,5 x 1,0 - 1,5 м; конструкция продуваемая.

2 Западная Сибирь. Главная порода - лиственница, выращиваемая по древесно-теневому типу (это породы, способные расти в затенении, под пологом основных пород: липа, клен остролистный и полевой): лиственница + липа - лиственница - лиственница + липа. Размещение 3,0 x 1,0 - 1,5 м, ширина полосы - 9,0 м, конструкция ажурно-продуваемая.

3 Юго-восточные районы (светло-каштановые почвы). Главная порода - вяз перистоветвистый, выращивается по комбинированному или древесно-кустарниковому типам: смородина золотистая - вяз + клен ясенелистный - вяз + клен ясенелистный - вяз + клен ясенелистный - смородина золотистая. Размещение 3,0 x 1,5 м, ширина полосы - 15 м, конструкция ажурная.

Мелиоративное влияние полезащитных лесных полос достаточно эффективно проявляется даже у 2-х рядных полос. Однако в таких полосах выпадение отдельных деревьев приводит к резкому ухудшению аэродинамических свойств полосы и снижению ее защитных функций. Более устойчивыми являются полосы из 3 - 4-х, но не более 5-ти рядов. Большое количество рядов нецелесообразно, поскольку при этом из под сельхозпользования изымается большое количество плодородных земель. Кроме того, при этом затрудняется создание полос продуваемой и ажурной конструкции. Оптимальным количеством в составе лесных полос является 3 - 4 ряда и лишь в отдельных случаях создаются 5-ти рядные полосы.

Ширина полос зависит от количества рядов растений и ширины междурядий, которые могут колебаться от 2,5 до 4,0 м. Исходя из этого, ширина 3-х рядных полос изменяется от 7,5 до 12,0 м, у 5-ти рядных - от 12,5 до 20,0 м.

Общая площадь, отводимая под систему полезащитных лесных полос составляет от 2,5 % до 3,0 % площади пашни и не должна превышать 10 % защищаемой территории.

6.4 Полезащитные лесные полосы

Полезащитные лесные полосы - это линейные лесные насаждения, создаваемые на равнинных территориях и плоских водоразделах (на неорошаемых и орошаемых землях) для защиты пахотных земель и сельскохозяйственных растений от неблагоприятных факторов (рисунок 6.3). Это одна из групп защитных лесных насаждений. Их создают по границам полей севооборота для

- 1) задержания снега и равномерного его распределения по площади поля;
- 2) снижения скорости ветра;
- 3) уменьшения поверхностного стока и испарения влаги;
- 4) повышения влажности почвы;
- 5) предотвращения выдувания плодородного слоя почвы;
- 6) улучшения микроклимата и гидрологического режима территории;
- 7) повышения эффективности агрономических мероприятий;
- 8) предохранения посевов сельскохозяйственных культур от вымерзания, засухи, суховеев, пыльных бурь;
- 9) повышения на этой основе урожайности сельскохозяйственных культур.

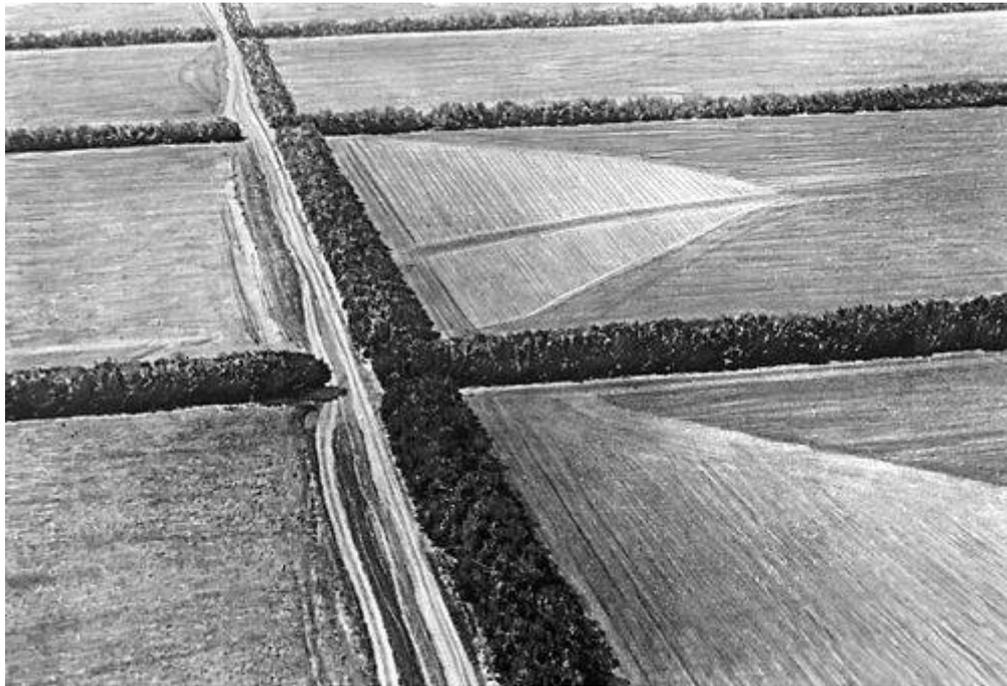


Рисунок 6.3 – Полезные защитные лесные полосы

Защитное действие лесных полос и их влияние на различные факторы зависит от их конструкции. Под *конструкцией лесной полосы* понимается построение лесной полосы, характеризуемое размерами и распределением просветов по вертикальному профилю, т.е. характеру проницаемости ее для ветра. Различают три основных конструкции лесной полосы:

- 1) непродуваемая (плотная);
- 2) ажурная;
- 3) продуваемая.

Конструкция лесной полосы зависит от ее ширины, состава пород и ярусности. Та или иная конструкция лесополос обеспечивается соответствующей схемой посадки (схемой размещения и смешения пород в насаждении) и последующим уходом за полосой (в основном рубками ухода и подчисткой стволов).

Непродуваемая (плотная) конструкция (рисунок 6.4) отличается почти полным отсутствием просветов на боковой поверхности лесной полосы. Это обычно широкие полосы, а если узкие, то достаточно густые. Они как правило

многоярусные (трехъярусные) и состоят из главных, сопутствующих древесных пород и кустарников. Но насаждение может быть и простым. Ветер обтекает такую полосу сверху, а через нее проходит не более 10 % ветрового потока в облиственном состоянии, а зимой и весной продуваемость будет больше.



Рисунок 6.4 - Лесная полоса плотной конструкции

Ажурная конструкция (рисунок 6.5) характеризуется более или менее равномерным размещением просветов (разной крупности) на боковой поверхности лесной полосы. Площадь просветов составляет от 25 % до 30 % площади стены лесной полосы. Равномерное распределение просветов обеспечивается тем, что в ее составе должны быть древесные породы разной интенсивности роста, что формирует два яруса. Наличие подлеска обязательно. Ширина таких полос от 15 до 20 м. Основная часть потока воздуха проходит через такую ажурную стену, а остальная обтекает ее сверху.

Продуваемая конструкция (рисунок 6.6) отличается от ажурной большей плотностью вверху и середине бокового профиля и более крупными просветами внизу.



Рисунок 6.5 - Лесная полоса ажурной конструкции

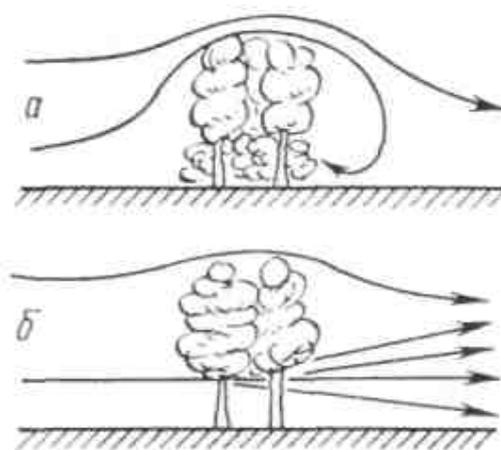


Рисунок 6.6 - Лесная полоса продуваемой конструкции

Площадь просвета между стволами более 60 %, в кронах – 15 %. Ширина таких лесных полос от 10 до 15 м. Насаждение двухъярусное, без подлеска. Основная часть потока воздуха проходит через нижнюю часть такой полосы, а оставшаяся обтекает ее сверху.

Кроме описанных основных конструкций бывают промежуточные или переходные.

В зависимости от конструкции лесополос меняется движение воздушного потока. Непродуваемую лесную полосу воздушный поток обтекает только сверху и почти сразу же обрушивается за ней, обычно на расстоянии от лесной полосы, равной 3 - 5Н (Н - высота лесной полосы). При этом, непосредственно за лесной полосой создается разреженное пространство, куда устремляется часть воздуха (рисунок 6.7)



а – плотная конструкция, б - продуваемая.

Рисунок 6.7 - Схема ветроломного действия лесных полос
(по Д. Л. Арманд)

В месте столкновения основного потока воздуха с поверхностью почвы образуется завихрение по направлению к лесной полосе, что имеет отрицательное действие: выдувание почвы, сдувание снега, а порой и снижение урожая сельскохозяйственных культур. Общую схему влияния лесной полосы

непродуваемой конструкции можно представить так: снижение скорости ветра до полного штиля с наветренной стороны до расстояния, равного 3 - 5Н, резкое снижение скорости ветра за лесной полосой и полное восстановление первоначальной скорости на расстоянии, равном 35 - 40Н.

При ажурной конструкции лесной полосы ветер проникает через нее по всему профилю. Схема влияния на скорость ветра следующая: наиболее сильное снижение скорости за лесной полосой в зоне до 3 - 5Н, где она составляет 30 – 40 % от первоначальной. Затем наблюдается постепенное увеличение скорости и восстановление ее до первоначальной на расстоянии равном от 40 до 50 Н полосы. Зона затишья с наветренной стороны полосы не образуется. Проходя через ажурную лесополосу потоки воздуха заполняют пространство за полосой, устраняя тем самым возможность появления зоны пониженного давления и завихрений воздуха.

При продуваемой конструкции значительная часть воздушного потока устремляется в просветы между стволами.

Скорость ветра в самой лесополосе может несколько увеличиться в результате сжатия его стволами, но за лесополосой она уменьшается. Завихрений также не образуется. Зона минимальных скоростей, равных 40 - 50 % первоначальной, формируется на расстоянии 3 – 8 Н полосы. Общее расстояние, на котором лесная полоса продуваемой конструкции может оказать влияние на снижение скорости ветра, составляет 50 – 55 Н лесной полосы. Таким образом, наиболее эффективное влияние на ветер оказывают ажурные и продуваемые лесные полосы.

Влияние лесных полос на уменьшение скорости ветра особенно сильно проявляется в системе лесополос. В этом случае, обтекая каждую полосу, ветровой поток теряет часть своей кинетической энергии, поэтому уменьшение скорости потока будет складываться из суммарного воздействия всех лесополос. При наличии системы лесополос с расстояниями между ними 30 Н, скорость ветра при подходе к следующей полосе не успевает полностью восстановиться и, таким образом, на защищенной территории скорость его значительно снижается.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур в открытой степи наблюдается при снижении скорости ветра на 15 %- 20 %.

На полях, прилегающих к лесным полосам, изменяются не только режим ветра, но и связанные с ним элементы микроклимата: температура и влажность воздуха и почвы, распределение снега и т.д.

Температура воздуха связана с температурой поверхности земли и скоростью теплообмена, которая определяется скоростью ветра и интенсивностью турбулентности. Днем в теплый период года в системе лесных полос температура воздуха бывает выше на 1° - 2° чем в открытой степи. Более резкие колебания до ± 6 °С наблюдаются вблизи опушек непродуваемых лесных полос, что может вызвать днем запал растений, а в ночные часы могут формироваться местные заморозки. В системе ажурных и продуваемых лесных полос эти отрицательные явления исключаются.

Лесные полосы, располагаясь на пути поверхностного стока значительно сокращают весенний поверхностный сток, а также летний ливневый сток. Это связано с тем, что почва в полосах промерзает на небольшую глубину и способна даже в неблагоприятные зимы обеспечить водопоглощение до 1 мм/мин. Кроме того, лесные полосы дренируют почву до определенной глубины своими корневыми системами, а подстилка и надземные части растений создают на пути стока шероховатую поверхность. В результате такого положительного влияния лесные полосы выполняют большое водорегулирующее значение.

Влияние лесных полос на влажность почв и грунтовые воды. Благодаря большой мощности снежного покрова, уменьшению поверхностного стока и потере влаги на испарение почва на полях в системе лесных полос поглощает на 10 - 30 % влаги больше, чем на безлесных участках.

Наибольшие запасы влаги в почве отмечаются в системе продуваемых и ажурно-продуваемых лесных полос. При близком залегании водоупорных горизонтов положительные свойства лесных полос могут оказать отрицательное влияние. Так, широкие водорегулирующие полосы в Новосильской АГЛОС вызывают заболачивание почвы в прилегающей верхней части склона в весенний

период, что затрудняет проведение сельхозработ. Лесные полосы сами транспирируют большое количество влаги. В результате под лесными полосами в конце вегетации почва бывает суше, а грунтовые воды находятся на большей глубине, чем на прилегающих полях. Это их влияние используется в качестве биологического дренажа при защитном лесоразведении на орошаемых землях.

Полезащитные лесные полосы в условиях равнинного рельефа.

Чтобы лучше использовать ветрозащитные свойства лесных полос, их надо правильно разместить на полях. Полезащитные лесные полосы проектируют при землеустройстве и размещают, как правило, взаимно увязывая с размещением границ полей севооборотов, а при больших размерах полей - и внутри их. Различают: основные или продольные полеззащитные лесополосы, проектируемые вдоль длинных сторон полей севооборота и поперечные, размещаемые перпендикулярно основным (рисунок 6.8).



а - основные; в - вспомогательные

Рисунок 6.8 - Схема размещения полеззащитных лесных полос

В равнинных условиях (на участках крутизной до $1,5^{\circ}$ - $2,0^{\circ}$) основные полеззащитные лесные полосы размещают в направлении, перпендикулярном преобладающим наиболее вредоносным ветрам. В лесостепных районах наибольший вред приносят метелевые и холодные ветры, а в степи - суховейные и

вызывающие черные бури. Если направления этих ветров совпадают, то проектирование лесных полос значительно облегчается. Если же не совпадают, а условия рельефа и организационно-хозяйственные требования не позволяют заложить лесные полосы строго перпендикулярно ветрам, то в соответствии с имеющимися инструктивными указаниями допускается отклонение полос от перпендикулярного направления на угол до 30° (рисунок 6.9).

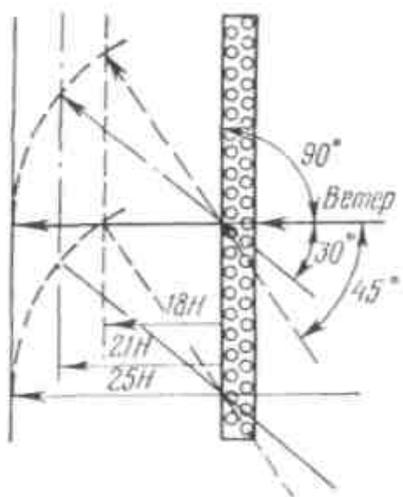


Рисунок 6.9 - Зависимость ширины защищенного поля от угла встречи ветра с лесной полосой

При этом исследованиями установлено, что ширина защищенного поля в зависимости от угла встречи ветра с лесной полосой меняется так: при 90° - $25H$ (наибольшая), при отклонении от нормы на 30° - $21H$, на 45° - $18H$. Расстояния между лесными полосами принимаются с учетом высоты, которой достигают средневозрастные лесонасаждения в данных условиях и конструкции полос.

Для продуваемых полос расстояние между основными полосами следует принимать равным $35 - 40 H$, для ажурных - $25 - 30 H$, для ажурно-продуваемых - $15 H$.

Высота главных древесных пород, обеспечивающих высоту лесополосы, в разных условиях неодинакова, поэтому расстояния между полосами в разных зонах будут различны:

- 1) на серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах - 600 м (высота деревьев от 20 до 22 м);
- 2) на типичных и обыкновенных черноземах - 500 м (H = 16 - 18 м);
- 3) на южных черноземах - 400 м (H = 12 - 14 м);
- 4) на темно-каштановых и каштановых почвах - 350 м (H = 10 - 12 м);
- 5) на светло-каштановых почвах - 250 м (H = 6 - 8 м).

На песчаных почвах лесостепи, степи и полупустыни расстояния между основными полезащитными полосами рекомендуется сокращать примерно на 1/3.

Расстояние между вспомогательными полосами должно быть в пределах от 1000 до 2000 м. При этом максимальный размер межполосной клетки будет равен 120 га, а минимальный - 25 га. На стыках и при пересечении лесных полос для проезда сельскохозяйственных агрегатов устраиваются разрывы шириной от 20 до 30 м. В основных полосах в отдельных случаях устраивают дополнительные разрывы шириной до 10 м. Если лесная полоса совпадает с направлением полевой дороги, то последнюю проектируют для меньшей снегозаносимости с наветренной стороны, а на склоне - вдоль верхней опушки для лучшего просыхания весной.

Особенности полезащитного лесоразведения в Нечерноземной зоне.

Полезащитное лесоразведение в этой зоне - это новое направление в агролесомелиоративной науке и практике. Основной неблагоприятный метеорологический фактор в этой зоне - это недостаток тепла и сдувание снега с полей, приводящее к вымерзанию озимых и многолетних трав. Лесные полосы противостоят этим отрицательным явлениям, поскольку под их защитой происходит повышение температуры воздуха и почвы, а также они оказывают положительное влияние на снегораспределение.

В этой зоне на безлесных сельскохозяйственных угодьях создается система искусственных лесных полос. Между основными полосами оптимальным

считается расстояние 300 м. Однако в наиболее неблагоприятных районах (севернее изолинии температур более 10 °С с суммой активных температур 1400 °С) эти расстояния уменьшают до 200 м - при этом достигается наибольший отепляющий эффект. В умеренно теплой зоне (между изолиниями от 1800°С до 2000°С), наоборот, расстояние между основными полосами следует увеличивать до 400 м.

Эти расстояния рекомендуются исходя из защитной высоты полос 16 – 18 м, при другой высоте расстояние корректируют. Расстояние между вспомогательными полосами принимается равным от 1500 до 2000 м. При расстоянии 400 м наибольший эффект дают лесные полосы продуваемой конструкции, при размещении через 200 м - ажурно-продуваемые. Ширину полос устанавливают от 5 до 10 м, при 3 - 4-рядном размещении. В качестве главных пород выращивают сосну обыкновенную, березу бородавчатую, ели: сибирскую и обыкновенную, лиственницу сибирскую, тополь бальзамический. Иногда в этой зоне проводят раскорчевку малоценных лесов под сельхозугодья. При этом практикуют оставлять естественные лесные полосы шириной 15 м с учетом указанного выше размещения.

Основные искусственные и естественные лесные полосы в Нечерноземной зоне должны размещаться в направлении восток-запад, с отклонением от этого направления на величину не более 30°. Лесные полосы в этой зоне позволяют значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Полезитное лесоразведение на орошаемых землях.

Орошаемое земледелие ведется в ЦЧО, Поволжье, Северном Кавказе, Западной Сибири. Опыт ведения поливного хозяйства показывает, что одно орошение не избавляет сельское хозяйство от атмосферных засух и суховеев, под действием которых при оптимальной влажности почвы урожай снижается на 30 %. Защитные лесные полосы на орошаемых полях не только способствуют повышению урожайности на 25 % - 30 %, но и ограничивают возможность поднятия грунтовых вод к поверхности, предупреждают вторичное засоление. Лесные полосы, выполняя большую ветроломную роль, сокращают потери воды

из каналов и почв на испарение. Пониженное испарение с поверхности почвы позволяет на 20 % - 25 % сократить нормы полива для сельскохозяйственных культур.

Лесные полосы размещают вдоль постоянных каналов, по границам полей севооборотов, вдоль постоянных дорог. Расстояние между основными полосами принимаются 400 - 600 м, на рисовых системах - от 400 до 800 м, а в районах с сильными ветрами расстояние уменьшается. Между вспомогательными лесными полосами расстояние принимается не больше 1500 м. Лесные полосы размещаются вдоль магистральных каналов и водосбросов, межхозяйственных, хозяйственных и постоянных участковых каналов. Защитные насаждения создаются по границам землепользования и на всех землях, непригодных для использования под сельскохозяйственные культуры. Вдоль постоянных магистральных каналов, расположенных вне орошаемой территории, создают полосы с двух сторон канала шириной до 15 м из 4 - 5-ти рядов древесных пород с кустарниками. По краям участковых распределителей, а также сбросных каналов создают лесные полосы из 2-х рядов шириной 6 м с одной или двух сторон канала. Хозяйственные распределительные каналы облесяются с одной стороны 3-х рядными полосами шириной до 9 м.

По границам полей севооборота и внутри полей, не совпадающим с каналами, создают лесные полосы из 2 - 3-х рядов. Вдоль дорог проектируют лесные полосы аллейного типа из 1 - 2 рядов с северной, северо-западной или северо-восточной сторон. Лесные полосы рекомендуется создавать ажурной или продуваемой конструкции. На поливных землях можно использовать более широкий и ценный ассортимент пород, чем в засушливых условиях на богарных землях. На участках с близким залеганием пресных грунтовых вод полосы создают из тополей и древовидных ив. При недостаточном увлажнении (по границам орошаемых земель, по границам полей севооборотов, удаленных от каналов, на участках с закрытой и лотковой водоотводящей сетью) вводят более засухоустойчивые породы, а на засоленных почвах — солеустойчивые.

6.5 Противоэрозионные лесные полосы

Докучаевскую идею рационального хозяйственного использования территории водосбора и регулирования на нем гидрологического режима развил в советское время проф. А.С. Козменко (1954).

Для регулирования поверхностного стока и предохранения почв от смыва и размыва он предложил комплекс противоэрозионных мероприятий, включающих агротехнические, фитомелиоративные и гидротехнические приемы и способы, которые выполняются на фоне противоэрозионной организации территории. Эта система мероприятий, уточненная и дифференцированная, широко используется и в настоящее время. Важный организующий, компенсирующий и мелиорирующий фактор в почвозащитном комплексе защитные лесные насаждения. Они регулируют ветровой, температурный и гидрологический режимы территории, перераспределяют вещество и энергию агроландшафта, являются неотъемлемой частью природопользования. Выступая совместно, лесные насаждения усиливают почвозащитную роль агротехнических приемов и гидротехнических устройств, а с другой стороны, сопрягаясь с гидросооружениями, повышают свою эффективность.

В условиях расчлененного рельефа выделяют три зоны (фонда):

- 1) приводораздельный с крутизной склонов до 2° - 3° ;
- 2) присетевой, расположенный ниже приводораздельного на склонах крутизной от 2° - 3° до 8° - 9° , требующий специальных почвозащитных севооборотов;
- 3) гидрографический фонд включает овраги и древнюю гидрографическую сеть с берегами крутизной $> 8^{\circ}$ - 9° . Используется под лугопастбищные или лесные угодья.

Защитные лесные насаждения являются наиболее долговечными и эффективными в предупреждении и прекращении водной эрозии. Все виды противоэрозионных лесных насаждений можно объединить в пять систем:

- 1) защитные насаждения на водораздельных склонах, выполняющие противоэрозионную и полезащитную роль;
- 2) защитные насаждения в овражно-балочной сети, предназначенные для прекращения эрозии в гидрографическом фонде;
- 3) защитные насаждения вокруг искусственных водоемов, необходимые для защиты их от заиления и потерь воды на испарение;
- 4) защитные насаждения в поймах рек, оказывающие водоохранно-почвозащитное, полезащитное и другое мелиоративное влияние на окружающую среду;
- 5) защитные насаждения на бросовых землях, отработанных промышленными предприятиями (рекультивация земель).

На склонах крутизной более $1,5^{\circ}$ - $2,0^{\circ}$ не создается обычной системы основных и вспомогательных лесных полос. В этих условиях полезащитную роль выполняют водорегулирующие, прибалочные и частично приовражные лесные полосы.

Водорегулирующие лесные полосы. Основное назначение их - перехватить стекающую сверху воду, перевести поверхностный сток во внутрипочвенный и защитить нижележащий более крутой склон от смыва и размыва. Располагаясь на пахотных землях, эти полосы одновременно являются и полезащитными. Водорегулирующие лесные полосы являются одним из основных видов системы противоэрозионных насаждений и их эффективность зависит от угла вхождения воды - он должен быть прямым. Ширина этих полос может быть до 15 м, в этом случае коэффициент стока снижается почти в 3 раза. Роль полос сильно увеличивается (в 3 - 4 раза), если провести их обвалование по нижнему ряду.

Мелиоративный эффект стокорегулирующих защитных лесных насаждений проявляется как на занимаемой, так и на прилегающей территориях. Более равномерно распределяя снег на полях, препятствуя его испарению и сносу, защитные лесные насаждения снижают глубину промерзания почвы, повышают эффективность стокорегулирующих агроприемов, впитывание талой воды. Стокорегулирующие лесные полосы применяют на приводораздельном и

присетевом фонде по границам полей и рабочих участков. Размещают их поперек линии стока прямолинейными отрезками или по горизонталям склона. Параметры систем таких полос определяют гидрологическими расчетами. Для расчета межполосных расстояний предложено несколько способов: по допустимому смыву почвы, ветрозащитному эффекту, неразмывающим скоростям водных потоков. Оптимальное расстояние устанавливают с учетом доли влияния вредоносных факторов.

Для расчета расстояний между противоэрозионными рубежами по неразмывающим скоростям используют формулу академика А.Н. Костякова, дополненную показателем мелиоративного влияния леса:

$$L_{мп} = \frac{V_H^2 \cdot K_M}{m^2 \cdot C \cdot Q \cdot X \cdot K_\phi}, \quad (7)$$

где $L_{мп}$ – межполосное расстояние, м;

V_H – допустимая (неразмывающая скорость потока), м/с;

K_M – коэффициент влияния мелиоративных полос;

m – коэффициент изборожденности поверхности склонов;

C – коэффициент, зависящий от уклона и шероховатости поверхности;

Q – коэффициент склона стока;

X – интенсивность осадков, мм/мин;

K_ϕ – коэффициент формы профиля склона.

Лесные полосы в противоэрозионном комплексе обычно рассчитывают на регулирование остаточного стока 10 % вероятности превышения. Для условий нашей страны ориентировочные межполосные расстояния на склонах следующие (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Межполосное расстояние на склонах

В метрах

Почвы	Крутизна склона, град			
	1,5 - 2	2 - 3	3 - 4	4 – 5
Серые лесные	220	180	160	140
Оподзоленные и выщелоченные черноземы	320	260	230	200
Обыкновенные черноземы	290	240	210	190
Южные черноземы	230	190	170	150
Каштановые	180	150	130	120
Светло-каштановые	130	110	100	90

Учитывая, что поверхностный сток на склонах сосредоточен по ложбинам, фактически в поглощении стоковой воды участвует не вся лесная полоса, а лишь «рабочие» участки ее, составляющие от 5 % до 20 % площади. Таким образом, получаемые показатели ширины лесных полос оказываются очень большими (несколько десятков и даже сот метров) и неприемлемыми с хозяйственной точки зрения.

Для усиления гидрологической роли лесных полос на склонах с ложбинами предложено полосы сопрягать с земляными гидротехническими сооружениями - валами и валами-канавами по ложбинам. Гидросооружения формируют небольшие пруды, тем самым повышают рабочую площадь лесополосы, время и скорость впитывания стоковой воды. Поэтому для расчета ширины обвалованной лесополосы применяют зависимость:

$$B = \frac{h}{i} \quad (8)$$

где B - ширина обвалованной лесополосы, м;

h - рабочая высота гидросооружения, м;

i - тангенс уклона поперек полосы.

Ширина лесной полосы равна длине прудка воды, формируемого гидросооружением. Важный параметр защитных лесных насаждений на склонах - их конструкция или ветропроницаемость. В отличие от ветроломных и полезащитных стокорегулирующие лесополосы призваны трансформировать не только водный, но и ветровой потоки. Оптимальным эффектом по снижению скорости ветра обладают лесополосы с ветропроницаемостью от 40 % до 60 %, а по поглощению поверхностного стока - максимально плотные. К тому же часто не совпадают направления вредоносного ветра и линии стока. Поэтому выбрать оптимальную ветропроницаемость представляет большую трудность. На практике стокорегулирующие насаждения создают повышенной плотности, а ветроломные - ажурными и продуваемыми. Однако оптимальным вариантом было бы создание лесополосы повышенной густоты по ложбинам стока и ветропроницаемой между ложбин. Снегораспределительные лесные полосы и кулисы на склонах создают более узкими (1 - 3 ряда). Их размещают на расстоянии от 100 до 250 м между основными лесополосами.

При проектировании лесных полос на склонах часто приходится выпрямлять их на ложбинах либо прокладывать под определенным углом. Эффективное влияние на водопоглощение оказывают породы с глубокой корневой системой (дуб, лиственница, тополь канадский, липа) и дающие рыхлую подстилку (липа, лещина, жимолость).

Прибалочные лесные полосы - предназначены в основном для предупреждения размыва балок и образования оврагов. В ряде случаев они являются и полезащитными. Проектируют шириной от 12,5 до 21 м в зависимости от степени опасности размыва балки и образования оврага. Размещают их у бровок балок по возможности прямолинейными отрезками. Если полосы проектируют по обеим сторонам балки, к вершине их смыкают. Прибалочные лесные полосы скрепляют корнями занимаемую ими почву, препятствуют сносу снега в балки, обеспечивают более медленное таяние снега и перевод поверхностного стока во внутренний. Конструкция прибалочных лесных полос плотная, тип посадки древесно-кустарниковый. Здесь также, как и в

приовражных, в первую очередь надо использовать древесные породы с глубокой и мощной корневой системой, хорошо скрепляющей почву и способствующей высокой водопроницаемости.

В лесостепи и степи лучшей породой является дуб, в лесной зоне - сосна обыкновенная и лиственница сибирская.

Поскольку прибалочные лесные полосы нередко проектируют на смытых почвах, не следует применять породы плохо на них растущие (клен остролистный и полевой, ясени зеленый и обыкновенный, вяз и дуб). Кустарники в таких полосах размещают в опушечных рядах, сопутствующие породы - в предошущечных, а главные - в центральных рядах.

Приовражные лесные полосы проектируют для прекращения роста и закрепления уже возникших оврагов, в то же время они выполняют роль и полезащитных лесных полос. Ширина их от 12,5 до 21 м. Конструкция непродуваемая или ажурная. Эти полосы размещают с обеих сторон вдоль бровки оврага на расстоянии ожидаемого осыпания откоса, но не ближе от 3 до 5 м и протягивают выше вершины на расстояние от 20 до 50 м. Основное назначение приовражных лесных полос - обеспечить зарастание оврагов древесной растительностью естественным путем. С этой целью в опушечные ряды со стороны бровки вводят корнеотпрысковые породы - облепиху, терн, акацию белую, иргу, вишню степную, осину, бересклет и др.

6.6 Пастбищезащитные лесные полосы

Пастбища степных, полупустынных и пустынных районов в Российской Федерации занимают площадь около 50 млн га. На постоянных и отгонных пастбищах для развития животноводства основной задачей является улучшение естественных пастбищ и создание прочной кормовой базы. Наряду с орошением и обводнением, поверхностным и коренным улучшением агротехническими

приемами, внедрением пастбищеоборотов и созданием огороженных участков, на пастбищах весьма эффективными являются лесомелиоративные приемы.

На постоянных и отгонных пастбищах создают:

- 1) пастбище защитные лесные полосы;
- 2) зеленые (древесные) зонты;
- 3) защитные насаждения (у кошар, ферм, животноводческих комплексов);
- 4) озеленительные посадки у жилых зданий на фермах, комплексах и кошарах;
- 5) затишковые насаждения;
- 6) пастбищные мелиоративно-кормовые насаждения.

Защитные насаждения на пастбищах оказывают различное мелиоративное влияние на занимаемую ими и примыкающую к ним пастбищную территорию или на животных. Указанные виды защитных насаждений создаются в сухой степи, полупустыне и пустыне на постоянных и сезонных пастбищах, у ферм и кошар, мест отдыха скота и птицы и на скотопрогонных трассах в более благоприятных почвенно-гидрологических условиях. Полосные, куртинные и иные зоолесомелиоративные насаждения повышают продуктивность пастбищ, способствуют рациональному их использованию, защищают животных от летнего зноя и зимней стужи, а постройки - от заноса снегом и песком. С их помощью улучшается естественный травостой и создаются более благоприятные условия для коренного улучшения кормовых угодий посевом и подсевом ценных кормовых культур, а в отдельных случаях (саксауловые и другие полосы) сами служат дополнительным источником кормов. Благодаря полосам облегчается практическое осуществление пастбищеоборотов. При системном выпасе скота емкость пастбищ возрастает, не происходит разрушение почвы и не возникает ветровая эрозия.

Пастбищезащитные лесные полосы располагают по границам выпасных участков, они состоят из продольных (основных) и поперечных (вспомогательных) лесных полос плотной конструкции. На ровных

местоположениях продольные полосы размещают перпендикулярно направлению наиболее разрушительных ветров, на склонах - поперек склонов.

Расстояние между продольными пастбище защитными лесными полосами не должно превышать на южных черноземах 350 м, темно-каштановых почвах - 300, каштановых - 250, светло-каштановых - 200 и бурых полупустынных почвах от 100 до 150 м. На сильно подверженных ветровой эрозии песчаных пастбищах с бугристым рельефом во всех природных зонах продольные лесные полосы размещают через 50 - 100 м, а поперечные - через 1000 - 2000 м (на почвах, подверженных выдуванию - на расстоянии не более 1000 м). В продольных полосах для перехода скота с одного участка на другой предусматривают разрывы шириной 15 - 30 м через 300 - 900 м в шахматном порядке.

Пастбище защитные полосы создают посадкой или посевом древесных или кустарниковых пород, соответствующих зональным почвенно-климатическим условиям. В Европейской части РФ и Сибири полосы создают из трех рядов (ширина междурядий от 3 до 5 м и размещение сеянцев в ряду через 0,8 - 1,5 м) или из трех посевных лент шириной до 3 м каждая (при ширине междурядных необработанных полос от 3 до 6 м) по плантажной или другой мелиоративной обработке почвы.

При создании пастбищезащитных лесных полос из саксаула, черкеза, кандыма, тамарикса, чогона уход за почвой, как правило, не предусматривается, а земельные участки, занятые лесными полосами, из состава пастбищных угодий не исключаются. На облесенных участках временно (3 - 5 лет) прекращают пастьбу скота и используют их как сенокосы.

Способ коренного улучшения пастбищ в условиях полынно-эфемерной пустыни при помощи мелиоративных полос из саксаула черного, который обладает исключительной пластичностью, произрастает на тяжелых глинистых почвах (такырах), суглинистых почвах и песках, имеет глубоко идущую корневую систему, его побеги хорошо поедаются овцами.

Зеленые (древесные) зонты - специальные древесные (реже кустарниковые) насаждения куртинного типа, создаваемые виде небольшого в

основном правильной (прямоугольной) формы искусственного колка площадью 0,3 - 1,2 га на пастбищах, чаще всего у водопоев или в других местах дневного отдыха животных с целью защиты их от солнцепека, изнурительного летнего зноя и облегчения терморегуляции животных.

Под зелеными зонтами, создающими тень и прохладу, значительно уменьшаются прямая солнечная радиация, температура воздуха и почвы, повышается относительная влажность воздуха в приземном слое, образуется легкое охлаждающее движение воздуха, даже в штилевую погоду, а при ветре уменьшается его скорость, что создает хорошие условия для отдыха животным, избавляет их от перегрева и заметно сокращает потребность животных в воде. При соответствующем подборе пород, выделяющих фитонциды, можно вырастить зеленые зонты, обладающие инсектицидными свойствами и избавляющими животных от назойливых насекомых. Они значительно повышают жизненность животных и их продуктивность.

Зеленые зонты как локальные - небольшие по площади насаждения, которые могут быть созданы во всех районах засушливых степей, полупустынь, пустынь (рисунок 6.10). Засушливость климата и неблагоприятные почвенные условия во многих районах развитого животноводства ограничивают возможности успешного повсеместного произрастания древесных пород, но и в этих условиях можно найти небольшие участки с лучшими почвенно-гидрологическими условиями в понижениях, западинах. Под них нельзя отводить участки солонцов, солончаков, сильно солонцеватых светло-каштановых и бурых почв.

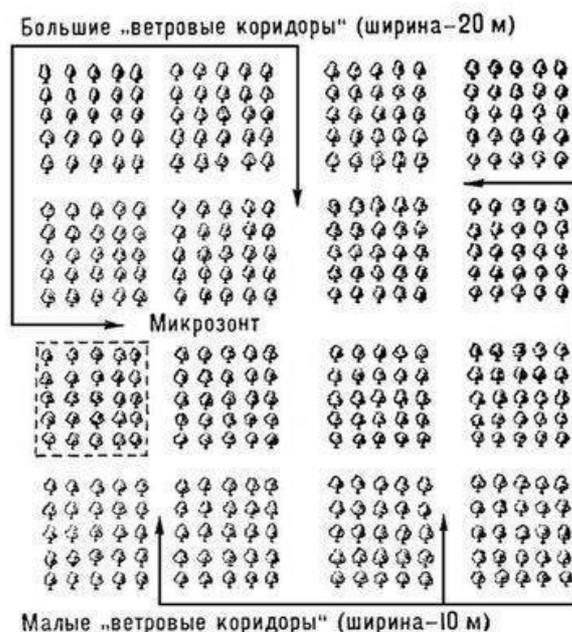


Рисунок 6.10 – Зеленые зонты

Для каждой отары овец или гурта крупного рогатого скота целесообразно заложить два зеленых зонта: один у фермы (кошары), на участке дневного отдыха недалеко от водопоя (не далее 100 м); другой - в центре выпасного участка. Зеленые зонты для птиц закладываются непосредственно у птичника с одной или с двух сторон от него. Для маточной отары в 1200 - 1300 голов овец или гурта крупного рогатого скота в 180 - 200 голов зеленый зонт закладывают площадью от 1,0 до 1,2 га; для отары в 500 - 600 овец или гурта крупного рогатого скота в 100-120 голов можно ограничиться площадью от 0,3 до 0,5 га.

Для нормального размещения животных в тени зеленого зонта требуется следующая площадь. Эффективной поверхности на одну голову: от 2,5 до 3 м² для овец (от 1,5 до 2,0 м² для ягнят), от 10 до 12 м² для крупного рогатого скота (от 4 до 6 м² для телят) и от 0,2 до 0,3 м² для птицы.

Площадь эффективного теневого покрытия в полуденное время в зеленом зонте с ветровыми коридорами, как правило, не превысит от 50 % до 60 % его общей площади, рассчитанную норму площади эффективной теневой поверхности для отары или гурта скота удваивают и получают необходимую площадь участка под зеленый зонт.

При создании зеленых зонтов в зависимости от зональных условий и назначения применяют вяз перистоветвистый, клен ясенелистный, грушу, акацию белую, гледичию, айлант, орех грецкий, клены полевой и татарский, яблоню, абрикос, сосну, шелковицу, лох, саксаул, джужгун, а при хорошем водном обеспечении - тополя: канадский, белый и другие. Для обеспечения птиц витаминным кормом целесообразно высаживать также другие плодовые (вишню, алычу, терн, иргу, смородину золотистую и другие) и бобовые породы. В зеленые зонты для крупного рогатого скота и овец вводят более густокронные и быстрорастущие породы. Создавать зеленый зонт однопорядным нежелательно, микрозонты, наоборот, следует создавать из одной породы.

Прифермские (прикошарные) защитные насаждения - лесные посадки полосного типа, располагаемые у животноводческих ферм и кошар со всех сторон или со стороны господствующих ветров для защиты животноводческих помещений и самих животных зимой от снежных и холодных ветров, а в весенне-летний и осенний периоды от пыльных бурь и заносов песком и пылью. Прифермские и прикошарные насаждения размещают на расстоянии от 30 до 50 м от животноводческих построек в виде лесных полос, состоящих из 2 - 4 лесных кулис шириной от 10 до 20 м (3 - 5 рядов), каждая со снегосборными разрывами между ними в 15 - 20 м. Число кулис, снегосборных разрывов и их ширина определяются величиной снежных заносов.

В зависимости от конкретных условий местопроизрастания в качестве древесных и кустарниковых пород используют наиболее устойчивые породы. Для повышения продуктивности отдельных массивов низкоурожайных пустынных и полупустынных пастбищ крайнего юго-востока РФ создают пастбищные мелиоративные редкостойно-кустарниковые насаждения, где высеваемые (реже высаживаемые) кустарники служат дополнительным источником корма и предотвращают выдувание почвы. Редкостойно-кустарниковые насаждения создают сплошными с бессистемным редким расположением кустов саксаула, черкеза и других пород или с расположением их рядами через 10 м, кулисами

(шириной 50 - 100 м с межкулисными пространствами такой же ширины), куртинами (на небольших по площади низкоурожайных участках пастбищ).

6.7 Придорожные лесные полосы

6.7.1 Защитные лесные полосы вдоль железнодорожных путей

Защитные лесные насаждения на железных дорогах распространены почти во всех почвенно-климатических зонах. Они всюду оказались по эффективности, надежности, долговечности и дешевизне лучшим средством защиты железнодорожного пути благоприятных природных явления препятствуют нормальной эксплуатации железных дорог.

Лесонасаждения вдоль железных дорог выполняют разносторонние защитные функции: ограждают путь от снежных и песчаных заносов; препятствуют проникновению на путь безнадзорного скота; прикрывают линии связи, автоблокировки, централизации, сигнализации, контактной сети движущиеся поезда от вредного воздействия ветров; защищают железнодорожное полотно и сооружения от разрушающего действия водных потоков, оползней и оврагов; предохраняют источники водоснабжения от заиления и повышенного испарения; применяются для декоративного и санитарно-оздоровительного озеленения путевых зданий станций и других объектов железнодорожного транспорта.

В зависимости от выполняемой основной защитной роли лесные насаждения на железных дорогах делятся на следующие виды: снегозадерживающие или снегопоглощающие, ветроослабляющие, пескоукрепительные, озеленительные и др.

Идея использования лесной растительности для защиты железных дорог от неблагоприятных природных явлений возникла и начала осуществляться во

второй половине XIX в. на бывшей Московско-Нижегородской железной дороге, где в 1861 г. впервые были посажены двухрядные живые изгороди из ели для предотвращения заносов пути снегом. Вскоре еловые изгороди начали создавать и на других дорогах. Посадки в тот период приходилось размещать на узкой полосе отчуждения железных дорог, поэтому они состояли чаще всего из 7 - 9 рядов деревьев и кустарников. При такой ширине, как показал опыт, лесные полосы не в состоянии были поглотить весь приносимый к дороге снег, а там, где посадки размещались близко от путей, они способствовали образованию на них наносов и отношение к лесным полосам изменилось. На многих дорогах не только прекратилось выращивание таких лесонасаждений, но начали вырубать созданные.

Большую помощь оказал Г.Н. Высоцкий, который, проанализировав работу посадок, указал на основную причину неудовлетворительного защитного действия полос - недостаточную их ширину. Дал первую формулу для примерного расчета ширины лесной полосы в зависимости от снегозаносимости участка пути. Для практического осуществления этих выводов потребовалась более широкая полоса земельного отвода. В итоге в дореволюционный период было выращено 3 тыс. км еловых живых изгородей и около 3,7 тыс. км лесных полос из лиственных пород.

В настоящее время выращивание посадочного материала, создание новых насаждений и ведение хозяйства в существующих лесных насаждениях возложено на крупные специализированные хозяйства - станции защитных лесонасаждений.

Агротехника выращивания защитных лесонасаждений вдоль линий железных дорог и подбор древесно-кустарниковых пород те же, что и для выращивания других защитных лесных насаждений. Однако их принципы создания, конструкции и размещение на территории имеют некоторое отличие.

Если густые, непродуваемые конструкции полезащитных лесных полос, накапливая огромные массы снега, не выполняют полностью функции, поставленные перед ними сельским хозяйством, то именно такая конструкция наиболее полно отвечает задачам защиты пути от снежных и песчаных заносов.

Чем больше снега задержит лесная полоса, тем меньше его отложится на железнодорожном полотне. Исходя из этого ширину лесных полос устанавливают из расчета поглощения всего приносимого к железной дороге снега в очень снежные зимы.

Различают одно полосные, т.е. размещенные по одной полосе с каждой стороны полотна, конструкции защитных лесных полос и многополосные с разрывами, т.е. по несколько полос с каждой стороны полотна. В засушливых районах преимущественно создают лесные полосы многополосной конструкции с разрывами, т.е. по несколько полос с каждой стороны полотна (от двух до восьми). Разрывы между ними шириной от 10 до 30 м. Чем лучше лесорастительные условия, тем шире (до 9 - 11 рядов деревьев в каждой) лесные полосы, тем меньшее число их размещается на каждой стороне полосы отвода земель и тем шире делают разрывы между ними. Наоборот, чем хуже лесорастительные условия, тем уже (3 - 4 ряда) лесные полосы, тем больше их число (5 - 8) размещается на каждой стороне отвода земель и тем меньше разрывы между ними. Расстояние между деревьями и кустарниками в лесных полосах в рядах составляет 0,75 м, между рядами от 2,5 до 3,0 м. Для дополнительного увлажнения почвы разрывы между ними (межполосные пространства) распахивают и поддерживают в состоянии черного пара.

В насаждениях густых снизу доверху, с кустарниковым подлеском и густой полевой кустарниковой опушкой снежный вал формируется с крутыми склонами. Он начинает откладываться сразу за первыми рядами посадок и быстро растет вверх. После того как гребень снежного вала достигает более ветропроницаемой части кроны, он начинает продвигаться в глубь насаждения. Снег в густом насаждении, как правило, откладывается по его ширине неравномерно. В полевой части снег может ложиться валом огромной высоты (до 5 - 7 м) и наносит здесь деревьям и кустарникам повреждения.

В насаждениях более редких с неплотной полевой кустарниковой опушкой сугробы формируются более вытянутые, с пологими склонами. Снежный вал быстрее продвигается вглубь насаждения и несколько равномернее

распределяется по его ширине. При слабых или косых, по отношению к путевой опушке ветрах сугробы образуются с более крутыми склонами, чем при ветрах сильных и дующих под прямым углом. В теплые дни с температурой около 0° снег проникает вглубь насаждения и образует сугробы с более крутыми склонами, чем в холодные, когда снег имеет большую сыпучесть. В течение зимы снег в сугробе слеживается и, уплотняясь, оседает. Особенно большая осадка снега отмечается в период весеннего его таяния. Величина осадки зависит от плотности снега. Сильнее всего подвергается осадке рыхлый снег.

Снеголом в снегозадерживающих лесонасаждениях - постоянное явление. В отдельные годы он вызывает огромные разрушения. Интенсивность снеголома зависит от высоты снежного вала, его плотности, чередования в сугробе плотных слоев с рыхлыми и быстроты снеготаяния. Растения повреждаются во время осадки сугроба. Поэтому деревья и кустарники, находящиеся с наветренной стороны снежного вала, подвергаются снеголому меньше, чем с заветренной.

В настоящее время лаборатория защитных лесонасаждений НИИ железнодорожного транспорта предложила производству новую схему снегозадерживающих лесных полос, в которых древесные породы и кустарники рекомендуется выращивать в виде отдельных кулис. Эти кулисы либо непосредственно примыкают одна к другой, либо отделяются одна от другой интервалами. Кулисы с древесными породами выращиваются по древесно-теневому типу смешения, который даже в сухой степи не менее устойчив, чем древесно-кустарниковый. Кустарниковые кулисы надо размещать с заветренной стороны кулис из древесных пород.

Проверка работоспособности таких лесных полос, проведенная в течение пяти зим на Орской дистанции защитных лесонасаждений и трех последних зим в посадках многих других сильнозаносимых дистанций, показала, что лесные полосы нового строения работают лучше старого. В них гребень сугроба и основная масса снега с первой же метели начинает откладываться в межполосном интервале за кустарниковой кулисой; вся полевая кулиса из древесных пород попадает в наветренную часть снежного вала с более плотным снизу доверху

снегом и поэтому менее опасную в отношении снеголома.

6.7.2. Защитные лесные насаждения вдоль автомобильных дорог

Защита лесными полосами автомобильных дорог от заносов их снегом приобрела также широкий размах. Конструкции защитных лесных полос вдоль автомобильных дорог, агротехника их выращивания, подбор древесных и кустарниковых пород аналогичны лесным полосам, выращиваемым вдоль линий железных дорог.

Заносам снега подвержены прежде всего автодороги в степных и лесостепных районах. Очистка их различными механизмами, защита планочными щитами, плетнями, снежными стенками обходится очень дорого. И здесь правильно созданные защитные лесные насаждения - самое надежное и экономичное средство защиты дорог от снежных заносов.

Защиты требуют прежде всего автодороги, проложенные в понижениях, где снег откладывается даже при слабых метелях; дороги же, проложенные на возвышенностях, как правило, защиты не требуют, так как снег с возвышенных мест обычно сдувается ветром. В таких местах целесообразно создавать декоративные одно-, двухрядные или куртинные насаждения из древесных пород. Конструкции и расстояние лесных защитных насаждений, выращиваемых вдоль дорог, проложенных в выемках и понижениях, зависят от объема приносимого снега в течение зимнего периода.

Озеленению дорог придается значение при ландшафтном планировании агротерриторий. Во многих европейских странах придорожные древесные посадки выполняют одновременно функции полевых защитных полос и являются неотъемлемым элементом дизайна современных ландшафтов. Они создаются в виде одного или нескольких рядов древесных растений на некотором расстоянии от полотна дороги. При объемах переносимого снега от 25 до 50 м³ резервную

зону оставляют шириной от 20 до 30 м при снегопереносе до 75 м³ и более – 40 - 50 м. Если объем снега, приносимый к дороге, достигает от 150 до 200 м³, необходима двухполосная система снегозадерживающих посадок с разрывом между ними от 30 до 35 м. Кустарники высаживают в полевых опушках.

Породный состав носит зональный характер; предпочтение отдается устойчивым к снеголому и декоративным породам. При правильном размещении и эксплуатации придорожные насаждения успешно защищают автодороги от заноса снегом и пылью. В то же время они существенно уменьшают загрязненность окружающей среды, принимая на себя наибольшую нагрузку по нейтрализации выхлопных газов, что особенно актуально для автомагистралей с интенсивным движением. В придорожных насаждениях накапливаются свинец, медь, никель, кадмий, цинк, марганец и другие металлы, которые обнаруживаются в лесной подстилке и почве под насаждениями, на листовых пластинках, в семенах и плодах растений.

Фильтрующая способность насаждений усиливается с увеличением их ширины и густоты (плотности). В то же время во многих случаях для предупреждения заносов дорог снегом насаждения должны быть достаточно ветропроницаемыми. Сочетание таких противоречивых задач разрешается только при специальном их проектировании. На территориях с менее напряженным ветровым режимом часто сажают вдоль дорог однорядные полосы из высокорослых деревьев с участием декоративных пород. В открытых степных и лесостепных районах они проходят в основном по сельскохозяйственным угодьям. Без лесонасаждений вдоль автодорог может заметно снижаться качество сельскохозяйственной продукции, собираемой с придорожных участков активного загрязнения на расстоянии до 30 м и более.

Контрольные вопросы

- 1 Общие сведения о лесомелиорации.
- 2 Понятие о лесе.
- 3 Ассортимент древесных пород, типы и схемы смешения.

- 4 Полезащитные лесные полосы.
- 5 Противоэрозионные лесные полосы.
- 6 Пастбищезащитные лесные полосы.
- 7 Защитные лесные полосы вдоль железнодорожных путей.
- 8 Защитные лесные насаждения вдоль автомобильных дорог.

Список использованных источников

- 1 Агролесомелиорация и плодородие почв / Е.С. Павловский [и др.]; под ред. Е.С. Павловского. – М. : Агропромиздат, 1991. – 288 с.
- 2 Бабилов, Б.В. Гидротехнические мелиорации : учебник для вузов / Б.В. Бабилов. - 4-ое изд., стер.– СПб.: Изд-во «Лань», 2005. – 304 с.
- 3 Багров, М.Н. Сельскохозяйственная мелиорация / М.Н. Багров, И.П. Кружилин. – М. : Агропромиздат, 1985. – 271 с.
- 4 Беляев, А.Б. Мелиорация почв : учебное пособие с лабораторными работами / А.Б. Беляев, Д.И. Щеглов. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2005. – 248 с.
- 5 Владыченский, С.А. Сельскохозяйственная мелиорация почв / С.А. Владыченский. – М. : Изд-во МГУ, 1982. – 398 с.
- 6 Ерхов, Н.С. Мелиорация земель / Н.С. Ерхов, Н.И. Ильин, В.С. Мисенев. – М. : Агропромиздат, 1991. – 319 с.
- 7 Зайдельман, Ф.Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. Генетические, агрономические и мелиоративные аспекты / Ф.Р. Зайдельман. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – 329 с.
- 8 Зайдельман, Ф.Р. Мелиорация почв: учебник / Ф.Р. Зайдельман. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Изд-во МГУ, 2003. - 448 с.
- 9 Зайдельман, Ф.Р. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация.

/Ф.Р. Зайдельман, А.П. Шваров. - М.: Издательство МГУ, 2002. - 168 с.

10 Зайдельман, Ф.Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. / Ф.Р. Зайдельман. - М.: Агропромиздат, 1991. - 320 с.

11 Калинин, М.И. Лесные мелиорации в условиях эрозионного рельефа / М.И. Калинин. – Львов : Изд-во Львовск. ун-та, 1982. – 279 с.

12 Караваева, Н.А. Заболачивание и эволюция почв / Н.А. Караваева. - М.: Наука, 1982. - 296 с.

13 Ковда, В.А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых земель / В.А. Ковда. – М. : Колос, 1984. – 304 с.

14 Колесниченко, М.В. Лесомелиорация с основами лесоводства / М.В. Колесниченко. – М. : Колос, 1981 – 335 с.

15 Колпаков, В.В. Сельскохозяйственные мелиорации / В.В. Колпаков, И.П. Сухарев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 319 с.

16 Лысогоров, С.Д. Орошаемое земледелие / С.Д. Лысогоров, В.А. Ушкаренко. – М. : Колос, 1981. – 382 с.

17 Маслов, Б.С. Справочник по мелиорации / Б.С. Маслов, И.Б. Минаев, К.В. Губер. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 384 с.

18 О мелиорации земель : федер. закон от 10 января 1996 г. N 4-ФЗ (с изменениями и дополнениями) // Российская газета. - 1996. – 18 января.

19 Остапенко, Б.Ф. Лесоводство и лесомелиорация : учебное пособие / Б.Ф. Остапенко, А.И. Швиденко. – Киев : Высш. шк., 1989. – 311 с.

20 Панин, П.С. Процессы засоления и рассоления почв / П.С. Панин, И.Б. Долженко, В.И. Чукомов. – Новосибирск : Изд-во «Наука» Сибирское отделение, 1976. – 90 с.

21 Писарьков, Х.А. Гидротехнические мелиорации лесных земель / Х.А. Писарьков, А.Ф. Тимофеев, Б.В. Бабиков. – М. : Лесная промышленность, 1978. – 156 с.

22 Практикум по курсу «Мелиорация почв». / Ф.Р. Зайдельман, Л.Ф. Смирнова, А.П. Шваров, А.С. Никифорова - М.: Издательство Московского университета, 2002. - 52 с.

23 Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации / А.А. Богушевский [и др.]; под ред. Е.С. Маркова. – М. : Колос, 1981. – 375 с.

24 Эколого-технологические аспекты лесного хозяйства в степи и лесостепи: материалы конференции / под ред. А. В. Голубева; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2007. – 108 с.

25 Bresler, E. Saline and Sodic Soils / E. Bresler, B.L. McNeal, D.L. Carter. - Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York, 1982. – 149 p.