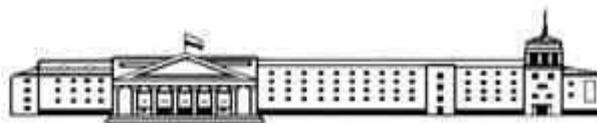


С.В. Сольский
С.Ю. Ладенко

ИНЖЕНЕРНАЯ
МЕЛИОРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций»

С.В. Сольский
С.Ю. Ладенко

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург
2010

УДК
ББК

Рецензент

Профессор Кафедры портов, строительного производства, оснований и фундаментов, Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций, доктор технических наук
В.М.Кириллов

Сольский С.В., Ладенко С.Ю.

Инженерная мелиорация.: учебно-методическое пособие / С.В. Сольский, С.Ю.Ладенко – СПб.:СПГУВК, 2010. – ____ с.

Приводятся сведения, необходимые для самостоятельной работы студентов специальности _____ «Гидротехническое строительство».

УДК

ББК

С.В. Сольский, 2010
С.Ю. Ладенко, 2010
ФГОУ ВПО СПГУВК, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение	6
Глава 1. Общие вопросы инженерной мелиорации на современном этапе развития науки и общества	7
1.1. Природообустройство. Мелиорация как часть природообустройства. История развития мелиорации.....	7
1.2. Общие подходы к мелиорации земель.....	9
1.3. Понятие геосистемы. Природные и техногенные ландшафты.....	11
1.4. Цели, задачи, виды мелиорации.....	13
1.5. Потребность в различных мелиорациях по климатическим зонам. Водный баланс мелиорируемых территорий.....	15
1.6. Категории земель по назначению и правовому режиму.....	18
1.7. Нормативные документы в области природопользования. Основы проектирования гидротехнических мелиоративных сооружений.....	20
1.8. Изыскания при проектировании мелиоративных мероприятий.....	24
1.9. Основные гидрогеологические понятия и определения. Вода в горных породах. Фильтрация в грунтах.....	27
1.10. Условия питания, движения и дренирования подземных вод. Типы подземных вод. Режим подземных вод.....	33
Глава 2. Осушительные мелиорации несельскохозяйственных земель	37
2.1. Факторы подтопления и заболачивания территорий: естественные и искусственные. Обоснование необходимости осушения территорий. Норма осушения.....	37
2.2. Определение методов и способов осушения земель в зависимости от типа водного питания и водного баланса переувлажненных территорий.....	43
2.3. Осушительные системы. Ограждающая, регулирующая, проводящая сети.....	48
2.4. Закрытая осушительная система. Дренаж. Классификация дренажей.....	58
2.5. Особенности мелиорации земель поселений. Ускорение отвода поверхностного стока. Ограждение территории от притока поверхностных вод. Понижение уровня грунтовых вод. Искусственное повышение поверхности территории.....	72
2.6. Водопонижение при строительстве зданий и сооружений. Водоотвод. Водоотлив...	77
2.7. Мелиорация в гидротехническом строительстве. Земли водного фонда. Учет возможных последствий подтопления территорий при проектировании гидротехнических сооружений. Устройство дренажей гидротехнических сооружений.....	85
2.8. Мелиорация земель промышленности. Мелиорация земель добывающей промышленности. Осушение болот с целью добычи торфа. Мелиорация земель обрабатывающей промышленности.....	92
2.9. Мелиорация земель транспорта. Дренаж автомобильных дорог. Водоотвод и дренаж на аэродромах Осушение территории порта.....	95
2.10. Мелиорация земель лесного фонда. Осушение лесных земель.....	100
Глава 3. Мелиорация в сельском хозяйстве	103
3.1. Мелиорация в сельском хозяйстве. Характеристика сельскохозяйственных земель России.....	103
3.2. Осушительные мелиорации.	105

3.2.1. Избыточно-увлажненные минеральные земли.....	105
3.2.2. Требования сельскохозяйственного производства к водно-воздушному режиму почвы. Норма осушения сельскохозяйственных земель. Способы осушения.....	106
3.2.3. Осушение сельскохозяйственных земель открытым и закрытым способом. Условия применения. Кротовый и щелевой дренаж.....	108
3.3. Оросительные мелиорации.....	113
3.3.2. Поливные нормы и сроки поливов. Неvegetационные и дополнительные поливы. Графики гидромодуля. Особенности режима орошения риса.....	115
3.3.3. Способы и техника полива сельскохозяйственных культур. Поверхностный способ полива. Полив дождеванием. Типы дождевальных систем. Внутрпочвенный полив.....	119
3.3.4. Оросительные системы, основные элементы. Проводящая и регулирующая оросительная сеть. Конструкции и расчет оросительной сети.....	128
3.3.5. Источники воды для орошения. Качество оросительной воды. Орошение поверхностными и подземными водами. Лиманное орошение. Орошение сточными водами.....	138
3.3.6. Головные водозаборы. Типы водозаборов, особенности применения.....	144
3.3.7. Отстойники на водозаборных сооружениях. Характеристики взвешенных наносов. Расчеты отстойников. Сорудерживающие решетки.....	154
3.3.8. Дренаж на орошаемых землях. Мелиорация засоленных земель.....	158
3.4. Мелиорация в садово-парковом хозяйстве. Особенности мелиоративных мероприятий на малых площадях.....	161
Глава 4. Природоохранное обустройство территории.....	164
4.1. Защита земель от водной эрозии и оврагов.....	164
4.2. Борьба с затоплением земель и наводнениями.....	167
4.3. Борьба с размывами берегов рек, водохранилищ и морей.....	172
4.4. Борьба с оползнями и селями.....	180
4.5. Обводнение территорий. Потребность в обводнении.....	186
4.6. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации гидромелиоративных систем.....	187
4.7. Комплексное обустройство (мелиорация) водосборов.....	191
Список литературы.....	194

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие представляет собой курс лекций по дисциплине «Инженерная мелиорация» и разработано на основе обобщения обширного материала, включающего современную нормативно-правовую, научно-методическую, научную, техническую, учебную, учебно-методическую и справочную литературу.

В пособии приводятся современные разработки в области проектирования мелиоративных мероприятий, при этом инженерная мелиорация рассматривается как часть природообустройства – направления, активно развивающегося в настоящее время, основным принципом которого является комплексное использование природных ресурсов, согласование требований природопользователей и свойств природы, придание ее компонентам новых свойств, повышающих их потребительскую стоимость, учитывая приоритет охраны природы перед ее использованием, даются сведения о современной нормативно-методической базе проектирования.

Исследования в области инженерной мелиорации в настоящее время ведутся во многих вузах, научных и научно-производственных организациях. В пособии рассматриваются теоретические основы мелиорации, заложенные такими известными учеными, как А.Н.Костяков, С.К.Абрамов, С.Ф. Аверьянов, Н.Н.Павловский и др., научно-методические разработки последних лет, выполненные в Московском государственном университете природообустройства, Московском государственном университете, Санкт-Петербургском архитектурно-строительном университете, Оренбургском государственном университете и др. Авторы выражают благодарность за помощь и поддержку, оказанную при разработке пособия зав.кафедрой мелиорации и рекультивации земель МГУП д.т.н., профессору А.И. Голованову, сотрудникам кафедры профессору, к.т.н. С.П.Ильину, доценту, к.т.н. Ю.И. Сухареву.

В данном курсе цели, задачи, виды мелиораций приводятся с учетом особенностей земель различного назначения и правового режима, дается представление о потребности в различных мелиорациях по климатическим зонам. Для понимания общих принципов движения воды в грунтах, необходимого при планировании инженерных мелиораций, рассматриваются условия нахождения, питания, фильтрации, дренирования подземных вод, факторы, влияющие на подтопление и заболачивание территорий.

В пособии изложены основные принципы расчета осушительных систем, виды дренажей, условия их применения. В главе, посвященной мелиорации сельскохозяйственных земель, дается понятие способов осушения и орошения этих земель, основные принципы проектирования оросительных систем, их виды, техника поливов, защита воды, подаваемой потребителю, от наносов.

Также уделяется внимание вопросам природоохранного обустройства территорий, защите земель от водной эрозии и оврагов, затопления и подтопления, оползней и селей, мероприятиям, предохраняющим берега рек и водохранилищ от размывов, охраны вод при проектировании мелиоративных мероприятий.

Пособие подготовлено в соответствии с рабочей программой читаемого курса дисциплины. Для понимания общих принципов, задач, направлений развития современной инженерной мелиорации большее внимание уделено теоретической части курса. Так как расчеты мелиоративных систем зачастую представляют собой довольно сложный процесс, и имеется достаточно специальной литературы, посвященной их проведению, авторами пособия дается ссылка на эту литературу. Для выполнения практических работ по курсу «Инженерная мелиорация» рекомендуется пользоваться «Пособием к выполнению практических работ по инженерной мелиорации».

Материал, включенный в курс, подобран таким образом, чтобы в результате его изучения студент получил необходимое развитие, на основе которого он в дальнейшем мог бы самостоятельно разобраться и изучить новый вопрос по инженерной мелиорации, который может встретиться в его будущей инженерной практике и мог принимать самостоятельное решение по данному вопросу.

ГЛАВА 1. ИНЖЕНЕРНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБЩЕСТВА

1.1. Природообустройство. Мелиорация как часть природообустройства. История развития мелиорации

Для того чтобы обеспечить своё существование человечеству всегда приходилось изменять окружающую среду. Изначально это заключалось в создании условий для земледелия - орошение, осушение территорий, противостоянии природным бедствиям – наводнениям, подтоплению земель, засухе.

Если на начальных этапах развития общества влияние человека на природу было незначительным, то за последние 100-150 лет в связи с быстрым ростом населения, развитием промышленности, сельского хозяйства, освоением новых территорий антропогенное влияние на природу стало нарастать, часто приводя к негативным последствиям. В настоящее время стало очевидно, что естественные природные ресурсы ограничены, а их неразумная эксплуатация может привести к необратимым и разрушительным процессам глобального характера. В то же время, человек в своей жизнедеятельности не может отказаться ни от использования природы, ни от изменения ее компонентов, ни от научно-технического прогресса, поэтому необходимо обеспечить гармоничное сочетание суверенных интересов человеческого общества со столь же суверенными «интересами» природы.

В целом, взаимоотношения человека и природы можно разделить на:

1) *природоведение* - познание объективных законов возникновения, развития, функционирования отдельных компонентов природы и их совокупности в виде природно-территориальных комплексов или геосистем различного ранга;

2) *природопользование* - вовлечение в общественное производство вещества, энергии и информации, содержащихся в компонентах природы, для удовлетворения материальных и культурных потребностей человеческого общества;

3) *природообустройство* - новое направление, получившее развитие в наши дни, в задачи которого входит согласование требований природопользователей и свойств природы, придание ее компонентам новых свойств, повышающих потребительскую стоимость или полезность компонентов природы, восстановление нарушенных компонентов.

Природообустройство включает:

- *мелиорацию* различных земель (сельскохозяйственных, водного и лесного фондов, поселений, промышленности, транспорта, связи; рекреационного, оздоровительного, историко-культурного, научного, оборонного назначения);

- *рекультивацию* нарушенных и загрязненных земель - восстановление свойств компонентов природы или даже самих компонентов в процессе или после их использования;

- *природоохранное обустройство территорий*: борьба с водной и ветровой эрозией, восстановление естественной гидрографической сети, особенно малых рек, водоохранных зон; защита от некоторых природных стихий (наводнений, подтоплений, оползней, размывов берегов, селей).

Мелиорация земель является важной составляющей природообустройства. Человек занимался мелиорацией постоянно, как только перешел к оседлому образу жизни. *Мелиорация* - это глубокое (прочное, длительное, по А. Н. Костякову, 1938 г.) изменение компонентов природы для повышения потребительской стоимости (полезности) земель. В отличие от временных мероприятий по улучшению земель (расчистка поверхности, вспашка, удобрение и т. п.) мелиорация изменяет природные условия на десятки и сотни лет.

Самый древний вид мелиорации - обводнение и орошение. По свидетельству Геродота, царь Мин (Менес) около 3000 лет до н. э. построил на Ниле плотину высотой 15 м и отвел реку в канал. Для защиты отдельных участков поймы от затопления древние египтяне строили земляные валы. Определенное развитие оросительные мелиорации получили в древнем Китае, Индии, Месопотамии, Вавилоне и других странах Востока.

В более позднее время осушением и орошением начали заниматься в Западной и Восточной Европе. Наибольшего размаха осушительные работы достигли в средние века в Голландии и Северной Германии. При этом одновременно с осушительными работами на материке, в прибрежной зоне отвоевывались у моря и осваивались земли путем обвалования и подсыпки территории.

К настоящему времени на земном шаре орошается свыше 250 млн.га сельскохозяйственных площадей. Главнейшие орошаемые массивы расположены в Китае, Индии, Египте, Иране, США, Японии, Франции, Италии, Мексике и других странах. Осушение осуществлено на площади около 200 млн.га.

На территории России первые осушительные работы в небольших масштабах начались с XI-XII в.в. в Новгородском, Владимирском, Московском княжествах. Наиболее значительный объем мелиоративных (осушительных) работ выполнен при Петре Первом во время строительства Петербурга. Осушение территории проводилось также при строительстве гг. Петергофа, Ораниенбаума, Кронштадта и других. Отвод осушаемых вод осуществлялся открытыми дренажными системами (каналами).

Закрытые системы осушения (дренажи) начали строить с середины XIX в. после изобретения в Англии пресса для изготовления гончарных труб. Первый закрытый дренаж в России был заложен в 1856 г. на ферме Горы-Горецкого земледельческого училища (г. Горки Могилевской обл., Белоруссия) на площади в 132 га. При этом осушили торфяные луга по р. Проне, разбив на них сад, огород, поля под зерновые культуры. Частично этот дренаж работает и в настоящее время.

После Великой Октябрьской социалистической революции мелиорации земель стали уделять усиленное внимание. В. И. Ленин считал, что мелиорация должна играть важную роль в развитии производительных сил в Средней Азии и Закавказье. Уже в мае 1918 г. он подписал декрет об организации оросительных работ в Туркестане. По этому декрету предусматривалось освоить под орошение 500 тыс. га земель в Голодной степи и Самаркандской области, 40 тыс. га в Дальверзинской степи, 10 тыс. га в Фергане и построить плотины на р. Зеравшан в Узбекистане и р. Чу в Киргизии.

Первый государственный план обустройства Советской России - ГОЭЛРО включал раздел «Мелиорация и электрификация», в котором отмечалась важность осушения заболоченных земель, лугов и болот в северной, центральной и западной частях России. В разделе указывалось, что в осушении нуждается 30-40 млн. га земель.

Развитие мелиоративных работ основывалось на научных исследованиях. Наиболее существенный вклад внес академик Александр Давыдович Дубах. Первые его работы опубликованы еще в 1908 году. Большие работы по теории и практике гидромелиорации выполнены академиком А. Н. Костяковым. Его многолетние исследования позволили подготовить учебник «Основы мелиорации», выдержавший шесть изданий, последнее из которых было осуществлено в 1960 году. Многие положения в мелиоративной науке, приведенные в этой книге, актуальны и в настоящее время.

Интенсивно развивались осушительные и оросительные мелиорации в первые годы пятилеток. Осушение проводилось в центральной и западных областях страны, орошение в южных районах. К 1941 г. общий объем выполненных мелиоративных работ составил 10 млн. га. Однако за годы второй мировой войны большая часть осушительных систем европейской части вышла из строя, а земли подверглись повторному заболачиванию.

В послевоенные годы масштабы мелиоративных работ постоянно увеличивались и к 1960 г. выполнение достигло 16 млн. га. К этому же времени было обводнено около 49 млн. га пастбищ, что способствовало значительному увеличению поголовья скота.

В последующие годы планами развития страны предусматривалось планомерное интенсивное развитие всех видов мелиорации и к 1990 г. объем орошения и осушения земель оставил около 40 млн. га. С распадом СССР мелиорированные площади в России занимают около 15 млн. га, и темпы их дальнейшего развития значительно сократились.

Тем не менее, перспективы остаются внушительными. До конца не реализована программа мелиорирования российского Нечерноземья; в Западной Сибири, в междуречье Иртыша и Оби располагается крупнейший массив земель перспективного осушения. Восточная Сибирь и Дальний Восток также ждут своего часа. Юг России нуждается в значительных оросительных мелиорациях. В стране заболочены огромные лесные массивы. Их осушение - коренное средство значительного повышения продуктивности лесов, улучшения условий их эксплуатации, правильного ведения лесного хозяйства. В мелиорации нуждаются многочисленные торфоразработки. Большой объем мелиоративных работ предстоит выполнить в Дагестане, Калмыкии и Астраханской области, в связи с подъемом уровня Каспийского моря.

Развитие научных основ мелиорации в нашей стране связано с именами таких крупных ученых, как В. В. Докучаев, А. А. Измаильский, П. А. Костычев, В. Р. Вильямс, В. В. Подырев, П. А. Витте, А. Н. Костяков, Б. А. Шумаков, А. Д. Брудастов, И. А. Шаров, Н.Н.Павловский, С. Ф. Аверьянов и др.

1.2. Общие подходы к мелиорации земель

Земля - это территория с угодьями (пригодная для какого-либо использования), находящаяся в чьем-то пользовании, владении или собственности. Вместе с тем земля - это общенациональное достояние, богатство народов, на ней проживающих, основа жизни и деятельности человека.

Согласно Земельному кодексу Российской Федерации земля - природный объект, важнейшая составная часть природы, природный ресурс, средство производства в сельском и лесном хозяйстве, основа осуществления хозяйственной и иной деятельности; с позиций права - она недвижимое имущество, объект права собственности и иных прав. В Кодексе заявлен приоритет охраны земли перед ее использованием, которое не должно наносить ущерб окружающей среде. Поэтому забота о земле, ее улучшение - не только дело отдельных пользователей или владельцев, но и общегосударственное дело, что нашло отражение в Законе РФ «О мелиорации земель». Государство берет на себя обязательство координировать и контролировать работы по мелиорации, осуществляемые как за счет владельцев, так и за счет местных и федерального бюджетов.

В законе «О мелиорации земель» понятие «мелиорация» трактуется как «коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противозерозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и др. мелиоративных мероприятий». В то же время, при решении задач мелиорации необходимо учитывать все компоненты природной среды (приземный слой атмосферы, растительность, подстилающие горные породы, почвы, поверхностные и подземные воды), а не только почвы. В противном случае улучшение одних компонентов природной среды для пользы человека может вызвать негативные последствия для других.

В качестве наглядного примера недоучета взаимодействия природных факторов при проведении мелиоративных мероприятий можно привести орошение земель Шурузьякского, Джетысайского и Сардобинского понижений в старой зоне Голодной степи (Узбекистан). Эти понижения в природном ландшафте являлись зонами разгрузки геохимических потоков и активного соленакпления. В условиях орошения природные процессы засоления орошаемых массивов резко усилились, что отрицательно сказалось на качестве сельскохозяйственных земель.

Влияние осушительной мелиорации на окружающую среду всегда вызывало общественные волнения. Острая полемика началась ещё во второй половине XIX века, когда в военных целях экспедицией генерала Жилинского было предпринято осушение Полесья. Возражения Министерства путей сообщения сводились к тому, что осушение болот приведёт к обмелению Днепра и Припяти. Помещики черноземных губерний опасались учащения засух на юге России при уменьшении атмосферных осадков.

Интересно, что доводы, выдвигавшиеся против мелиорации сто лет назад, практически в той же формулировке выдвигаются и сейчас, несмотря на то, что к настоящему времени накоплен значительный научный и практический опыт. В Нечерноземной зоне России и стран ближнего зарубежья имеются около 40 млн. га сельскохозяйственных переувлажнённых минеральных почв и 86 млн. га торфяных. Эти земли предназначены для проведения осушительных мероприятий. При их осуществлении необходимо учитывать двойственный характер функционирования современных мелиоративных систем, рассчитанных не только на осушение, но и увлажнение, при этом предусматривается строительство водохранилищ и прудов. Такие системы должны обеспечивать своевременное удаление избыточных вод с заболоченных земель и в то же время могут быть водоприёмниками и накопителями вод для увлажнения почв в засушливые периоды года.

В настоящее время остро ставится вопрос защиты природных вод от загрязнения. Следует иметь в виду, что с дренажными водами мелиоративных систем при водоотведении выносятся биогенные вещества, пестициды и другие химические соединения. Как показали гидрохимические исследования, конструкции мелиоративных систем оказывают существенное влияние на качество грунтовых вод, регулирующей, проводящей сети и водоприёмника.

Главным вопросом, особенно при крупномасштабной мелиорации, является влияние осушительных мелиораций на водный режим регионов. После создания осушительной системы гидрологический режим существенно трансформируется. Наибольшие изменения отмечаются в речном стоке. В первые годы начальной эксплуатации осушительных систем в бассейне происходит некоторое увеличение годового стока за счёт интенсивного сброса избыточных вод. Впоследствии он может снизиться до своей первоначальной величины (до начала мелиоративных работ).

Установлено, что после проведения осушения земель, особенно в первые годы, в речном стоке повышается доля подземного питания. Анализ послемелиоративных изменений стока в летне-осеннюю межень показал, что в этот период водность реки увеличивается. Сток весеннего половодья меняется мало, в основном в сторону его снижения, так как на мелиорируемых землях он формируется под влиянием двух основных факторов, действующих в противоположных направлениях: увеличение ёмкости зоны аэрации (понижается уровень грунтовых вод), что вызывает большие потери талых вод, и возрастание скорости стекания весенних вод вследствие развитой искусственной гидрографической сети.

В настоящее время высказывается много нареканий в адрес мелиораторов в связи с регулированием и спрямлением малых рек. Следует сказать, что так называемое решительное спрямление проводилось тогда, когда страна не обладала достаточными материальными, денежными и энергетическими ресурсами. Кроме того, необходимо было решать проблему обеспечения населения страны продовольствием. На этом этапе необходимо было путём применения простых, недорогих методов мелиорации быстро ввести в интенсивный сельскохозяйственный оборот осушенные земли.

Часто в мелиоративных целях строятся многочисленные водохранилища, пруды. Примером тому может быть Полесская низменность, где в организации водного хозяйства использованы два подхода. Если в Белорусском Полесье для обеспечения развития сельского хозяйства создаются в основном водохранилища, то в Украинском - пруды.

В результате крупномасштабной мелиорации, проведённой за последние два десятилетия, Белорусское Полесье превратилось в один из развитых индустриально-аграрных регионов республики. Без сомнения, мелиорация земель сыграла ведущую роль, без неё интенсификация сельского хозяйства в этом регионе была бы просто невозможна. И при этом не произошли те катастрофические последствия, которые пророчили, а именно: обмеление Днепра и Припяти, не изменился климат и не участились засухи. Например, объём стока Днепра у поста Лод-Каменка в 1980 г. был такой же, как и в 1824 г., несмотря на то, что в водосборе до этого поста осушено около 3 млн. га земли.

Таким образом, при проектировании мелиоративных мероприятий необходимо предварительно проводить расчет допустимой нагрузки на природную среду с учетом приоритета охраны земель перед их использованием.

Главным из нерешённых в настоящее время вопросов в науке является установление допустимого объёма мелиорации для каждого конкретного водооборота с учётом рационального использования всех природных ресурсов и интересов всех отраслей народного хозяйства.

При проектировании мелиоративных мероприятий должен быть применен комплексный подход к решению водохозяйственных проблем территорий.

Комплексным называется такое использование водных ресурсов, при котором одновременно и наиболее целесообразно и с наименьшими затратами решаются задачи нескольких отраслей хозяйства.

Многоцелевое использование водохозяйственных объектов имеет большое преимущество по сравнению с их раздельным использованием каждой отраслью, однако при этом возникает сложная задача увязки интересов различных участников комплекса. Решение этой задачи усложняется наличием противоречивости интересов разных отраслей.

Так, режим использования воды, например, гидроэнергетикой, резко отличается от режима ее использования на орошение. Особенно резкие противоречия возникают между запросами гидроэнергетики и мелиорации в районах недостаточного увлажнения. Попуски воды из водохранилища для рыбохозяйственных, экологических, транспортных целей для гидроэнергетики являются ощутимой потерей для оросительных мелиораций и в выработке электроэнергии.

Оптимальное распределение водных ресурсов региона между отраслями при наличии противоречивости интересов разных водопользователей возможно только с учетом требований комплексного использования водных ресурсов, их экономической эффективности, сохранения экологического благополучия.

В целях комплексного использования водных ресурсов при осушительных мелиорациях необходимо:

1. Создавать системы, позволяющие регулировать сток с осушаемых территорий. Для этого осушительные каналы и дрены должны иметь устройства, прекращающие сброс дренажных вод в засушливые периоды.
2. Более эффективно использовать местные водные ресурсы за счет создания водохранилищ и прудов, собирающий дренажный и поверхностный сток для увлажнения, водоснабжения, рыбоводства, здравоохранения и отдыха.
3. Осмотрительно проводить при мелиорации пойменных земель регулирование водоприемников, учитывая, что возможны переосушение территории и уменьшение общей водности речного бассейна.
4. Снижать отрицательное влияние осушительных систем на прилегающие территории; использовать водохранилища и озера на осушаемых землях для рыбоводства.

1.3. Понятие геосистемы. Природные и техногенные ландшафты

Одна из фундаментальных проблем природообустройства, как и природопользования, - как встроиться человеку своей деятельностью в геосистему в целом.

Геосистема – это природное тело, имеющее конкретные размеры по площади и по высоте. Географическое положение конкретной местности, ее рельеф не являются компонентами природы, но во многом определяют свойства геосистем. Климат и погода также не являются компонентами природы, это характеристики воздушных масс атмосферы, существенно влияющие на функционирование геосистем. Климат характеризует среднесезонные установившиеся характеристики воздушных масс, а погода отражает их мгновенные значения.

Генетически единая геосистема, однородная по зональным и а зональным признакам и включающая специфический набор локальных геосистем: местностей, урочищ, фаций называется *ландшафтом*.

Ландшафт имеет однородный геологический фундамент, определенный состав горных пород, один генетический тип рельефа, единый местный климат и, как следствие, один зональный

тип и подтип почв. В то же время части ландшафта располагаются на разных формах и элементах рельефа, отличаются друг от друга микроклиматическими условиями, водным режимом, растительным покровом, что приводит к образованию разновидностей почв, появлению азональных почв (пойменных, болотных, засоленных). Таким образом, каждому ландшафту свойственен такой набор компонентов и такое внутреннее строение, что делает каждый ландшафт в целом уникальным, имеющим много индивидуальных черт.

При организации мелиоративных мероприятий на территории необходимо четко знать ландшафтно-географические особенности природных зон: арктическую, тундровую, лесотундровую, таежную, смешанных лесов, Восточно-Европейскую равнину и Дальнего Востока, лесостепную, степную, полупустынную, пустынную, субтропическую. Все они отличаются господством определенного зонального типа ландшафта, имеют свои внутризональные отличия, характеризуются различными потенциальными ландшафтно-ресурсными возможностями для развития сельского хозяйства, требуют индивидуального подхода при изучении и использовании земельного фонда.

В горных районах наблюдается отклонение от широтной зональности, вызванное рельефом. Сложное чередование горных хребтов со склонами разных экспозиций и межгорных впадин является причиной неравномерного поступления солнечной радиации, различий климатического режима по высоте и долготе. Рельеф и климат накладывают свой отпечаток на почвы, растительность и в целом на облик ландшафтов и приводят к формированию в горных системах высотной ландшафтной зональности.

Самой простой, низшей морфологической единицей ландшафта, на пространстве которой характер взаимосвязи между природными компонентами остается неизменным, является *фация*. Это природно-территориальный комплекс, на протяжении которого сохраняются одинаковая литология поверхностных пород, характер рельефа и увлажнения, микроклимат, почвенные различия и биоценоз. Фация занимает обычно микроформу рельефа или ее часть, сохраняя свое основное качество-комплексность. Примером фации могут служить: склон оврага, почти лишенный почвенно-растительного покрова; неглубокое понижение в пойме реки, занятое осоковым лугом на дерново-глебовых суглинистых почвах; подножья склона моренного холма северной экспозиции; небольшой участок верхового болота и т.д. Различают коренные (исходные) природные и антропогенные (измененные) фации: пашня, лесная полоса, фруктовый сад и т.д.

Фаций на земной поверхности наблюдается чрезвычайно множество. По сходству происхождения и биоценозу их можно классифицировать в группы или типы фаций, которые образуют различные виды природно-сельскохозяйственных угодий, каждый из которых обладает своими потенциальными ландшафтно-ресурсными возможностями.

Сочетания двух или нескольких фаций образуют более сложные природно-территориальные комплексы - *урочища*. Каждое урочище характеризуется определенным закономерным сочетанием всех компонентов ландшафта. Типичные примеры урочищ на равнинных территориях - природные комплексы, занимающие речные террасы, поймы, моренные холмы, балки с определенными условиями увлажнения и специфическими биоценозами. В горах - это участки склонов горных хребтов разных экспозиций, днища ущелий, водораздельные поверхности, седловины и т.д.

Очень важной проблемой является сосуществование и взаимодействие естественных ландшафтов и встроенных в них человеком искусственных сооружений, устройств, насколько меняется ландшафт при изменении растительного покрова, при изменении положения уровня грунтовых вод, изъятии части стока реки на орошение и пр. Встроенные в ландшафт или в геосистемы любого ранга искусственные сооружения или вносимые в него новые элементы (посевы новых культур, здания, сооружения) функционируют в нем, подчиняясь природным законам. Новые техногенные или антропогенные объекты физически входят в ландшафт, становятся его элементами, но ландшафт остается природной системой. В некотором смысле неважно, как появился в составе ландшафта тот или иной элемент: образовался водоем в результате естественной запруды на реке, или человек насыпал в русло плотину, образовался овраг естественным путем или в результате неправильной распашки склонов. Важно то, что эти элементы «работают» вме-

сте с природными и именно их взаимодействие нужно изучать, чтобы уменьшить негативные последствия изменения ландшафта.

При оценке воздействий человека на природу, конкретно, на определенные геосистемы, в том числе и на ландшафты, надо иметь в виду фундаментальное обстоятельство, заключающееся в том, что как бы сильно не был изменен ландшафт человеком, в какой бы степени не был насыщен результатами человеческого труда, он остается частью природы, в нем продолжают действовать природные закономерности. Человек не в состоянии отменить объективные законы функционирования и развития геосистем, сnivelировать качественные различия между ландшафтами тайги и степи, степи и пустыни.

Воздействие человека на ландшафт следует рассматривать как природный процесс, в котором человек выступает как внешний фактор. При этом надо иметь в виду, что новые элементы, внедряемые человеком в ландшафт (пашни, сооружения, техногенные выбросы) не вытекают из структуры ландшафта, не обусловлены им и поэтому оказываются чужеродными элементами, не свойственными конкретному ландшафту. Поэтому ландшафт стремится отторгнуть их или «переварить», модифицировать. В связи с этим, антропогенные элементы, внедряемые в ландшафт, являются неустойчивыми, неспособными самостоятельно существовать без постоянной поддержки человека. Так, культурные растения, если за ними не ухаживать, не возобновлять, будут вытеснены «дикими», пашня - зарастет, каналы в земляном русле – или заплывут или будут меандрировать, как реки, здания – разрушатся.

Измененные человеком геосистемы менее устойчивы, чем первичные из-за нарушения в них естественного механизма саморегулирования. Следствием этого, во-первых, является необходимость постоянной затраты человеком труда и ресурсов на поддержание таких элементов, необходимость ухода, ремонта, реконструкции, а во-вторых, для повышения устойчивости внедряемых элементов человек должен максимально уменьшать их «чужеродность» для ландшафта (принцип природных аналогий).

Водные мелиорации (орошение и осушение) повышают устойчивость геосистем, приводя к оптимальному соотношению тепла и влаги, но, являясь сильным возмущающим фактором, при их передозировке могут привести к противоположному результату.

Создавая культурные ландшафты, человек повышает их полезность, продуктивность. При этом важно, какой ценой это оплачено, каким объемом материальных или энергетических ресурсов, извлекаемых, в том числе и из других ландшафтов. Яркий пример – бурная дискуссия о межбассейновых перебросках речного стока. По видимому, общество приняло бы идею перебросок, если бы изначально была бы доказана «межландшафтная» полезность перераспределения водных ресурсов.

Таким образом, совокупность мероприятий по окультуриванию ландшафтов должна основываться на оптимизации не частных полезностей, что обычно и делается, а на доказательстве повышения общей полезности с учетом межландшафтных связей.

Большие возможности имеет мелиорация земель как средство создания культурных ландшафтов, хотя неправильное ее применение сопряжено с негативными последствиями. Человек не должен превращать все ландшафты в культурные. Так, таежные ландшафты и ландшафты тропических лесов еще долгое время будут природными фабриками кислорода, местом обитания животных и растений, регулятором водного режима. Некоторые ландшафты требуют консервации с целью организации на них заповедников, природных и национальных парков, рекреационных территорий. Таким образом, решение о проведении мелиоративных мероприятий должно приниматься с учетом прогноза последствий воздействия их на конкретные природные ландшафты.

1.4. Цели, задачи, виды мелиорации

Так как мелиорация — это конкретная потребительская деятельность, то человек мелиорирует территории с определенной целью - улучшение неблагоприятных качеств используемых земель. Для этого нужно разработать необходимые технические мероприятия, направленные на коренное изменение свойств мелиорируемых земель, придания им новых качеств. Так, например,

в сельском хозяйстве это, прежде всего улучшение плодородия почвы, при этом почва выступает как среда обитания сельскохозяйственных растений. При мелиорации земель лесного фонда учитываются требования растений леса к окружающей среде, земель поселений – требования градостроительства к грунтам, являющимися основаниями строящихся сооружений и т.д.

Технически мелиорацию земель следует осуществлять при рациональном расходовании всех ресурсов: материальных (в том числе и водных), энергетических, трудовых.

Наконец, мелиорация земель как сильный природообразующий фактор может приводить к негативным экологическим последствиям. Поэтому непременной составляющей работ по мелиорации земель является недопущение ущерба природным системам и другим землепользователям или компенсация этого ущерба, что требует дополнительных затрат. Разрабатывая мелиоративные мероприятия необходимо соблюдать приоритет безопасного существования человека и природы. Это не только выгодно экономически, но и важно для сохранения природы.

Таким образом, на современном этапе развития общества основные *цели мелиорации*:

- Улучшение неблагоприятных природных условий используемых территорий, придания мелиорируемым землям новых качеств в соответствии с требованиями конкретных землепользователей.
- Разработка эффективных современных технических решений и мероприятий, направленных на коренное изменение свойств мелиорируемых земель.
- Приоритет охраны земли перед ее использованием, максимально возможное сохранение природных ресурсов, целостности экологических структур при проведении мелиорации территорий.
- Обеспечение надежности проектируемых сооружений и безопасности применяемых мелиоративных мероприятий для человека.

Различают три основные *задачи мелиорации*:

- Улучшение земель, находящихся в неблагоприятных условиях водного режима, выражающихся либо в избытке влаги, либо в ее недостатке по сравнению с тем количеством, которое считается необходимым для эффективного хозяйственного использования территории.
- Улучшение земель, обладающих неблагоприятными физическими и химическими свойствами почв (тяжелых глинистых и иловатых почв, засоленных, с повышенной кислотностью и пр.).
- Улучшение земель, подверженных вредному механическому воздействию, т. е. водной и ветровой эрозии, выражающейся в образовании оврагов, оползней, развеивании почвы и пр.

В зависимости от конкретной задачи применяются и различные *виды мелиорации*.

Мелиорация, направленная на удаление с территории избыточной влаги, носит название *осушительной*. Она находит применение, кроме сельского хозяйства, в коммунальном, промышленном и дорожном строительстве, торфодобыче, при проведении оздоровительных мероприятий на заболоченных территориях и других видах освоения земель.

Мелиорация, направленная на ликвидацию недостатка вод в почвогрунтах сельскохозяйственных полей, носит название *орошения*.

Мелиорация земель с неблагоприятными физическими свойствами почв направлена на усиление аэрации, увеличение скважности и водопроницаемости почв. Для этого вводятся правильные севообороты, применяется пескование иловатых почв и кротовый дренаж, способствующий увеличению воздухо- и водопроницаемости глубоких слоев почв.

Мелиорация земель с неблагоприятными химическими свойствами почв заключается в удалении вредных солей путем промывки, уменьшения кислотности почв внесением извести, повышении питательных свойств почв удобрениями и введении правильных севооборотов с повышенным удельным весом трав.

Мелиорация земель, подверженных водной и ветровой эрозии, обычно включает мероприятия, направленные на уменьшение количества и скорости стекающих поверхностных вод, увеличение сопротивляемости почв размыву и развеиванию. Эти мероприятия базируются на применении широкого комплекса лесокультурных, агротехнических и гидротехнических средств.

В современных условиях на большинстве территорий, подверженных мелиоративным работам, как правило осуществляется не один из рассмотренных выше видов мелиорации, а несколько, в зависимости от сочетания природных и хозяйственных условий.

Так одновременно с орошением территории на ней создаются лесные полосы, на орошаемых полях вводятся севообороты, применяются удобрения, осуществляются промывки засоленных участков и пр.

Из отмеченных выше различных видов мелиоративных работ очевидно, что многие из них вовсе не относятся к компетенции гидротехники. Среди них, например, лесомелиорации, агро-мелиорации и др. Поэтому в дальнейшем будут рассмотрены только те мелиоративные работы, которые принято объединять в группу так называемых водных мелиорации, это: *орошение, осушение, обводнение и борьба с водной эрозией.*

1.5. Потребность в различных мелиорациях по климатическим зонам. Водный баланс мелиорируемых территорий

При выделении мелиоративных зон, районов отдельных объектов осушения и орошения внутри крупных природных зон учитывают климат, ландшафт, почвенно-гидрологические условия.

С зональностью увлажненности связаны территории с высокими уровнями грунтовых вод. По степени увлажнения выделяют избыточно-увлажненную и увлажненную, умеренно-увлажненную, засушливую и сухую климатические зоны.

При определении зон различного увлажнения А.Н.Костяков использовал коэффициент водного баланса

$$K = \mu P / E; \quad (1.5.1)$$

где P - осадки за год, мм; μ - коэффициент использования осадков, мм.

Европейскую часть территории СССР А.Н.Костяков разделил на три крупные зоны: При $K > 1$ - избыточного увлажнения; $K = 1$ - неустойчивого увлажнения; при $K < 1$ - недостаточного увлажнения (рис.1.5.1).

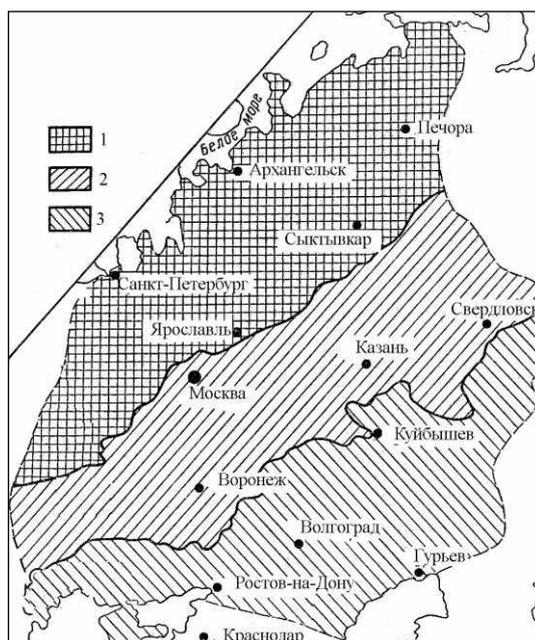


Рис.1.5.1. Зоны избыточного (1), неустойчивого (2) и недостаточного (3) увлажнения (по А.Н.Костякову)

В основу характеристики территории по увлажненности Д.И.Шишко(рис.1.5.2) положил соотношение осадков P и суммарного дефицита влажности воздуха

$$K=P/\Sigma d; \quad (1.5.2)$$

где Σd – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха.

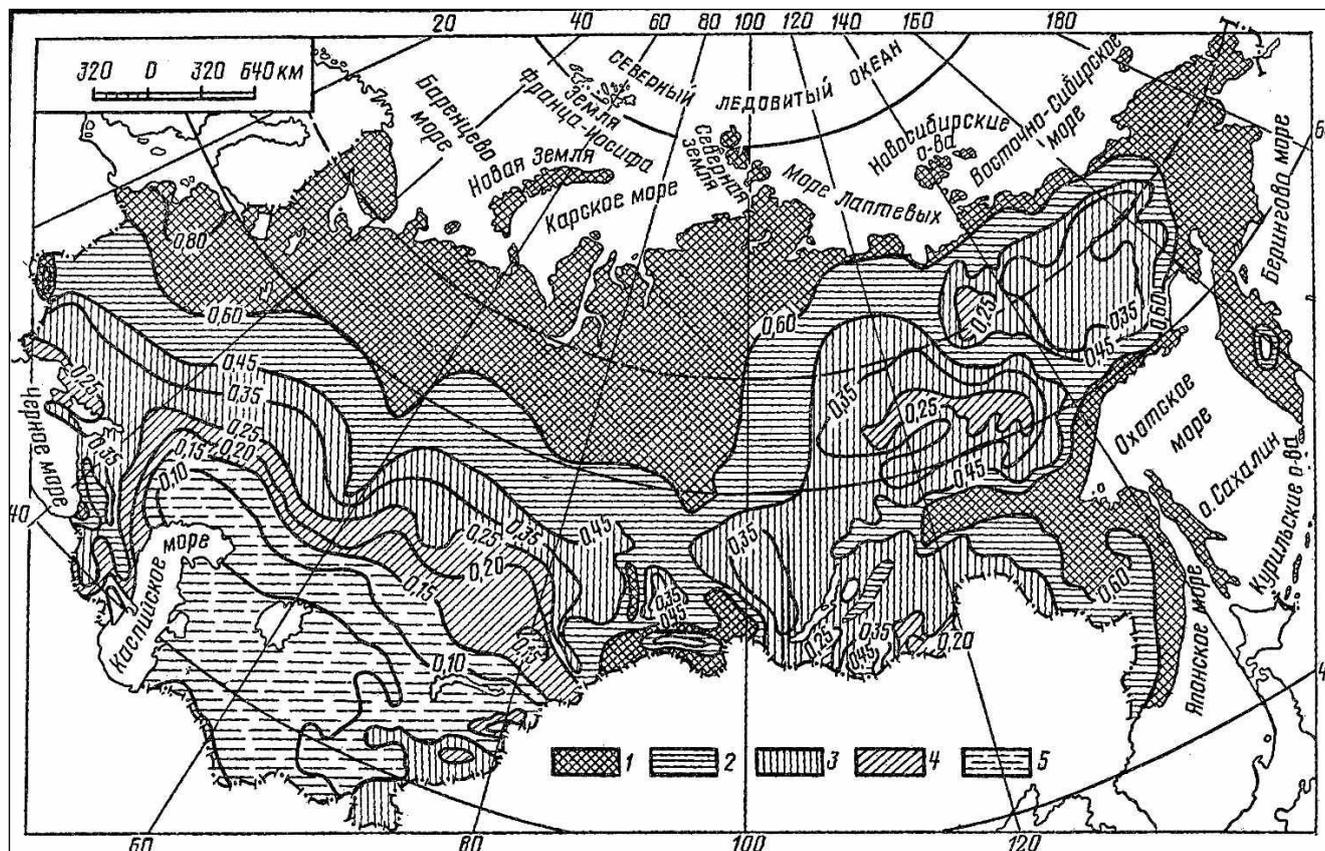


Рис.1.5.2. Карта влагообеспеченности территории СССР по Д.И.Шишко 1 – избыточно увлажненная зона; 2 – увлажненная; 3 – умеренно увлажненная; 4 – засушливая; 5 – сухая зона.

В пределах одних и тех же зон различное положение уровней грунтовых вод в естественном состоянии зависит от условий разгрузки, что связано с геологическими, гидрологическими условиями и рельефом местности, в этом отношении различают следующие группы территорий (табл.1.5.1):

Таблица 1.5.1.

Характеристики территорий по степени дренирования

Территории	Подземный отток, мм/год
Интенсивно дренированные	>500
Дренированные	300-500
Слабо дренированные	150-300
Весьма слабо дренированные	50-150
Практически бессточные	<50

Заболоченные территории в РФ занимают значительные площади: в Западной Сибири они составляют 50-70%, на севере и северо-западе европейской части РФ – 40%.

Водный баланс мелиорируемых территорий

Для определения потребности в осушении или орошении конкретной территории в пределах выделенной климатической зоны пользуются методом водного баланса, основные принципы которого формулируются следующим образом.

Приходными факторами водного баланса территории за рассматриваемый период в естественных условиях являются: 1) атмосферные осадки P ; 2) поверхностные воды V , поступающие на этот массив извне в результате притока со стороны; 3) приток грунтовых вод или фильтрационных вод G в пределы данного массива; 4) конденсация в почве атмосферной влаги A .

Грунтовые воды на данный массив могут поступать за счет притока грунтовых вод с соседних вышележащих массивов, за счет фильтрации воды из расположенных выше водоемов, рек, каналов.

Расходными факторами водного режима территории являются: 1) испарение влаги E с данного массива, слагающееся из: а) испарения воды почвой и с водной поверхности и б) транспирации влаги растениями; 2) сток поверхностных вод S с данного массива; 3) отток почвенно-грунтовых вод Q за пределы данного массива.

Отток грунтовых вод с данного массива может происходить в результате водоотводящего действия расположенных на нем водоприемников - рек, оврагов, дрен, за счет бокового растекания грунтовых вод в сторону соседних массивов и за счет инфильтрации почвенно-грунтовых вод из данного массива в подстилающие его водоотводящие слои - галечники, трещиноватые породы (если таковые имеются).

Водный баланс данного земельного массива за рассматриваемый период времени можно выразить следующим уравнением (в приведенных обозначениях):

$$\Delta W + \Delta V = (P + V - S) + (G + A - Q) - E; \quad (1.5.3)$$

где ΔW — прибыль (или убыль) запаса почвенно-грунтовой воды в определенной толще грунта данного массива;

ΔV — прибыль (или убыль) поверхностной воды на данном массиве.

Это уравнение дает общий баланс поверхностных и почвенно-грунтовых вод на данном земельном массиве, так как запасы тех и других в гидрологическом отношении связаны между собой.

Баланс почвенно-грунтовых вод за рассматриваемый период можно выразить следующим уравнением:

$$\Delta W = (P + V - S_1) + (G + A - Q) - E_1; \quad (1.5.4)$$

где E_1 — величина испарения влаги из почвы, т. е. самой почвой и растениями;

S_1 — сток всей поверхностной воды за данный период без остатка, т. е.

$$S_1 = S + \Delta V + E - E_1. \quad (1.5.5)$$

В зависимости от значения слагающих водный баланс элементов изменение запаса воды в толще почвогрунта ΔW может быть положительным или отрицательным.

Если значение ΔW положительно, запас воды в толще почвогрунта в конце рассматриваемого периода $W + \Delta W$ (где W — запас в начале периода) повышается. Если, наоборот, значение ΔW отрицательно, то вышележащая толща почвогрунта иссушается, т. е. в нем уменьшается содержание влаги и при неглубоком залегании грунтовых вод их уровень снижается.

Поднятие уровня грунтовых вод повышает содержание влаги в данной толще почвогрунта; наоборот, понижение уровня грунтовых вод снижает содержание влаги в ней.

В условиях недостаточного увлажнения, когда естественный водный режим почвы складывается под влиянием превышения расходных факторов (главным образом испарения E) над приходными (главным образом осадки P), величина ΔW в предыдущем уравнении баланса почвенно-грунтовых вод имеет отрицательное значение и верхние слои почвы иссушаются, а содержание солей в них - концентрация почвенного раствора - повышается.

В условиях избыточного увлажнения, когда естественный водный режим почвы складывается под влиянием превышения приходных факторов над расходными, величина ΔW в уравнении

баланса почвенно-грунтовых вод имеет положительное значение, и содержание влаги в верхних слоях почвы увеличивается, и соответственно повышается уровень грунтовых вод.

Комковатая структура почвы, способствующая лучшему поглощению влаги и уменьшающая испарение с поверхности почвы, в условиях недостаточного увлажнения обеспечивает более полное усвоение атмосферных осадков и более прочное сохранение запасов влаги в почве. Снижая капиллярность почвы, комковатая структура уменьшает поступление солей в верхние слои почвы. В условиях избыточного увлажнения комковатая структура почвы, увеличивая аэрацию, водопроницаемость и снижая капиллярность почвы, ускоряет удаление избытков воды из верхних слоев почвы, снижает поступление в них капиллярной влаги от грунтовых вод и способствует, таким образом, поддержанию нормального содержания влаги и воздуха в верхних слоях почвы и, следовательно, улучшению микробиологического и питательного режимов почвы.

1.6. Категории земель по назначению и правовому режиму. Мелиоративный режим

Цели, задачи и методы осуществления мелиоративных мероприятий определяются направлением использования территорий и зависят от *назначения земель*.

Земли по своему назначению подразделяются на определенные категории:

- земли сельскохозяйственного назначения или сельскохозяйственные земли;
- земли лесного фонда;
- земли водного фонда;
- земли поселений;
- земли промышленности, транспорта, связи;
- земли оздоровительного, рекреационного, историко-культурного, научного назначения;
- земли обороны;
- земли государственного резерва.

Для каждой категории земли предусмотрен свой правовой режим в зависимости от ее целевого назначения. Рассмотрим для примера некоторые категории земель.

Землями сельскохозяйственного назначения признают территории, расположенные за чертой поселений. Их используют для нужд сельского хозяйства, они предназначены только для этих целей. В свой состав они включают сельскохозяйственные угодья, земли, занятые внутрихозяйственными дорогами, коммуникациями, древесно-кустарниковой растительностью, замкнутыми водоемами, а также зданиями и сооружениями, используемыми для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции. Основным нормативно-правовым актом, регулирующим правовой режим таких земель, является Федеральный закон от 24 июля 2002 года № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения». Земли данной категории используют для сельскохозяйственного производства, создания защитных насаждений, научно-исследовательских, учебных и иных целей, связанных с сельскохозяйственным производством.

Землями поселений называются используемые и предназначенные для застройки и развития городских и сельских поселений и отделенные их чертой от земель других категорий.

Использование земель поселений определяют в соответствии с зонированием территорий. Согласно Градостроительному кодексу РФ под зонированием понимают деление поселенческой территории на зоны с определенным видом их градостроительного использования или ограниченный такого использования. В состав земель поселений могут входить жилые, общественно-деловые, производственные зоны, зоны инженерной и транспортной инфраструктуры, зоны сельскохозяйственного использования, зоны рекреационного назначения и так далее. Этот перечень является основным, но не исчерпывающим.

В некоторых случаях возникает необходимость изменить категорию земли, то есть перевести участок из одной категории в другую. С 5 января 2005 г. действует новый Федеральный

закон «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую». Решение о переводе земель в другую категорию или об отказе в нем принимает Правительство Российской Федерации в течение трех месяцев со дня поступления ходатайства или исполнительный орган государственной власти субъекта РФ/орган местного самоуправления в течение двух месяцев. В некоторых случаях перевод земель из одной категории в другую не допускают. В частности, если в соответствии с федеральными законами установлены ограничения или запрет на такой перевод.

Исходя из этого, мелиорация земель подразделяется в зависимости от назначения земель: *мелиорация сельскохозяйственных, мелиорация земель лесного, водного фондов, промышленности, поселений* и т.д.

Мелиорация создает условия для более эффективного (продуктивного) использования земель без изменения их назначения, позволяет использовать их в нужном направлении, улучшает социально-экономические условия жизни людей, окультуривает и оздоравливает большие территории. Например, орошение степных районов Крыма изменило облик этого края, а осушение Белорусского Полесья преобразило бедные заболоченные земли.

Главная цель мелиорации сельскохозяйственных земель заключается в улучшении плодородия почвы, получение оптимального урожая определенных сельскохозяйственных культур при экономном расходовании всех ресурсов, недопущении или компенсации ущерба природным системам и другим землепользователям. При мелиорации земель другого назначения главная цель может меняться, но ограничения при ее выполнении все равно остаются.

Цели мелиорации земель могут быть достигнуты только при выполнении определенного целостного набора требований, которым должна удовлетворять система мелиоративных мероприятий. Этот набор требований А. И. Голованов и И. П. Айдаров [33] предложили назвать *мелиоративным режимом*. Под словом «режим» нужно понимать не изменение какого-либо показателя во времени, а требования к нему (норму) в разные моменты времени или в различных случаях.

Общие критерии выбора показателей мелиоративного режима следующие:

- показатели должны поддаваться регулированию доступными при сложившейся технологии мелиорации приемами;
- должно быть хорошо изучено воздействие показателей на плодородие почвы, рост растений и окружающую среду в рассматриваемой природной зоне;
- должны быть способы количественного прогноза изменения обстановки при тех или иных значениях показателей.

Применительно к *сельскохозяйственным землям* мелиоративный режим — это совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, роста растений и воздействия на окружающую среду, которые должна обеспечить система мелиоративных мероприятий для достижения поставленной цели.

На *землях лесного фонда* показатели мелиоративного режима в основном — это благоприятная влажность в корнеобитаемом слое, глубина грунтовых вод и сроки затопления.

На *землях поселений, промышленности, транспорта* и т. п. прежде всего необходимо, чтобы глубины грунтовых вод обеспечивали несущую способность грунтов как оснований сооружений, функционирование подземных частей зданий и коммуникаций, санитарное состояние территории, устраняли негативное влияние минерализованных грунтовых вод (коррозионную опасность).

На *землях водного фонда* требования к мелиорации заключаются в улучшении свойств грунтов дна или ложа водоемов: форма поверхности (выравнивание берегов, засыпка ям), расчистка от растительности, перемещение скотомогильников, ликвидация свалок, выемка торфа, удаление загрязненного грунта, илистых отложений.

На *землях рекреационного, историко-культурного и научного назначения* показатели мелиоративного режима сводят к санитарно-экологическим требованиям, обеспечению сохранности ценных природных и антропогенных объектов.

Количественные значения того или иного показателя устанавливаются применительно к каждой мелиорируемой территории не только исходя из имеющегося опыта, но и в результате перебора ряда вариантов (оптимизации), с учетом возможного неодинакового воздействия на растения, почву, сооружения, окружающую среду. Так, на сельскохозяйственных землях в критерий отбора наилучшего варианта мелиоративного режима нужно включать не только объем и качество урожая, но также и плодородие почвы, затраты на компенсацию негативных воздействий на окружающую среду, стоимость ресурсов и другие затраты.

Мелиоративные системы в зависимости от их крупности, важности могут принадлежать отдельным землепользователям: фермеру, предприятию; группе землепользователей; могут быть муниципальными; крупные системы, имеющими важное значение для экономики, могут быть в собственности субъектов Российской Федерации или даже федеральными.

Мелиорируемые земли обслуживаются мелиоративной системой, но не входят в ее состав в смысле собственности.

1.7. Нормативные документы в области природопользования. Основы проектирования гидротехнических мелиоративных сооружений

Природопользование имеет большое значение для национальной безопасности страны и повышения качества жизни людей, поэтому государство берет на себя регламентацию многих сторон этой деятельности. Одна из форм государственного регулирования — *закон* в юридическом смысле - воля общества, поддержанная государством. Нужно понимать, что закон в данном смысле - предмет соглашения между людьми и потому он не может оставаться неизменным, как не остаются неизменными отношения между людьми. Всякая деятельность человека, связанная с природой, и мелиорация в том числе, опирается на ряд документов- источников права. Важнейшие среди них: Конституция РФ, Земельный кодекс РФ, Водный кодекс РФ, Лесной кодекс РФ, а также Федеральные законы «О мелиорации земель», «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения», «О недрах», «Об охране окружающей среды», «Об экологической экспертизе» и др. Ответственность за экологические правонарушения закреплена в Кодексе об административных правонарушениях, Уголовном кодексе РФ и Гражданском кодексе РФ. При этом нормативная правовая база постоянно меняется.

По российскому законодательству предмет регулирования в области природопользования и тесно связанного с ним природообустройства — общественные отношения, возникающие по поводу земель, недр, почв, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, растительного и животного мира.

Основополагающим принципом права в сфере экологии, природопользования и природообустройства является презумпция экологической опасности любой деятельности: любая антропогенная деятельность потенциально опасна для природы. Поэтому в законодательном порядке устанавливается приоритет охраны природных ресурсов перед их использованием. Использование водных объектов не должно оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации. В этом законе использовано определение окружающей среды как совокупности компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Федеральный закон «О мелиорации земель» указывает, что предметом регулирования являются отношения, возникающие в процессе осуществления мелиоративных мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения или на землях, предназначенных для производства сельскохозяйственной продукции, и, к сожалению, не регулирует вопросы мелиорации земель иного назначения.

Закон требует учета мелиорированных земель и мелиоративных систем, который заключается в сборе данных о почвенных, гидрологических, технических и об иных характеристиках. Указанные данные заносят в государственный земельный кадастр; на мелиоративную систему составляют паспорт, в котором содержатся сведения о технических характеристиках и состоянии соответственно мелиоративной системы и гидротехнических сооружений.

Проектирование мелиоративных мероприятий (разработка проектно-сметной документации, необходимой для проведения строительных работ) в Российской Федерации выполняется на основе нормативно-правовой базы. Без проектно-сметной документации вести строительномонтажные работы в Российской Федерации запрещается.

Проектирование мелиоративных мероприятий заключается в разработке состава этих мероприятий и проектировании сооружений, обеспечивающих их осуществление.

Проектирование выполняется организациями или отдельными специалистами («юридическими» или «физическими» лицами), имеющими соответствующие разрешения. Содержание проектной документации, форма ее представления, правила составления чертежей регламентируются специальными нормативными документами.

Проектная подготовка строительства предусматривает проведение таких видов работ как подготовка исходных данных, разработка проектной документации; согласование, экспертиза и утверждение проектной документации; разработка рабочей документации. Результатом проектной подготовки строительства является получение разрешения на производство строительных работ в установленном порядке.

В Российской Федерации подготовка проектной документации осуществляется в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации и Постановлениями Правительства Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 г. «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и № 145 от 05.03.2007 г. «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» (с изменениями от 29.12.2007 г., 16.02.2008 г.).

Правительство Санкт-Петербурга для объектов капитального строительства, проектируемых на территории Санкт-Петербурга, утвердило «Руководство по проектной подготовке капитального строительства в Санкт-Петербурге» РМД 11-08-2009, в соответствии с которым должны разрабатываться разделы проектной документации, рекомендуемые к применению на региональном уровне.

Исходные данные для подготовки проектной документации должны быть представлены в соответствии с Постановлениями Правительства Российской Федерации № 840 от 29.12.2005 г. «О форме градостроительного плана земельного участка», № 20 от 19.01.2006 г. «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства», № 83 от 13.02.2006 г. «Об утверждении Правил определения и предоставления технических условий подключения объекта капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения и Правил подключения объекта капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения».

С 1 января 2010 года проектные и строительные организации могут работать только при допуске СРО.

Саморегулируемая организация (СРО) – некоммерческая организация, сведения о которой внесены в государственный реестр саморегулируемых организаций и которая основана на членстве индивидуальных предпринимателей и (или) юридических лиц, выполняющих инженерные изыскания или осуществляющих архитектурно-строительное проектирование, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства.

Саморегулируемые организации в строительстве и проектировании могут быть:

- основаны на членстве лиц, выполняющих инженерные изыскания;
- основаны на членстве лиц, осуществляющих подготовку проектной документации;
- основаны на членстве лиц, осуществляющих строительство.

Для технически сложных объектов, к которым относятся крупные мелиоративные системы, разрабатывается для согласования и утверждения технико-экономическое обоснование и проект, а для строи-

тельства – рабочая документация. Для более простых объектов (например, дренаж зданий, сооружений) после ТЭО может выполняться совмещенная стадия – рабочий проект.

При разработке проектной документации обеспечивается:

- соответствие требованиям нормативных документов;
- принятие наиболее эффективных решений, передовых технологий, соответствие архитектурным требованиям;
- охрана окружающей среды, благоприятные условия проживания населения, рациональное использование водных ресурсов;
- эксплуатационная надежность и безопасность;
- высокая эффективность инвестиций.

Проектирование ведется в две или одну стадию.

Сущность *одностадийного проектирования* в том, что проектная документация подготавливается сразу же в полном объеме и содержит решения всех общих и частных вопросов. Это удобно при небольших объемах проектных работ.

Сущность *двухстадийного проектирования* в том, что необходимая для строительства документация составляется не сразу, а поэтапно: на первом этапе («I стадия») принимаются решения по общим принципиальным вопросам, затем такие решения всесторонне оцениваются, корректируются, утверждается и только после устранения всех выявленных недостатков составляется подробная рабочая документация для строительства. Преимущество такой системы в сведении к минимуму затрат по переработке проектной документации в случае неудачных общих решений.

Практически эти схемы осуществляются следующим образом. При двухстадийном проектировании работа разделяется на 2 стадии:

- стадия «Проект»(П);
- стадия «Рабочая документация» (РД).

На стадии «Проект» принимаются без детализации основные архитектурно-планировочные и конструктивные решения (в том числе по генеральному плану), решения по инженерному оборудованию, сетям. На этой стадии принимаются решения принципиального характера, касающиеся выбора типа сооружений, их расположения, основных конструктивных решений, способа строительства и т.д. Выполняются сводные сметные расчеты, решаются вопросы организации строительства. Обязательным элементом проекта является экологический раздел.

Для составления «Проекта» заказываются и выполняются специальные инженерные изыскания. Такие изыскания делаются в сокращенном объеме, но они должны позволять делать выводы, например, о пригодности площадки, т.е. позволять решать общие принципиальные вопросы.

Вся эта документация направляется на государственную экспертизу, которая дает свои замечания и общую оценку проекта. После устранения проектировщиком выявленных недостатков проект рассматривается и утверждается (или отклоняется) органами местной исполнительной власти или другой утверждающей инстанцией. Порядок утверждения зависит от источника финансирования. Если строительство ведется за счет бюджетных средств, утверждающая инстанция - государственный орган. Если оно финансируется конкретным предприятием, фондом или физическим лицом утверждающая инстанция - сам заказчик или инвестор.

После утверждения «Проекта» проводится вторая стадия проектирования «Рабочая документация». На этой стадии уточняются и детализируются решения, принятые на стадии «Проект», составляются рабочие чертежи, локальные сметы и прочая документация, необходимая для производства строительно-монтажных работ. Для выполнения этой стадии проектирования заказываются и выполняются подробные инженерные изыскания. Они должны содержать полную информацию для решения всех частных вопросов и составления рабочих чертежей, не требующих последующей корректировки.

«Рабочая документация» - это те чертежи и текстовый материал, который используется непосредственно на стройке (документация стадии «Проект», как правило, строителям не передается).

При *одностадийном проектировании* составляется документация называемая «Рабочий проект» (РП), она также должна подвергаться государственной экспертизе и утверждению. При этом утверждается не вся документация, а наиболее важная ее часть (так называемая «Утверждаемая часть рабочего проекта»).

При проектировании должны соблюдаться принятые в РФ *нормы и технические условия*.

Строительные нормы и правила (СНиП) - свод нормативных документов в области строительства, принятый органами исполнительной власти и содержащий обязательные требования.

Строительные нормы и правила состоят из 4 частей:

общие положения;

нормы проектирования;

правила производства и приёмки работ;

сметные нормы и правила.

Кроме Строительных норм и правил по отдельным отраслям проектирования и строительства действуют также различные нормы, правила, своды правил (СП), инструкции, ведомственные строительные нормы (ВСН), и другие нормативные документы.

В соответствии с Федеральным законом о техническом регулировании до 2010 года они должны быть заменены на технические регламенты.

Технический регламент- в Российской Федерации документ (нормативно-правовой акт), устанавливающий обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Понятие технического регламента введено Федеральным законом о техническом регулировании № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 года. Закон разделил понятия технического регламента и стандарта, установив добровольный принцип применения стандартов. Технические регламенты, в отличие от них, носят обязательный характер, однако могут устанавливать только минимально необходимые требования в области безопасности, причем приниматься они могут только в определенных целях, а именно:

- защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;

- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

На переходный период, до принятия необходимых технических регламентов, с указанными целями должны применяться соответствующие требования ранее принятых ГОСТ (ГОСТ Р), санитарных и строительных норм и правил (СНиП, СанПиН).

Технические условия (ТУ) - это документ, отражающий требования, предъявляемые к строительству объекта государственными службами, отраслевыми ведомствами и другими заинтересованными организациями. Кроме этого, в них указывается, какими процедурами можно проверить соблюдение этих требований. Требования, заявленные в ТУ не должны противоречить требованиям ГОСТ.

Специальные технические условия (СТУ) - технические нормы, содержащиеся (применительно к конкретному объекту капитального строительства) дополнительные к установленным или отсутствующие технические требования в области безопасности, отражающими особенности инженерных изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации, а также демонтажа (сноса) объекта.

В зависимости от обеспеченности планируемого к строительству объекта действующими нормативными положениями, могут разрабатываться следующие виды СТУ:

- нормы, содержащие технические требования на проектирование, строительство и эксплуатацию особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, объектов культурного наследия, а также объектов, для проектирования которых недостаточно требований по надежности и безопасности, установленных нормативными техническими документами;

- нормы, содержащие технические требования по обеспечению сейсмической безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов на площадках сейсмичностью более 9 баллов для всех видов объектов;

- нормы, содержащие технические требования на проектирование и строительство объектов в части обеспечения пожарной безопасности.

Разработка СТУ регламентируется приказом Минрегиона РФ от 01.04.2008 № 36 «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства».

1.8. Изыскания при проектировании мелиоративных мероприятий

Изыскания для проектирования должны быть разработаны в соответствии с Постановлением РФ № 20 от 19.01.2006 г. «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства», *основные виды инженерных изысканий:*

1. Инженерно-геодезические изыскания.
2. Инженерно-геологические изыскания.
3. Инженерно-гидрометеорологические изыскания.
4. Инженерно-экологические изыскания.
5. Инженерно-геотехнические изыскания.

Специальные виды инженерных изысканий.

1. Геотехнические исследования.
2. Обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций.
3. Поиск и разведка подземных вод для целей водоснабжения.
4. Локальный мониторинг компонентов окружающей среды.
5. Разведка грунтовых строительных материалов.
6. Локальные обследования загрязнения грунтов и грунтовых вод.

Минрегион России при необходимости может вносить изменения в перечень.

Инженерные изыскания выполняются в соответствии с требованиями технических регламентов, а также с учетом материалов данных инженерных изысканий, которые хранятся в государственном фонде материалов и данных инженерных изысканий, а также информационных системах обеспечения градостроительной деятельности.

Основанием для выполнения инженерных изысканий является заключаемый в соответствии с гражданским законодательством Российской Федерации договор между заказчиком (застройщиком) и исполнителем, к которому прилагаются техническое задание и программа выполнения инженерных изысканий.

Заказчик (застройщик) и исполнитель определяют состав работ, осуществляемых в ходе инженерных изысканий как основных, так и специальных видов, их объем и метод выполнения с учетом специфики соответствующих территорий и расположенных на них земельных участков, условия передачи результатов инженерных изысканий, а также иные условия, определяемые в соответствии с гражданским законодательством Российской Федерации.

Материалы и результаты инженерных изысканий оформляются в виде отчетной документации о выполнении инженерных изысканий, состоящей из текстовой и графической частей, а также приложений к ней (в текстовой, графической, цифровой и иных формах).

Результаты инженерных изысканий используются, в том числе, для формирования государственного фонда материалов и данных инженерных изысканий и информационных систем обеспечения градостроительной деятельности.

В начальном периоде проводят общие фондовые исследования для составления технико-экономического обоснования необходимости гидромелиоративных работ. В технико-экономическом обосновании указывают площадь мелиорируемых земель, обосновывают целесообразность, техническую возможность гидромелиорации и выбор участков, устанавливают оче-

редность проведения работ, приводят материально-технические, трудовые и денежные затраты, дают расчет эффективности проектируемых мероприятий.

Для разработки технического или технорабочего проекта осушения на объектах, отобранных по результатам общих мелиоративных обследований, проводят комплексные изыскания. К ним относятся топографо-геодезические, гидрологические и гидротехнические, почвенно-грунтовые изыскания.

Итогом проектирования является проектно-сметная документация с пояснительной запиской. Окончательным этапом проектирования являются вынос проекта в натуру.

Разработка проектов дренажей различных территорий базируется главным образом на материалах топографических и гидрогеологических, а нередко и гидрологических изысканий. В состав этих изысканий входят топографическая съемка, комплексная гидрогеологическая съемка, разведочные и опытные работы, стационарные наблюдения над режимом подземных вод, гидрометрические наблюдения и лабораторные исследования.

Объем и содержание изысканий при проектировании *осушительных мелиораций* зависят от:

- 1) размеров подлежащей дренированию территории;
- 2) стадии разработки проекта;
- 3) действующих факторов подтопления;
- 4) типа проектируемого дренажа;
- 5) степени геолого-гидрогеологической изученности района;
- 6) сложности природных особенностей района.

Для обоснования проекта дренажа небольших участков, например отдельных зданий, обычно требуется значительно меньший объем изысканий, чем при дренировании обширных территорий.

В соответствии со стадиями разработки проекта изыскания можно подразделить на:

- а) рекогносцировочные обследования;
- б) предварительные изыскания, выполняемые для обоснования проектного задания;
- в) окончательные, производимые для составления технического проекта;
- г) дополнительные, требующиеся в отдельных случаях при составлении рабочих чертежей.

В соответствии с последовательностью этапов изысканий сокращаются размеры исследуемой территории, но в то же время возрастает детальность и целеустремленность изысканий.

При двухстадийном проектировании осушительных мелиораций окончательные изыскания производятся перед составлением рабочих чертежей.

В зависимости от факторов подтопления территории изменяется состав и объем изысканий. Например, при подтоплении со стороны реки возникает необходимость в проведении гидрометрических исследований и сравнительно большого объема разведочных работ в прибрежной зоне, чего не требуется производить при питании водоносного горизонта (подлежащего дренированию) со стороны водораздела. В случае если на территорию воздействуют искусственные факторы подтопления, в отличие от территорий, подтопляемых естественными факторами, необходимо проведение специальных работ для отыскания источника подтопления и его количественной оценки.

Тип дренажа также влияет на состав и объем изысканий. Например, при проектировании защитных дренажей требуется детальное изучение режима реки или другого водоема, являющихся «очагом» подтопления, и гидрогеологических условий прибрежной полосы. В то же время при устройстве головного дренажа основное значение имеет выяснение гидрогеологических условий «нагорной» части защищаемой территории.

Тип дренажа выбирается на стадии проектного задания, поэтому он оказывает влияние на состав и объем лишь окончательных изысканий.

В зависимости от сложности природных условий требуется различный состав и объем изысканий. В сложных условиях (пестрое литологическое строение, участие в подтоплении нескольких водоносных горизонтов, неровная кровля водоупорных слоев, подстилающих водонос-

ные горизонты, и т. п.) на всех стадиях проектирования требуются более обширные изыскания, чем на территориях с простыми природными условиями (выдержанное залегание водосодержащих пород и однородность их состава).

Изыскания должны проводиться в полном соответствии с техническим заданием проектной или строительной организации. Вместе с тем при определении их состава и объема необходимо учитывать все вышеописанные условия.

При проектировании *оросительных мелиораций* применяется комплексный подход к использованию водных ресурсов, основой которого является плановое водопользование.

Плановое водопользование - это управляемый технологический процесс, включающий комплекс организационных и технических мероприятий на водохозяйственном объекте (оросительная система или отдельные ее звенья, различные водопользователи, фермерские хозяйства) по оптимальному регулированию водного, воздушного, пищевого и теплового режимов сельскохозяйственных культур путем забора воды из водоисточника, ее рационального распределения и подачи в нужных объемах и в необходимые агротехнические сроки водопользователям с последующим эффективным распределением по полям орошения при обязательном выполнении мероприятий, обеспечивающих надежную работу всех конструктивных элементов системы и орошаемых участков, имеющегося оборудования, устройств и поливной техники.

Системный план водораспределения составляют на основе планов водопользования отдельных хозяйств, увязывая их с режимом водоисточника, пропускной способностью магистральных каналов, мелиоративными условиями системы.

Если источник орошения полностью обеспечивает потребность хозяйства в воде, то все хозяйственные каналы работают постоянно в соответствии с графиком режима орошения. При недостатке воды в источнике орошения в общесистемном плане предусматривают введение водооборота, тогда хозяйственные каналы будут работать поочередно. Однако при этом могут ухудшаться условия водообеспечения орошаемых культур.

Оросительную систему рассчитывают на подачу и распределение оптимального объема воды, достаточного для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, и объемов воды, необходимых для удовлетворения хозяйственных и коммунальных потребностей.

Потребность в оросительной воде на системе определяют на основе утвержденных для каждого административного региона режимов орошения сельскохозяйственных культур. По ним строят графики удельных расходов (гидромодули) для соответствующих севооборотов, принятых на данной оросительной системе, укрупненные ординаты которых служат основой для расчетов вариантов и определения оптимальных параметров.

1.9. Основные гидрогеологические понятия и определения. Вода в горных породах. Фильтрация в грунтах

Проектирование мелиоративных мероприятий невозможно без понимания процессов, определяющих содержание и перемещение воды в горных породах. Для этого нужно иметь представление об основных гидрогеологических понятиях и определениях, а также знать законы движения воды в почвогрунтах, лежащие в основании расчетных методик.

Основные гидрогеологические понятия и определения

По отношению к воде горные породы можно разделить на две основные группы: водопроницаемые и водоупорные.

Водопроницаемые породы быстро поглощают воду и легко ее транспортируют. В зернистых породах – галечниках, гравии и песках – вода движется по промежуткам между частицами, а в массивных – скальных и полускальных – по трещинам или карстовым пустотам.

Водоупорные породы практически не проводят через себя воду, так как их водопроницаемость близка к нулю. Это глины, илы, тяжелые суглинки и разложившийся уплотненный торф. Водоупорными также являются монолитные нетрещиноватые скальные породы.

Гидрогеологические свойства пород определяются их гранулометрическим составом и пористостью.

Гранулометрический (механический, зерновой) состав определяет количество и качество частиц (в процентах и размерах) в объеме грунта по относительному содержанию групп (фракций) частиц той или иной величины. Пример кривой гранулометрического состава грунта в полулогарифмическом масштабе показан на рис.1.9.1.

Для удобства многих расчетов (определение водопроницаемости пород, расчет обратных фильтров, выбор диаметра отверстий фильтра) весь цифровой материал механического анализа выражают следующими показателями: действующий (эффективный) диаметр и коэффициент неоднородности.

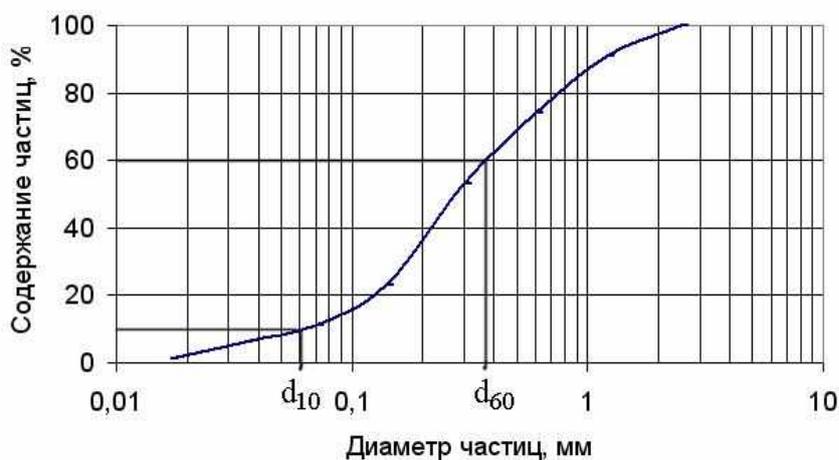


Рис.1.9.1. Суммарная кривая гранулометрического состава грунта в полулогарифмическом масштабе

Действующий диаметр d_{10} (рис.1.9.1) равен диаметру отверстий сита, сквозь которое просеивается 10% пробы породы по весу.

Коэффициентом неоднородности η называется отношение диаметра частиц, содержащихся в породе в количестве менее 60%, к величине действующего диаметра. Значения d_{60} и d_{10} определяются по графику гранулометрического состава, составленному для данной породы (рис. 1.9.1).

$$\eta = d_{60} / d_{10} \quad (1.9.1)$$

Чем неоднороднее порода, тем она менее пориста и обладает меньшей водопроницаемостью.

Водопроницаемость грунтов – способность пропускать через себя воду. Она зависит от размеров пустот, диаметра пор и трещиноватости пород.

Плотность ρ_s – это отношение массы твердых частиц грунта к объему, занимаемому этим грунтом.

Пористость n – это объем пор в единице объема грунта в процентах.

Под *влажностью* понимают способность грунтов вбирать и удерживать определенное количество воды. Различают три вида влагоемкости: полную, молекулярную (пленчатую) и капиллярную. *Полная влагоемкость* – это суммарное количество воды всех видов в грунте при полном насыщении пор; выражается она в процентах к весу сухого грунта. *Молекулярная влагоемкость* характеризуется количеством воды, удерживаемой на частицах грунта в виде пленок. *Капиллярная влагоемкость* – это количество воды, удерживаемое грунтом под действием капиллярных сил при свободном движении воды в его порах.

Капиллярность называется свойство грунта (породы) подтягивать воду вверх по тонким капиллярам (каналам) над свободной поверхностью. Столб капиллярного поднятия зависит от пористости и характеристики грунтов: в связных (глинистых) грунтах высота капиллярного поднятия значительно больше, чем в несвязных (песчаных). Предельным размером зерен грунта, среди которых наблюдается капиллярное поднятие, можно считать 2 мм.

Способность грунта, насыщенного водой, отдавать ее путем свободного стекания называется *водоотдачей*. Водоотдачу определяют как разность между полной и молекулярной влагемкостью.

Мелкозернистые грунты и глины являются наиболее влагоемкими. Так, полная влагемкость глин достигает 50 % веса сухого грунта и почти равна максимальной молекулярной влагемкости. Поэтому водоотдача глинистых грунтов весьма мала.

Из-за высокой пористости после осушения торф под действием собственного веса и внешней нагрузки дает значительную осадку. Иногда она достигает 10-30% толщины осушенного слоя. При проектировании сооружений на основаниях, содержащих торф, необходимо учитывать величину этих порой неравномерных осадок.

Вода в горных породах. Фильтрация в грунтах

В зависимости от состояния воды в порах грунта различают воду в виде:

- водяного пара;
- гигроскопической воды, конденсирующейся на поверхности частиц и удерживающейся их молекулярными силами;
- пленочной, удерживающейся молекулярными силами почвенных частиц и воды;
- свободной.

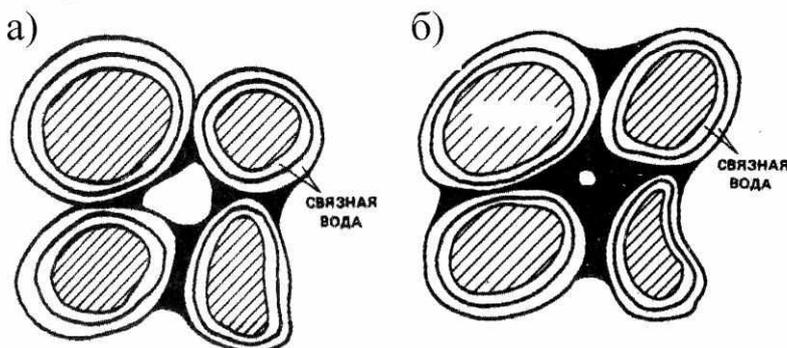


Рис.1.9.2. Грунтовые воды: а) до момента появления гравитационной воды; б) при наличии гравитационной воды (в центре поры находится воздух)

В свободном состоянии вода удерживается в почве за счет сорбционных сил и капиллярных свойств почв или грунтов. Такая вода, заполняющая поры почвы и передвигающаяся под влиянием сил тяжести, называется гравитационной. При полном насыщении водой почвогрунтов, когда заполнены все поры, движение воды происходит вследствие гидродинамического давления. Гравитационную воду часто называют *грунтовой водой*. Движение грунтовой (или гравитационной) воды в пористой среде называется *фильтрацией*, измеряемой скоростью и количеством воды, протекающей в единицу времени через единицу площади, выделенную в пористой среде.

Закономерности движения жидкости в пористой среде установлены в середине прошлого века французским инженером Дарси.

Закон Дарси обычно формулируется так: «Скорость фильтрации пропорциональна градиенту».

$$v = kI; \quad (1.9.2)$$

где I – градиент напора (уклон); k – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом фильтрации.

Коэффициент фильтрации имеет размерность скорости, то есть он равен скорости фильтрации при градиенте, равном единице. Коэффициент фильтрации является мерой водопроницаемости грунта. Грунты, имеющие значение коэффициента фильтрации меньше 0,1 м/сут., можно условно считать водоупорными. Такие грунты трудно поддаются дренированию.

Движение фильтрационного потока со свободной поверхностью, в каждой точке которого имеется атмосферное давление, называется безнапорным.

Свободная поверхность фильтрационного потока называется депрессионной поверхностью.

Умножая обе части уравнения (1.9.2) на площадь сечения w , формула Дарси может быть представлена в следующем виде через фильтрационный расход Q :

$$w \cdot v = w \cdot k \cdot I;$$

тогда

$$Q = w \cdot k \cdot I; \quad (1.9.2)$$

где v - скорость фильтрации в точке фильтрационного потока;

I - пьезометрический уклон в той же точке; k - коэффициент фильтрации.

Коэффициент фильтрации зависит от рода грунта, от вязкости фильтрующей через грунт воды и от температуры воды. Ориентировочные значения коэффициента фильтрации для различных грунтов приведены в табл. 1.9.1.

Таблица 1.9.1

Коэффициенты фильтрации для различных грунтов.

Породы	Коэффициент фильтрации в м/сут.	Породы	Коэффициент фильтрации в м/сут.
Галечник чистый	>250	Песок мелкозернистый, глинистый	2-1
Гравий чистый	200-100	Супесь	0,7-0,20
Гравий с песком	150-75	Суглинок	0,4-0,005
Песок крупный гравелистый	100-50	Глины	0,005 и меньше
Песок крупный	75-25	Торф малоразложившийся	4,5-1,0
Песок средний	25-10	Торф среднеразложившийся	1,0-0,15
Песок мелкий	10-2	Торф сильноразложившийся	0,15-0,01

Уравнение безнапорного движения грунтовой воды - формула Дюпюи

Неравномерное плавно изменяющееся движения грунтовой воды описывается формулой Дюпюи, которая может быть представлена следующим образом:

$$v = k \frac{dH}{dS}, \quad (1.9.3)$$

где v - средняя скорость в плоском вертикальном живом сечении;

$\frac{dH}{dS}$ - уклон кривой депрессии в точке, принадлежащей данному живому сечению.

В отличие от формулы Дарси, здесь скорость выражается через уклон свободной поверхности и определяется для плавно изменяющегося фильтрационного потока.

На рис. 1.9.3 приведена расчетная схема фильтрации воды из оросительного канала для выведения дифференциального уравнения Дюпюи.

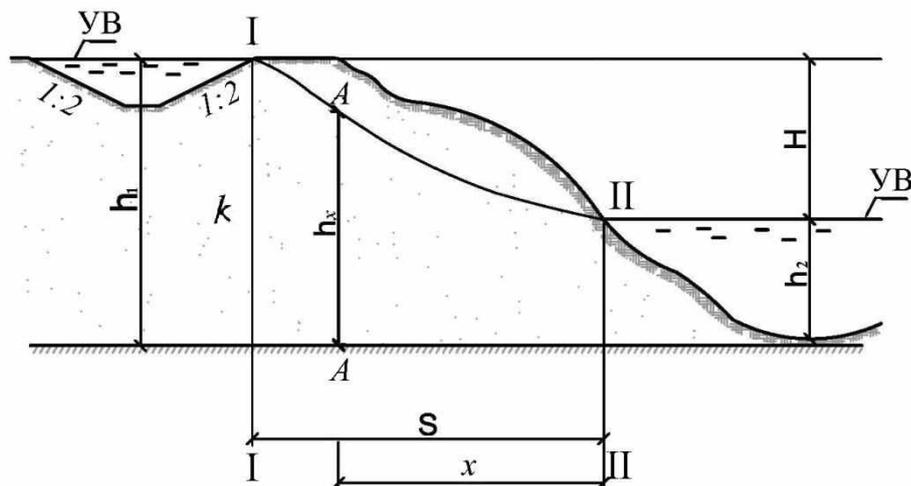


Рис.1.9.3. Расчетная схема фильтрационного потока из оросительного канала.

В соответствии с формулой Дюпюи(1.9.3) скорость фильтрации будет равна:

$$v = k \frac{dH}{dS}$$

При рассмотрении сечений I-I и II-II выражение для уклона примет следующий вид:

$$I = \frac{h_1 - h_2}{S},$$

тогда удельный фильтрационный расход

$$q = v h_{cp} = v \frac{h_1 + h_2}{2},$$

или

$$q = k \cdot I \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} = k \frac{h_1 - h_2}{S} \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2S} - \text{уравнение Дюпюи. (1.9.4)}$$

Пользуясь уравнением Дюпюи, можно построить кривую депрессии (проекцию депрессионной поверхности при решении плоской задачи) грунтового потока воды и определить фильтрационный расход.

Заладимся промежуточным сечением A-A (рис.1.9.3) и обозначим:

h_x —ордината депрессионной поверхности в произвольном сечении A-A;

При этом x – длина пути фильтрационного потока от сечения A-A до разгрузки в водоем. Разделив обе части уравнения Дюпюи на величину k для сечения A-A получаем:

$$\frac{q}{k} = \frac{h_x^2 - h_{II}^2}{2x},$$

отсюда

$$h_x = \sqrt{h_{II}^2 + \frac{q}{k} \cdot 2x},$$

Задаваясь различными значениями x можно рассчитать h_x и построить кривую депрессии.

Если в последнее уравнение подставить выражение для q из уравнения Дюпюи, то можно получить следующее уравнение для кривой депрессии:

$$h = \sqrt{h_{II}^2 + (h_I^2 - h_{II}^2) \cdot \frac{x}{S}}. \quad (1.9.5)$$

Как видим, k в это выражение не входит. Следовательно, можно сделать вывод, что в случае однородного грунта поверхность депрессии не зависит от k . При заданных h_I и h_{II} кривая депрессии будет совершенно одинаковой для песка и для глины.

От коэффициента фильтрации зависит только фильтрационный расход: величина расхода прямо пропорциональна величине коэффициента фильтрации.

Решение фильтрационных задач

В инженерной мелиорации при расчете осушительных и оросительных систем приходится решать задачи, связанные с определением фильтрационного расхода воды и положением депрессионной поверхности (рис.1.9.4). Как пример можно привести случай фильтрации воды из оросительного канала в реку (а), с тем, чтобы оценить величину потерь воды из канала на фильтрацию, приходится рассчитывать соответствующий фильтрационный поток. Другой пример – фильтрационный расчет притока воды к системе дрен (б). Положение депрессионной поверхности и фильтрационный расход необходимо определять при проектировании дамб обвалования для предотвращения затопления территорий в нижнем бьефе сооружения (с).

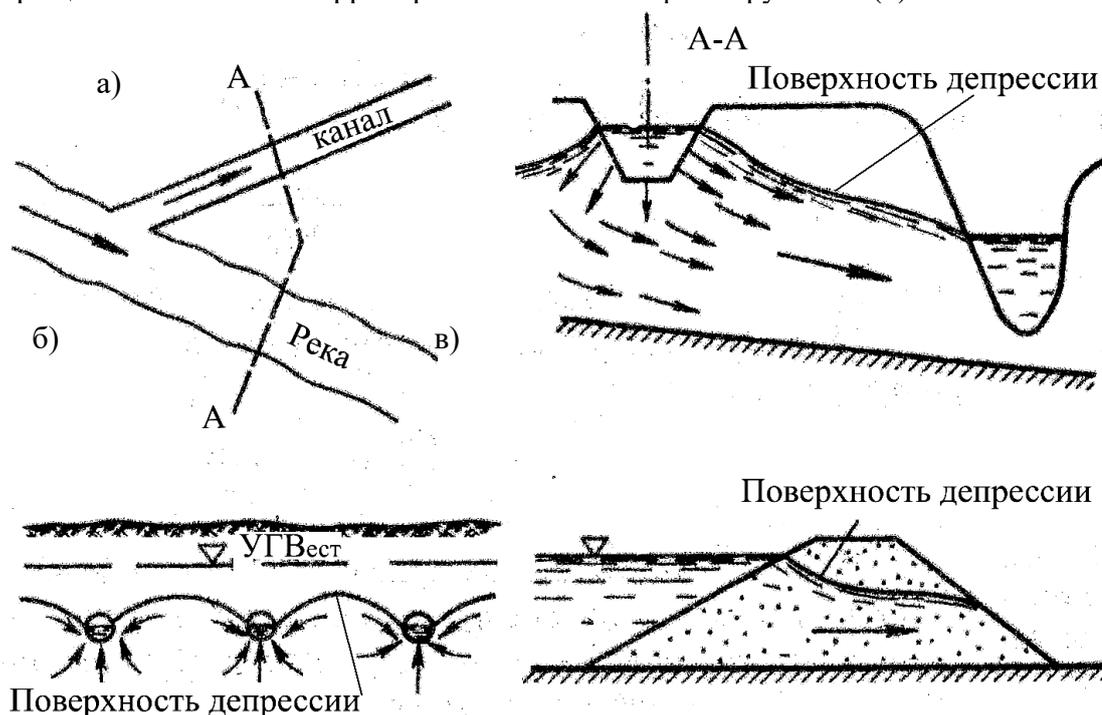


Рис.1.9.4. Примеры фильтрационных потоков

В настоящее время существуют три основных подхода к решению фильтрационных задач: теоретический, аналоговый, численный.

Теоретические методы основаны на построении аналитических решений дифференциальных уравнений, описывающих физический процесс в рамках принятой математической модели.

В практических инженерных расчетах применяются приближенные методы, в которых аналитические решения пространственных задач сводятся к двумерным. Приемы решения конкретных задач (фильтрация из каналов, расчет притока к дренам и пр.) приводятся в специальной литературе [1, 8, 11, 12, 14, 26, 28, 31, 41, 47 и др.]. Так, например, фильтрационный расход из оросительного канала можно рассчитать, пользуясь формулой Дюпюи(1.9.4).

Методы аналогового моделирования основаны на использовании математической аналогии между уравнениями, описывающими различные физические процессы. Наиболее распространенным среди аналоговых методов решения задач фильтрации является метод электродинамических аналогий (ЭГДА), основанный на аналогии между уравнениями электрического тока и фильтрации, которые соответствуют одному и тому же классу дифференциальных уравнений, называемому в математической физике «уравнением теплопроводности». Метод ЭГДА был предложен Н.Н.Павловским на основе исследований, начатых Н.Е.Жуковским. Ввиду сравни-

тельной простоты и доступности технического выполнения для случаев сложной конфигурации области фильтрации, этот метод с конца 50-х годов нашел широкое применение. Аналоговые методы являются надежным средством решения фильтрационных задач в условиях неоднородной среды и сложной геометрической формы границ, однако после создания таких моделей невозможно достаточно гибкое регулирование некоторых параметров. На рис. 9.5 показано моделирование подземного контура основания бетонной плотины с противофильтрационной завесой и вертикальным дренажем на комплексной установке ЭГДА.

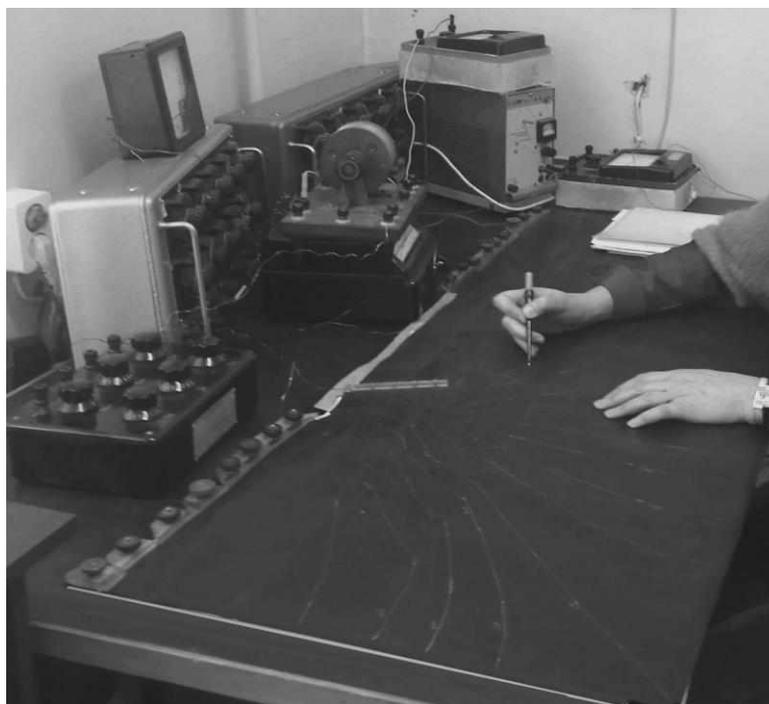


Рис.1.9.5. Моделирование фильтрационного потока на комплексной установке ЭГДА

Методы численного моделирования в последние десятилетия находят всё большее применение. Эти методы легли в основу разработки компьютерных программ, созданных для расчетов фильтрации: MODFLOW, ABAQUS, DRENA, PLAXFLOW и др. Расчеты, выполняемые с помощью компьютерных программ позволяют моделировать разные варианты проектных решений с использованием эффективной интерпретации в виде таблиц, разрезов, графиков, карт и объемных изображений. На рис.1.9.6 показаны прогнозируемые депрессионная поверхность и линии равных напоров в теле и основании грунтовой плотины при ФПУ и фиксированной утечке воды из трубы водозабора на модели, полученной при помощи численного моделирования на программном комплексе PLAXIS.

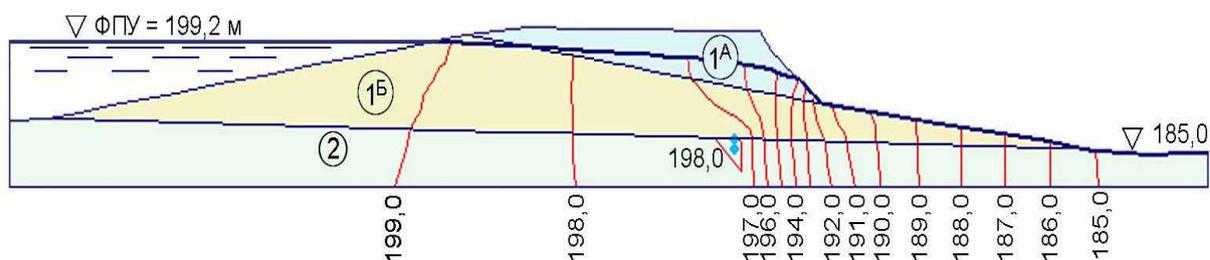


Рис. 1.9.6.Графическая интерпретация решения фильтрационной задачи, выполненной с помощью программного комплекса PLAXIS

1.10. Условия питания, движения и дренирования подземных вод.

Типы подземных вод. Режим подземных вод

Для обоснования необходимых мелиоративных мероприятий определяют тип водного питания участка проектирования.

Подземные воды питаются за счет просачивания в грунт атмосферных осадков, фильтрации поверхностных вод из открытых водоемов и рек и конденсации водяных паров в порах и пустотах верхних слоев земной коры.

Главнейшим, наиболее распространенным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки, выпадающие на поверхность земли в виде дождя, росы и снега. Осадки просачиваются не полностью; одна часть их стекает по поверхности земли в реки, озера и моря, другая часть испаряется обратно в атмосферу. Количественное соотношение между просачивающейся и стекающей водой непостоянно и зависит от природных условий местности и времени.

На питание подземных вод в одинаковых климатических условиях влияют главным образом рельеф района и его геологическое строение.

При пересеченном рельефе земной поверхности и сложении ее водонепроницаемыми породами атмосферные осадки почти полностью стекают в речную сеть и испаряются. Если же рельеф плоский и с поверхности лежат водопроницаемые породы, осадки легко просачиваются, а поверхностный сток уменьшается. Осадки, выпадающие в виде ливней, расходуются главным образом на поверхностный сток, а осенние длительные и морозящие дожди в значительном количестве просачиваются в грунт.

Немаловажную роль в питании подземных вод играет фильтрация воды из открытых водоемов: из одной реки в другую, протекающую на более низких отметках, а также при наличии под рекой пород, поглощающих воду. Кроме того, при прохождении паводков на реке наблюдается фильтрация воды в берега; такая фильтрация в меженное время имеет место в засушливых районах и обуславливается большим испарением подземных вод в прибрежных участках.

Последний вид питания подземных вод - за счет конденсации в породах водяных паров из воздуха - пока изучен слабо.

Процесс просачивания воды и ее распределение в грунте схематически представляется в следующем виде. Самые верхние слои земли могут быть разделены по вертикали сверху вниз на следующие зоны: а) зона аэрации, б) капиллярная зона, в) зона насыщения, г) водоупорный слой.

Водоупорный слой, подстилающий водопроницаемые породы, служит постелью или ложем для воды, просачивающейся сверху или притекающей со стороны. На этом слое создается зона насыщения пород гравитационной водой, или собственно водоносный слой.

Капиллярная зона окаймляет поверхность подземных вод сверху и является нижней частью зоны аэрации. Капиллярная вода гидравлически связана с гравитационной водой водоносного горизонта; поэтому повышение или понижение ее уровня влечет за собой соответствующие изменения и в зоне капиллярного увлажнения. Самая верхняя зона земной коры - зона аэрации служит своеобразным «буферным» слоем между подземными водами и дневной поверхностью, который регулирует поступление воды из атмосферы в водоносный слой.

Регулирующая роль зоны аэрации зависит от ее мощности и от характера просачивания воды. Чем меньше скорость этого просачивания, тем больше требуется времени для достижения осадками водоносного слоя и начала повышения уровня воды.

В зоне аэрации наибольшее количество влаги накапливается весной, после снеготаяния. Летом эта влага расходуется за счет дальнейшего просачивания, испарения и транспирации растениями.

Выпавшие на поверхность земли осадки проникают в зону аэрации главным образом путем свободного просачивания. Вследствие неоднородности грунтов зоны аэрации в ней могут встречаться слои с полным насыщением (верховодка или подвешенные воды).

Пройдя зону аэрации, вода переходит в зоне насыщения в подземный сток.

Движение подземных вод подчиняется законам гидравлики и совершается при наличии гидравлического уклона. Подземные воды передвигаются от области питания к области дренирования, т. е. к месту их выхода на дневную поверхность.

В природе встречаются подземные воды безнапорные, т. е. со свободной поверхностью, и напорные. В первом случае у водоносного слоя отсутствует водоупорная кровля или он не на всю мощность насыщен водой. Во втором случае водоносный слой заключен между водонепроницаемыми породами, полностью заполнен водой и находится под гидростатическим давлением.

Если водоносный горизонт пересекается долиной реки, оврагом, озерным или морским побережьем или прорезан искусственной выемкой, то подземные воды выходят на дневную поверхность в виде источников.

Поверхность безнапорных подземных вод обычно неровная и, в общем, следует рельефу местности.

Типы подземных вод

Подземные воды можно подразделить на следующие типы: а) верховодка и подвешенные воды, б) грунтовые воды и в) межпластовые воды.

Верховодка и подвешенные воды

Эти воды залегают вблизи дневной поверхности и образуются в результате просачивания атмосферных осадков, задерживающихся на водоупорных линзах или в слабопроницаемых слоях, не успевающих пропустить через себя поступающую сверху воду.

Довольно часто эти воды появляются в результате утечек из водопроводных и канализационных сооружений. Верховодка и подвешенные воды характеризуются невыдержанным распространением и резко изменяющимся во времени уровнем, вплоть до полного пересыхания. Наибольшего распространения эти воды обычно достигают весной, непосредственно после снеготаяния.

Верховодка, образовавшаяся на водоупорной линзе, с прекращением питания, постепенно стекает с краев линзы и просачивается до залегающего ниже постоянного водоносного горизонта (рис. 1.10.1).

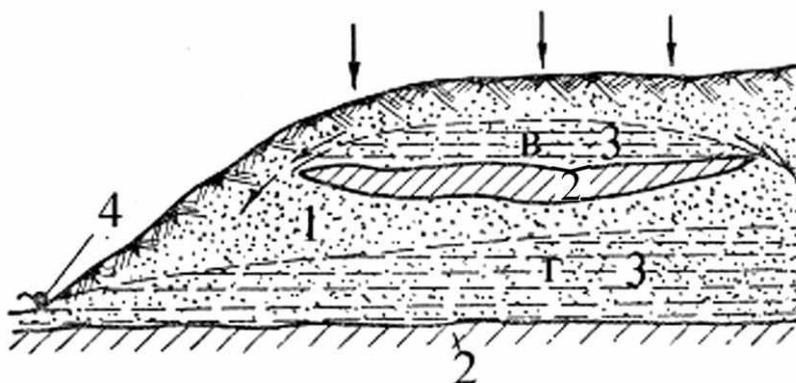


Рис. 1.10.1. Верховодка на водоупорной линзе

1- водопроницаемый песок; 2 - водоупорные породы; 3- водоносные горизонты:
в-верховодка; г- грунтовая вода; 4- источник

Подвешенные воды в отличие от верховодки и других типов подземных вод не имеют водоупорной постели, препятствующей дальнейшему их просачиванию вглубь. Они удерживаются силой капиллярного натяжения в слабопроницаемых прослойках, заключенных в более водопроницаемых слоях. Подвешенные воды сохраняются недолго и, в конечном счете, просачиваются до водоносного горизонта.

Иногда эти воды могут полностью испариться. Верховодка и подвешенные воды, располагаясь близко к дневной поверхности, часто вызывают ее заболачивание и подтопление подземных сооружений.

Нередко при изысканиях, производимых в летнее время, верховодка не обнаруживается и появление ее на строительстве оказывается неприятным «сюрпризом»-для строителей.

Грунтовые воды

Грунтовые воды - это воды первого от поверхности земли постоянно существующего водоносного слоя; залегают они на выдержанном по площади водоупорном слое (рис.10.2).

Грунтовые воды питаются главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации воды из водоемов. Область питания грунтовых вод совпадает с площадью их распространения.

Эти воды имеют свободную поверхность и, залегая неглубоко от поверхности земли, наиболее часто служат причиной подтопления промышленных площадок и городских территорий. Они широко распространены на территории РФ и встречаются как на водораздельных участках, так и в долинах рек.

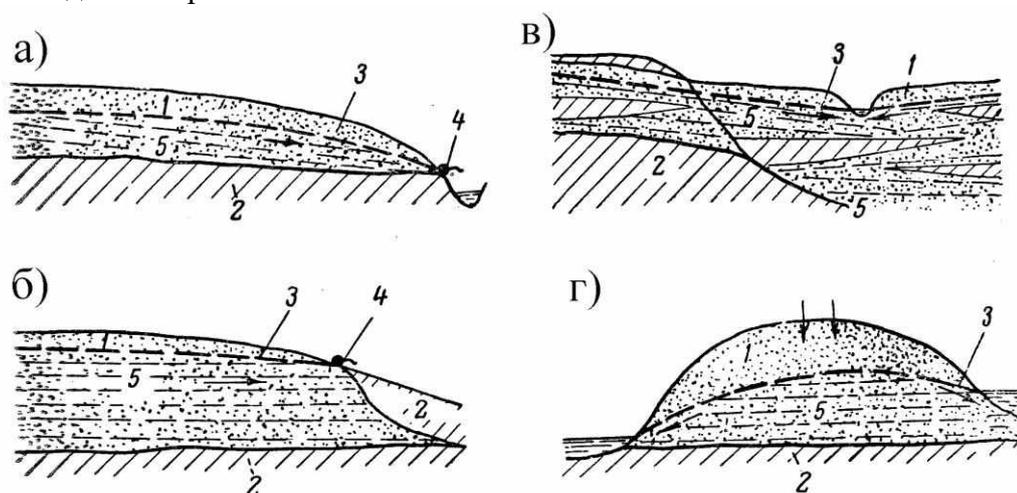


Рис. 1.10.2. Некоторые случаи залегания грунтовых вод

а)-поток грунтовых вод; б)- грунтовый поток, подпертый глинистыми отложениями; в)- грунтовый поток в аллювиальных отложениях пойменной и надпойменной террасы; г)-грунтовые воды в междуречье; 1 - водопроницаемые породы; 2 - водоупорные породы; 3-уровень грунтовых вод; 4 - выход грунтовых вод на поверхность земли; 5- водоносный горизонт.

Грунтовые воды содержатся в аллювиальных, делювиальных и пролювиальных отложениях, в ледниковых образованиях, покрывающих северные и центральные районы Европейской части РФ и некоторые районы Сибири, в лёссах и лёссовидных породах степных пространств на юге РФ и т. д.

Межпластовые воды

Грунтовые воды, отделенные от дневной поверхности водоупорным слоем, называются межпластовыми (рис. 1.10.3).

Область питания этих вод не совпадает площадью их распространения, она располагается на участке выхода водосодержащего пласта над дневную поверхность. Источниками их питания служат атмосферные осадки и реки. Межпластовые воды являются безнапорными, если полностью заполняют водосодержащий слой. Залегая на сравнительно больших глубинах, эти воды могут являться причиной подтопления или заболачивания территорий лишь на участках их дренирования.

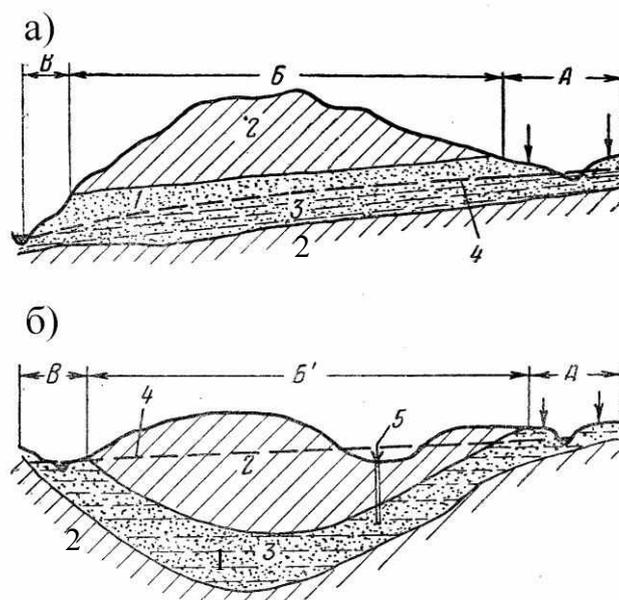


Рис. 1.10.3. Схема залегания межпластовых вод

а) безнапорные воды; б) напорные воды; А - область питания; В - область циркуляции безнапорных межпластовых вод; В' - область напора; В - область дренирования; 1 - водопроницаемые породы; 2 - водоупорные породы; 3 - водоносный горизонт; 4 - уровень воды; 5 — фонтанирующая скважина.

Межпластовые воды становятся напорными (артезианскими) в том случае, когда они залегают ниже области питания, заполняя весь водоносный пласт, который уходит вглубину (рис. 10.3,б). Напорность в таком пласте обуславливается передачей гидростатического давления из области питания. Напорные воды могут служить причиной подтопления на участках их дренирования или при вскрытии пласта заглубленными сооружениями.

Режим подземных вод

Под режимом подземных вод следует понимать совокупность изменений во времени их уровня и расхода, а иногда химического состава и температуры под влиянием естественных факторов: климатических, топографических и геологических и искусственных - хозяйственной и строительной деятельности человека.

Различные типы подземных вод характеризуются своеобразными особенностями естественного режима.

Режим верховодки отличается резкой изменчивостью уровней и расходов во времени, вплоть до полного ее пересыхания.

Для грунтовых вод можно выделить: а) режим грунтовых вод на водораздельных участках, который находится главным образом под влиянием атмосферных осадков, и б) режим грунтовых вод в прибрежных зонах, который зависит от колебаний горизонта воды в водоемах. Изменения уровня грунтовых вод на водораздельных пространствах синхронно связаны с атмосферными осадками, снеготаянием и испарением. Характер режима здесь определяется климатическими особенностями района. В средних широтах РФ с континентальным климатом кривая изменений уровня грунтовых вод характеризуется обычно двумя максимумами: большим весной и меньшим осенью.

Наинизший уровень бывает зимой, когда при отсутствии питания происходит сработка запасов грунтовых вод через источники и подземный сток.

Иной характер режима грунтовых вод наблюдается в южных областях, где инфильтрация атмосферных осадков происходит также и зимой. Уровень грунтовых вод достигает здесь максимального положения в середине зимы, а весной и летом вследствие большого испарения он понижается.

Влияние атмосферных осадков на режим грунтовых вод нередко сказывается с некоторым запозданием. Скорость передачи влияния атмосферных осадков зависит от литологического состава и мощности зоны аэрации; она тем меньше, чем длиннее путь просачивания и чем меньше водопроницаемость грунтов.

В прибрежных зонах при наличии хорошей связи подземных вод с рекой их режим находится в тесной зависимости от колебаний уровня воды в реке. Паводок сильно меняет режим подземных вод по сравнению с меженным периодом. Подъему уровня подземных вод под влиянием паводка зависит главным образом от высоты паводка, его продолжительности и гидрогеологических условий прибрежной зоны.

Культурная деятельность человека может резко изменить естественный режим грунтовых вод. Строительство водохранилищ приводит к повышению уровня грунтовых вод на значительной территории. Утечки воды из водопроводно-канализационных сетей обычно вызывают местные повышения уровня грунтовых вод. С другой стороны, покрытие территорий асфальтом и устройство ливнеотоков сильно сокращает величину инфильтрации атмосферных осадков и приводит к уменьшению амплитуды колебаний уровня грунтовых вод.

ГЛАВА 2. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ НЕСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

2.1. Факторы подтопления и заболачивания территорий: естественные и искусственные. Обоснование необходимости осушения территорий. Норма осушения

Факторы подтопления и заболачивания территорий разнообразны. Их можно разделить на две основные группы: естественные и искусственные.

Прежде чем перейти к рассмотрению этих факторов заметим, что термин «подтопление» является условным, так как наличие или отсутствие подтопления определяется не только положением уровня подземных вод на территории, но и характером ее использования. В пределах одной и той же территории отдельные ее участки с одинаковой глубиной залегания уровня подземных вод, но с различным заглублением подземных сооружений и коммуникаций могут подтопляться на различную высоту или вовсе не подвергаться подтоплению. Также и в сельском хозяйстве (гл.3) – для различных видов выращиваемых культур глубина залегания уровня подземных вод, при которой создаются неблагоприятные условия для развития корневой системы растений различна.

В дальнейшем подтопляемыми территориями будем называть такие участки, на которых уровень подземных вод располагается (постоянно или временно) выше оснований наземных и подземных сооружений и коммуникаций. Для сельскохозяйственных земель, парков и садов уровень подземных вод на подтопляемых участках располагается выше, чем это допустимо для нормального развития соответствующих культур.

При залегании подземных вод вблизи дневной поверхности, в особенности при их выклинивании, наблюдается заболачивание территории.

В зависимости от местных особенностей режима подземных вод подтопление и заболачивание может быть постоянным или временным. При этом необходимо учитывать, что если даже уровень подземных вод располагается и ниже оснований сооружений, то последние все же могут подвергаться временному или постоянному воздействию капиллярных вод.

Особенно больших размеров подтопление может достигать под воздействием искусственных факторов - при подпоре подземных вод гидротехническими сооружениями, а также вследствие усиленного пополнения водоносного горизонта атмосферными водами при несоблюдении необходимых условий поверхностного стока и при наличии утечек воды из водопроводно-канализационных сооружений и водостоков.

Величина подтопления в результате подпора подземных вод гидротехническими сооружениями может быть заранее определена расчетом (см. п. 2.7) и, следовательно, могут быть приняты меры защиты территории от подтопления. Другое дело, когда причиной подтопления является недоучет естественных колебаний уровня подземных вод (вследствие неизученности их режима) или неправильное ведение строительных работ и эксплуатации водных коммуникаций. В этих случаях не всегда можно своевременно установить опасность подтопления и принять меры к его предупреждению. Известно немало примеров, когда территории до строительства с относительно глубоким залеганием уровня подземных вод в дальнейшем оказались подтопленными вследствие значительного повышения их уровня. При этом подтопление обнаруживалось или во время строительства или позже.

Строительство на обводненных территориях затруднено, так как связано с креплением траншей и котлованов, водоотливом, искусственным водопонижением и т. п. В этих условиях ухудшается и осложняется также работа внутрипостроечного транспорта и строительных механизмов.

Подземные воды, обводняя уже застроенную площадку, часто приводят к переувлажнению грунтов основания, а, следовательно, и к ухудшению их устойчивости. При этом в случае агрессивности подземных вод срок службы сооружений значительно сокращается.

Естественные факторы подтопления

Неблагоприятные гидрогеологические условия территорий, обуславливающие естественное их подтопление, в основном, определяются особенностями геологического строения и климатом района, рельефом самой территории и степенью развития в ее окрестностях гидрографической сети.

Геологическое строение района и литологический состав пород существенно влияют на условия залегания подземных вод и положение их уровня. Близкое залегание к дневной поверхности водоупорных и слабопроницаемых пород или же водонепроницаемых линз благоприятствует образованию верховодки, подвешенных и грунтовых вод. В формировании этих вод, наиболее часто вызывающих подтопление территорий, основное значение имеет инфильтрация ливневых и талых вод.

Если подземные воды залегают на большой глубине от дневной поверхности или если территория сложена водоупорными породами, то возможность ее подтопления под воздействием естественных факторов исключена.

Если же территория сложена слабопроницаемыми породами (например суглинками), имеющими небольшую мощность, аподними залегает водоносный слой, то при заглублении подземных сооружений в эти породы возможно воздействие на них капиллярных вод.

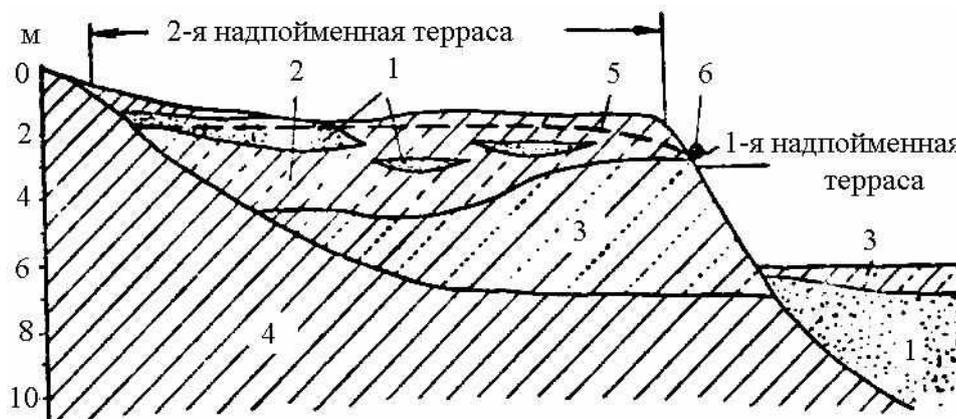


Рис. 2.1.1. Подтопление территории верховодкой

1- пески; 2- супеси; 3- суглинки; 4- коренные глины; 5 - весенний уровень верховодки; 6- источник

Подтопление за счет капиллярного увлажнения встречается довольно часто. Также наблюдаются случаи подтопления территорий напорными водами. При вскрытии котлованом таких вод они поднимаются вверх и заполняют котлован на высоту, соответствующую напору водоносного горизонта.

Очевидно, что в данных условиях возникает необходимость в осуществлении мероприятий по защите от подтопления еще в процессе строительства.

Подтопление территорий подземными водами, поступающими со стороны возвышенных участков склона, необязательно обуславливается их напорностью. Оно также может быть вызвано безнапорными грунтовыми водами, притекающими на территорию с ее верховой стороны.

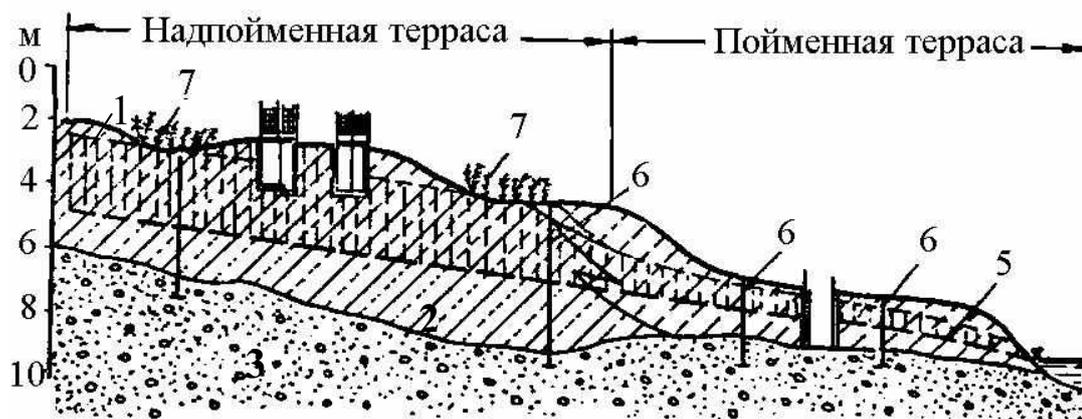


Рис.2.1.2. Подтопление проектируемой к застройке городской территории капиллярными и напорными водами

1-легкие суглинки; 2- супеси; 3- галечники и пески; 4-зона капиллярного увлажнения; 5 -уровень подземных вод; 6 - скважины; 7- заболоченности

На подтопление территорий могут оказывать существенное влияние климатические особенности района. Это влияние имеет основное значение на водораздельных участках. Климатические особенности здесь определяют ход сезонных и годовых колебаний уровня подземных вод, а, следовательно, продолжительность и интенсивность периодического подтопления заглубленных сооружений.

В зависимости от режима подземных вод подтопление может повторяться один или несколько раз в год и даже один раз в несколько лет, а его интенсивность будет зависеть от амплитуды колебаний уровня подземных вод.

Не менее существенную роль в подтоплении территорий играет их рельеф. Так, например, воды одного и того же горизонта, залегающие относительно глубоко на повышенных участках территории, в местных понижениях располагаются близко к дневной поверхности и могут подтоплять те или иные участки или отдельные заглубленные сооружения. Рельеф определяет условия стока ливневых и талых вод в районе площадки, а, следовательно, в определенной мере влияет на инфильтрацию последних в грунт. При достаточном уклоне и отсутствии местных понижений создаются благоприятные условия для поверхностного стока. Наоборот, при слабых уклонах и наличии впадин и понижений значительная часть этих вод задерживается и просачивается в грунт.

Гидрографическая сеть оказывает большое влияние на условия естественного дренирования подземных вод, а, следовательно, и на подтопление. Редкая и слабо развитая гидрографическая сеть затрудняет дренирование и тем самым создает благоприятные предпосылки для неглубокого залегания подземных вод. Глубокие овраги и речные долины способствуют хорошему дренированию.

При расположении территорий в прибрежной зоне водоемов иногда можно наблюдать периодическое подтопление, связанное с сезонными колебаниями уровня воды в реках и озерах и с подпором в устьях рек морской нагонной волной.

Такое подтопление возможно лишь при наличии хорошей гидравлической связи подземных вод с водоемами. При этом продолжительность подтопления зависит от повышения уровня воды в водоеме, проницаемости пород и расстояния от берега. Характерно отставание колебаний уровня подземных вод от колебаний уровня воды в реке. Бывают случаи, когда паводок на реке закончился, а повышение уровня подземных вод в прибрежной полосе только начинается.

Искусственные факторы подтопления

Естественно сложившиеся благоприятные гидрогеологические условия осваиваемой или эксплуатируемой территории могут быть нарушены в результате строительной и хозяйственной деятельности человека. Иногда удобные для строительства и эксплуатации территории с относительно глубоким залеганием подземных вод в результате этой деятельности подтопляются и даже заболачиваются.

Такое искусственное подтопление чаще всего происходит на территориях, сложенных слабо проницаемыми грунтами, как, например, лёссами, суглинками, супесями и глинистыми песками. На площадках, сложенных хорошо фильтрующими песчано-гравийно-галечниковыми и трещиноватыми породами, подтопление встречается редко, за исключением случаев искусственного подпора воды в водоемах.

Искусственное подтопление в известной мере ослабляется при густой гидрографической сети. Но все же наличие вблизи площадок глубоких долин с крутыми склонами еще не является препятствием для подтопления в тех случаях, когда территории сложены слабопроницаемыми грунтами и подвержены интенсивному искусственному обводнению.

Искусственное подтопление территорий может возникнуть в результате:

- а) ухудшения естественных условий стока ливневых и талых вод и несоблюдения требований нормальной эксплуатации временных водных коммуникаций в процессе строительства;
- б) ухудшения естественных условий стока ливневых и талых вод, а также нарушения нормальных условий работы водных коммуникаций и водосборников на территориях действующих промышленных предприятий и городов;
- в) строительства гидротехнических сооружений в районе промышленных предприятий и городов.

Причины нарушения стока ливневых и талых вод при строительстве следующие:

- снятие растительного покрова;
- беспорядочное устройство различного рода котлованов, выемок без надлежащего их ограждения, насыпей;
- несвоевременное осуществление вертикальной планировки и водосточной сети;
- прокладка временных подъездных путей без водовыпусков и водоотводных канав;
- неправильное расположение зданий - длинными сторонами нормально к направлению уклона местности.

Перечисленные нарушения приводят к скоплению и застаиванию их на территории в искусственно созданных понижениях (котлованах, выемках, ямах) и перед преградами (насыпями, подъездными путями, зданиями). Задерживаемые таким образом воды, в особенности при отсутствии растительного покрова, интенсивно инфильтруются в грунт и вызывают постепенное повышение уровня подземных вод.

Этому также способствуют утечки воды из временных водопроводов вследствие неудовлетворительного их выполнения и работы. В местах водозабора часто можно наблюдать скопление воды из-за отсутствия или неудовлетворительной работы лотков, отводящих воду за пределы территории. Источниками существенной инфильтрации воды в грунт являются также промывочные установки при отсутствии организованного отвода промывочной воды.

Интересный случай подтопления имел место на площадке строительства автозавода. Для строительства была выбрана территория на водораздельном участке, относительно высоко приподнятом над местной гидрографической сетью. Рельеф площадки спокойный и имеет уклон к примыкающей речке. Возвышенное положение площадки благоприятствовало естественному

стоку ливневых и талых вод и ее дренированию, поэтому возможность подтопления, на первый взгляд, казалась мало вероятной, между тем в результате строительных работ первой очереди, проведенных без достаточного учета гидрогеологических особенностей площадки, произошло ее подтопление.

Разведочными работами до начала строительства было установлено, что площадка на глубину до 25 м сложена лёссовидными легкими суглинками и супесями, в которых содержатся линзы и прослой более плотных тяжелых суглинков. Последние служили водоупорной постелью для верховодки, залегавшей на глубине от 1,5 до 5,5 м от поверхности земли, ниже отметок оснований подземных сооружений (рис. 2.1.3).

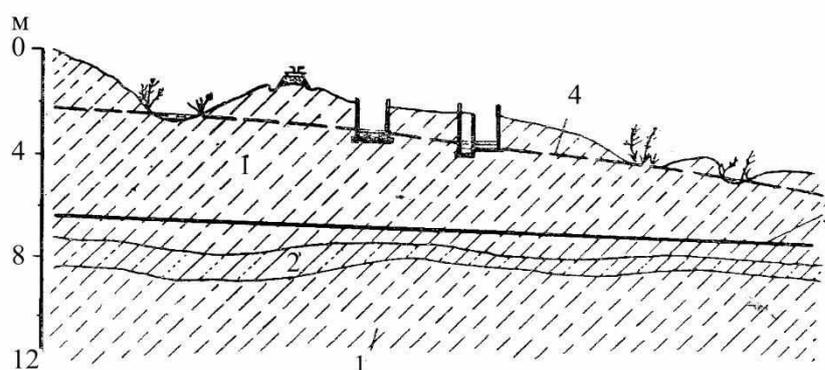


Рис.2.1.3. Подтопление промышленной площадки автозавода в результате нарушения поверхностного стока

1 – лёссовидные супеси; 2 – тяжелые суглинки; 3 – уровень подземных вод до строительства; 4 – уровень подземных вод через 5 лет

Вскоре после окончания исследований на площадке было построено несколько корпусов, которые располагались своими длинными сторонами нормально к направлению уклона местности, и были проложены подъездные железнодорожные пути. Планировка не была осуществлена. Через год строительство было законсервировано, при этом некоторые корпуса остались незаконченными — возведены были лишь фундаменты и стены, котлованы и ямы остались незасыпанными.

Спустя 5 лет, при возобновлении строительства оказалось, что гидрогеологические условия площадки резко изменились, так как подземные воды приобрели повсеместное распространение, а их уровень настолько повысился, что местами достиг поверхности земли, при этом значительная часть площадки оказалась заболоченной. В заброшенных ямах и котлованах, а также внутри незаконченных корпусов началось бурное развитие болотной растительности.

Причиной подтопления послужили искусственно задержанные в котлованах, за путями и зданиями талые и ливневые воды и их усиленная инфильтрация в лёссовидную толщу пород. Для ликвидации подтопления и осушения заболоченных участков были запроектированы разветвленный дренаж и водосточная сеть.

Таким образом, большое значение при проведении строительных работ имеет организация стока ливневых и талых вод, правильное расположение зданий и своевременная заделка котлованов после их вскрытия и возведения фундаментов.

Причинами подтопления на территориях городов и предприятий служат: утечки из водопроводно-канализационных сооружений, неорганизованный сброс промышленных вод, устройство поглощающих колодцев для спуска поверхностных или отработанных вод в породах, неспособных поглотить сбрасываемые воды, неисправная работа ливневой сети, несвоевременное или неправильное выполнение вертикальной планировки, отсутствие или засорение водовыпусков через железнодорожные или трамвайные пути и, наконец, неправильное расположение отвалов шлака и золы.

В практике значение перечисленных факторов часто не учитывается и они, действуя в течение более или менее длительного времени, приводят к интенсивному подтоплению значитель-

ных территорий и вызывают серьезные осложнения в жизнедеятельности поселения или предприятия.

При этом имеют большое значение гидрогеологические особенности района, часто определяя, при прочих равных условиях, интенсивность и масштабы подтопления.

Наиболее мощными источниками искусственного подтопления являются утечки из водопроводных сооружений и сети. Водопроводная сеть, как правило, дает некоторые утечки воды, которые, в общем, мало влияют на обводнение грунтов, но при авариях эти утечки могут служить причиной подтопления. Вследствие того, что аварии часто подолгу остаются необнаруженными, это подтопление приводит к тяжелым последствиям.

Повреждения водопроводной арматуры, расположенной в смотровых колодцах, в тех случаях, когда колодцы не имеют надежной гидроизоляции, также приводят к обводнению грунтов.

Неправильное расположение отвалов шлака и золы (когда последние препятствуют нормальному стоку ливневых вод или естественному дренажу подземных вод) может вызвать подтопление территорий. В отдельных случаях причиной подтопления могут служить неисправности в работе имеющихся на территории дренажных сетей.

При подтоплении многие из перечисленных факторов проявляют себя одновременно; при этом правильная оценка удельного значения каждого из них имеет большое практическое значение.

Подтопление за счет утечек воды из водопроводно-канализационных сооружений проявляется не только в условиях заложения их в слабоводопроницаемых породах. При значительных утечках оно возможно также и в хорошо проницаемых породах и при благоприятных условиях дренирования подземных вод гидрографической сетью. Утечки из водопроводно-канализационных сооружений особенно опасны в районах, сложенных лёссами и лёссовидными породами. Вследствие слабой водопроницаемости этих пород в горизонтальном направлении даже незначительные утечки воды приводят к быстрому повышению уровня подземных вод.

Обоснование необходимости осушения территорий

Необходимость проведения определенного объема работ по мелиорации земель следует устанавливать на основании анализа их использования, составляющих водного и солевого балансов корнеобитаемого слоя почв, строительных, экономических, социальных и экологических условий.

При этом необходимо предусмотреть *профилактические* методы защиты территорий и сооружений от подтопления, которые включают в себя организационные и инженерные мероприятия. Организационные мероприятия сводятся к правильной эксплуатации водосодержащих подземных сетей, в том числе и дренажных, и к контролю за технологией строительных работ. Инженерные мероприятия включают рациональную организацию рельефа и поверхностного стока, устройство защитной гидроизоляции в зданиях и сооружениях, а при необходимости профилактических дренажей - систем, защищающих от капиллярных и подземных вод. Устройство таких профилактических дренажей широко практикуется при строительстве подземных коммуникаций. На прибрежных территориях профилактическую защиту от подтопления, проектируют в комплексе с другими мероприятиями инженерной подготовки.

Задачи осушения переувлажненных земель определяет характер их использования:

- а) создание нормальной эксплуатации зданий, сооружений, строительных площадок;
- б) создание нормальных условий на территориях парков и садов;
- б) сельскохозяйственное освоение земель;
- в) добыча полезных ископаемых.

От характера использования осушаемой территории зависит необходимая глубина понижения уровня грунтовых вод, называемая нормой осушения.

Норма осушения(глубина от поверхности земли грунтовых вод) определяет требуемое понижение УГВ. Ее величину назначают с учетом использования территории и водных свойств

грунтов. Положение пониженного уровня должно обеспечивать нормальную эксплуатацию зданий, сооружений и элементов благоустройства, произрастание растений.

Для зданий норму осушения устанавливают не менее 0,5 м от пола подвала, принимая во внимание местные особенности, в том числе капиллярное поднятие воды.

Для зон с различными древесными и кустарниковыми породами норму осушения назначают применительно к породе. Например, для тополя - 0,4 м, сосны - около 1 м, фруктовых деревьев от 1-1,5 м и более. Подобным образом норму осушения устанавливают и для газонов.

При выборе нормы осушения транспортных и пешеходных путей, а также плоскостных сооружений исходят из требования, исключающего разрушение дорожных покрытий и площадок.

Для сельскохозяйственных территорий норма осушения устанавливается в зависимости от вида выращиваемых культур, почвы и фазы вегетационного периода, изменяется в пределах 0,4-1,0 м.

При разработке торфа норму осушения назначают в зависимости от применяемой технологии. Обычно в пределах 0,4-0,6 м. При разработке других полезных ископаемых норма осушения зависит от вида полезных ископаемых и глубины карьеров.

2.2. Определение методов и способов осушения земель в зависимости от типа водного питания и водного баланса переувлажненных территорий

Для обоснования методов улучшения водного режима, определения количества избыточной воды, составления прогнозов динамики грунтовых вод проводится анализ природных условий. *Качественный анализ* устанавливает тип водного питания переувлажненных земель, *количественный анализ* заключается в составлении водных балансов территории.

Тип водного питания указывает основные источники поступления избыточных вод, которые при соответствующих природных условиях приводят к переувлажнению почвенного слоя. От типа водного питания зависит метод осушения.

Выделяют четыре типа водного питания земель:

1. Атмосферный;
2. Грунтовый:
 - а) приток грунтовых вод с водосбора (поток грунтовых вод);
 - б) бассейн грунтовых вод (грунтово-инфильтрационный);
 - в) приток фильтрационных вод из рек и водохранилищ;
3. Грунтово-напорный;
4. Намывной:
 - а) делювиальный - приток поверхностных вод с водосбора или склоновый;
 - б) аллювиальный - приток поверхностных вод из рек, озер и водохранилищ.

Основные признаки различных типов водного питания следующие.

1. *Атмосферный тип водного питания* (рис.2.2.1):

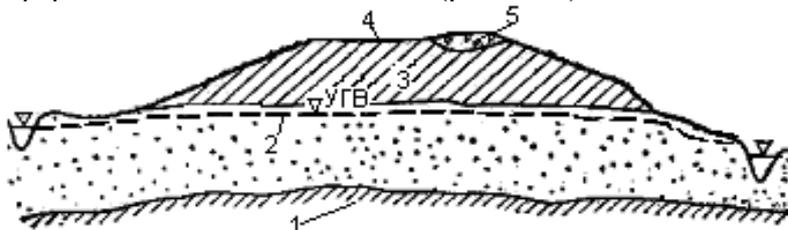


Рис.2.2.1. Атмосферный тип водного питания:

- 1 – водоупор, 2 – уровень грунтовых вод; 3 – слабопроницаемые грунты; 4 – заболоченные земли; 5 – верховое болото.

- заболоченный участок расположен на водоразделе или на равнине;
- глинистые и суглинистые почвы и подстилающие грунты слабопроницаемы;
- как правило, участок имеет малые уклоны поверхности земли ($I < 0,001$);
- грунтовые воды расположены глубже 5 м от поверхности земли и не участвуют в заболачивании;

• площадь заболоченной территории примерно совпадает с площадью водосбора. Избыточная влага образуется в результате застаивания на поверхности земли атмосферных осадков, среднегодовое количество которых превышает испарение.

Основными причинами заболачивания являются слабопроницаемые грунты и малые уклоны поверхности земли.

2. Грунтовый тип водного питания(рис. 2.2.2):

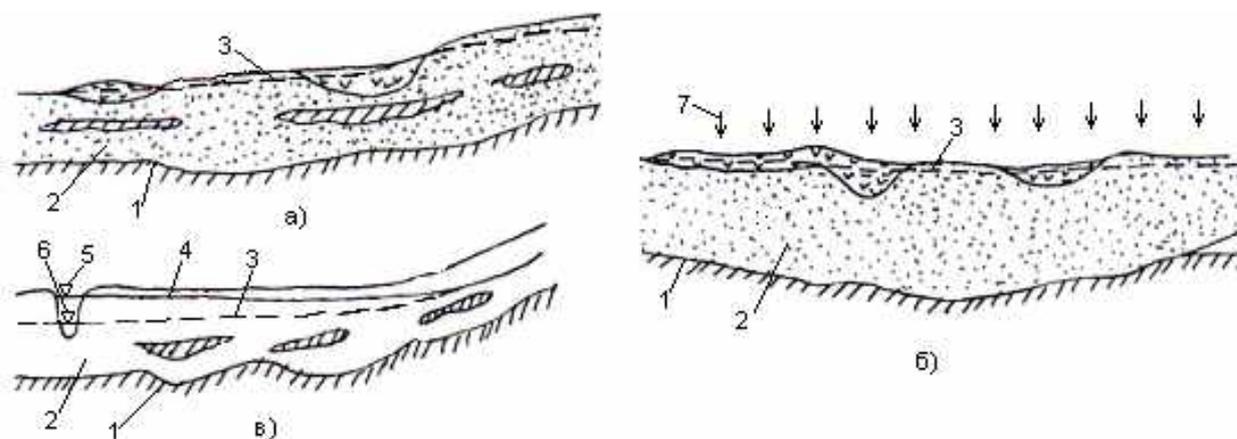


Рис.2.2.2. Грунтовый тип водного питания

- а) приток вод с водосбора; б) замкнутый бассейн; в) приток фильтрационных вод из рек и водохранилищ;
 1 – водоупор; 2 – водоносный пласт; 3 – уровень грунтовых вод; 4 – уровень грунтовых вод после подпора;
 5 – уровень воды в реке после подпора; 6 – уровень воды в реке до подпора;
 7 - атмосферные осадки

а) Приток грунтовых вод с водосбора - поток грунтовых вод:

- заболоченный участок расположен в долине реки, на нижних участках или у подножья склона или в местном понижении рельефа;
- почвы и подстилающие грунты заболоченного участка и водосбора хорошо водопроницаемы (пески, супеси, торф);
- грунтовые воды расположены близко (менее 1 м) от поверхности земли. Поток грунтовых вод направлен в сторону заболоченной территории.
- площадь водосбора в несколько раз больше площади заболоченного участка.

Основной причиной заболачивания является приток грунтовых вод на заболоченный участок со стороны водосбора, а также плохая естественная дренированность территории.

б) Замкнутый бассейн грунтовых вод :

- заболоченный участок расположен в локальном понижении;
- почвы и подстилающие грунты на заболоченном участке хорошо водопроницаемы;
- грунтовые воды расположены близко от поверхности земли
- поверхность грунтовых вод практически не имеет уклона;
- площадь водосбора примерно равна площади заболоченного участка.

Основной причиной заболачивания в данном случае является то, что грунтовые воды располагаются очень близко к поверхности земли. Это вызвано инфильтрацией выпадающих на заболоченном участке атмосферных осадков (осадки превышают суммарное испарение) и слабой естественной дренированностью территории.

в) Приток грунтовых вод из рек, озер и водохранилищ:

- расположение на прибрежных низменностях;
- высокий уровень воды в источнике, который подпирает поток грунтовых вод и препятствует дренированию территории;
- грунты хорошо проницаемые;
- дренированность территории слабая.

Для осушения требуется уменьшить или перехватить фильтрационный поток.

3. Грунтово-напорный тип водного питания.

Основные признаки такого типа водного питания следующие:

- земли расположены на пониженных элементах рельефа;
- наличие напорного водоносного горизонта;
- площадь переувлажнения меньше площади водосбора;
- плохая естественная дренированность.

а) Выклинивание напорных вод (рис. 2.2.3,а). При этом подтипе водного питания напорные воды выходят на поверхность в местах размывов верхней водонепроницаемой толщи и образуют одно или цепочку соединенных протоками озер, на месте которых формируются притеррасные болота. Озера отличаются обычно постоянными уровнями, холодной водой.

б) Капиллярное заболачивание (рис. 2.2.3,б). Верхний слабопроницаемый слой не разрушен, и вода насыщает его под давлением. Заболачивание усиливается выпадающими осадками, делювиальными водами.

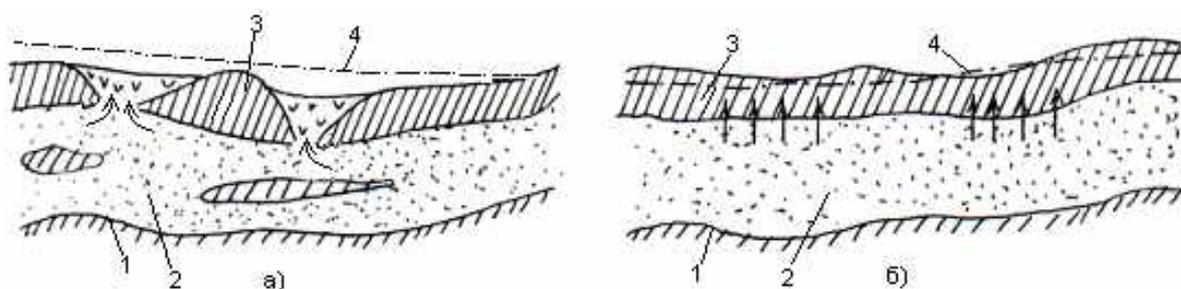


Рис.2.2.3. Грунтово-напорный тип водного питания.

- а) выклинивание напорных вод; б) капиллярное заболачивание; 1 – водоупор; 2 - водоносный пласт; 3 – слабо проницаемый грунт; 4 - пьезометрический уровень грунтовых вод

На таких землях образуются низинные болота. Чтобы устранить причину переувлажнения нужно снизить уровень пьезометрического напора подземных вод.

4. Намывной тип водного питания:

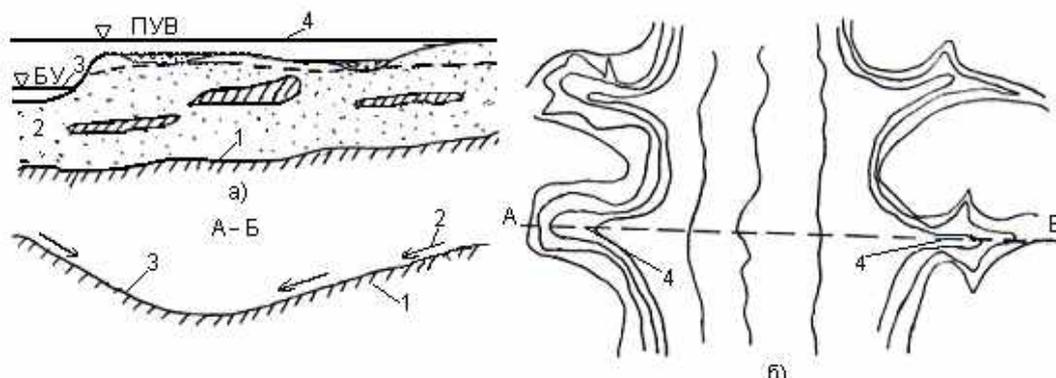


Рис.2.2.4. Намывной тип водного питания

- а) аллювиальный подтип; 1 – водоупор; 2 – аллювиальные отложения; 3 – бытовой уровень воды в реке; 4 – паводковый уровень воды в реке; б) делювиальный подтип; 1 - слабопроницаемые грунты; 2 – делювиальные воды со склона; 3 – осушаемая территория; 4 – овраги.

б) Аллювиальный подтип:

- наличие паводковых вод рек, озер, затапливающих низменность;
- паводковый уровень в источнике выше поверхности земли;
- безуклонный рельеф
- слабопроницаемые грунты;
- замедленность стекания подземных вод.

а) Делювиальный подтип:

- заболоченный участок расположен в нижней части или у подножья склона или в местном понижении;
- почвы и подстилающие грунты на заболоченном участке и водосборе слабо водопроницаемы;
- площадь водосбора в несколько раз превышает площадь заболоченного участка;
- на прилегающих к заболоченной территории склонах имеются овраги и промоины.

Избыточная влага образуется в результате поступления на участок делювиальных (поверхностных склоновых) вод, образованных атмосферными осадками, выпадающими на площадь внешнего водосбора, а также выклинивающимися грунтовыми водами.

В пределах одной территории можно выделить участки со смешанным типом водного питания. На таких участках имеют место признаки, присущие различным типам водного питания. Например, грунтово-атмосферное питание, атмосферно-намывное и пр. В таком случае выделяют преобладающий тип водного питания, который и определяет направление мелиоративных мероприятий.

Водный баланс переувлажненных земель

Для переувлажненных земель приходится составлять и анализировать различные водные балансы: для разных ситуаций (естественные условия, проектные условия); вариантов проектируемых мелиораций (осушение, осушение с увлажнением земель); продолжительностей расчетного периода (годовые - среднемноголетние и расчетной обеспеченности, сезонные - вегетационный, невегетационный, весенний, летне-осенний и т. д.); для разных площадей (площадь водосбора, осушаемый участок, 1 га).

Желательно, чтобы все составляющие элементы балансов для существующих условий были определены непосредственными замерами или рассчитаны по замерам. Невязки в уравнениях показывают наличие ошибок в определении слагаемых и необходимость дополнительных изысканий. Элементы водного баланса для немелиорируемой территории показаны на рисунке 2.2.5.

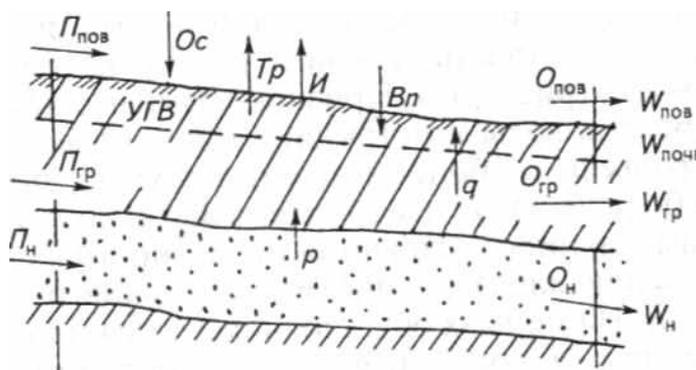


Рис. 2.2.5. Элементы водного баланса территории:

$P_{пов}$, $P_{гр}$, P_n , $O_{пов}$, $O_{гр}$, O_n – притоки и оттоки поверхностных, грунтовых и напорных вод; O_c – осадки; Tr – транспирация; I – испарение; $Bп$ – впитывание; q – обмен почвенных и грунтовых вод; p – напорное питание грунтовых вод; $W_{пов}$, $W_{почв}$, $W_{гр}$, W_n – запасы поверхностных, почвенных, грунтовых и напорных вод

вод

При грунтово-напорном типе водного питания значительную роль в балансе играет напорное подпитывание. При намывном питании значителен приток поверхностных вод, а их отток мал.

Анализируя балансы, надо иметь в виду, что за длительный период на переувлажненных землях устанавливается среднесуточное равновесие между приходными и расходными статьями, накопление запасов воды или их сработка не происходят. Для выявления причин переувлажнения надо анализировать короткие периоды: влажные годы, отдельные периоды года (весенний паводок, дождливые летние периоды).

После определения типа водного питания, водного баланса приступают к определению методов и способов осушения земель (табл.2.2.1).

Метод осушения – принцип воздействия на фактор переувлажнения, который характеризует основное направление мелиоративных мероприятий по регулированию водного режима.

Способ осушения – совокупность технических средств, позволяющих принять и своевременно отвести избыток влаги за пределы осушаемой территории.

Таблица 2.2.1

Метод и способ осушения в зависимости от типа водного питания (по А.И.Голованову)

Тип водного питания	Подтип водного питания	Основные причины переувлажнения	Метод осушения	Способ осушения
Атмосферный		Избыток атмосферных осадков Отсутствие стока поверхностных и почвенных вод	Ускорение поверхностного и внутрипочвенного стоков	Открытые и закрытые собиратели. Агротехнические мероприятия.
Грунтовый	Бассейн грунтовых вод	Близкое к поверхности залегание УГВ. Плохая естественная дренированность.	Понижение УГВ. Отвод грунтовых вод.	Открытые и закрытые осушители.
	Приток грунтовых вод с водосбора		Перехват поступающих с водосбора грунтовых вод. Понижение УГВ. Отвод грунтовых вод.	Открытый и закрытый оградительный дренаж (ловчие дрены и каналы).
	Фильтрация из рек и водохранилищ		Перехват фильтрационных вод	Оградительный береговой дренаж.
Грунтово-напорный		Большой пьезометрический напор	Снижение напорного питания грунтовых вод.	Вертикальный систематический дренаж или оградительный дренаж.
Намывной	Делювиальный	Приток поверхностных вод с водосбора. Плохой естественный сток поверхностных вод.	Перехват поступающих с водосбора поверхностных вод, ускорение поверхностного и внутрипочвенного стоков.	Нагорные каналы, искусственные ложбины, планировка участка.
	Аллювиальный	Постоянное или периодическое (паводковое) подтопление речны-	Защита от затопления.	Обвалование территории.

2.3. Осушительные системы. Ограждающая, регулирующая, проводящая сети

Выбор способа осушения заключается в установлении типа осушительной системы и предварительном расположении в плане ее элементов.

Осушительная система (рис.2.3.1) состоит из элементов, правильная работа которых должна обеспечивать оптимальный мелиоративный режим на участке проектирования. В ее состав входят:

- ограждающая сеть;
- регулирующая сеть;
- проводящая сеть;
- гидротехнические сооружения (дамбы обвалования, водосбросы и пр.);
- дороги, лесополосы, наблюдательные скважины, гидрометрические посты и пр.

Размещение осушительной системы определяется схемой осушения. Перед выбором системы в плане определяют водоприемник, которым может стать река, озеро, способные своевременно и без подпора принять воду, поступающую из осушительной системы.

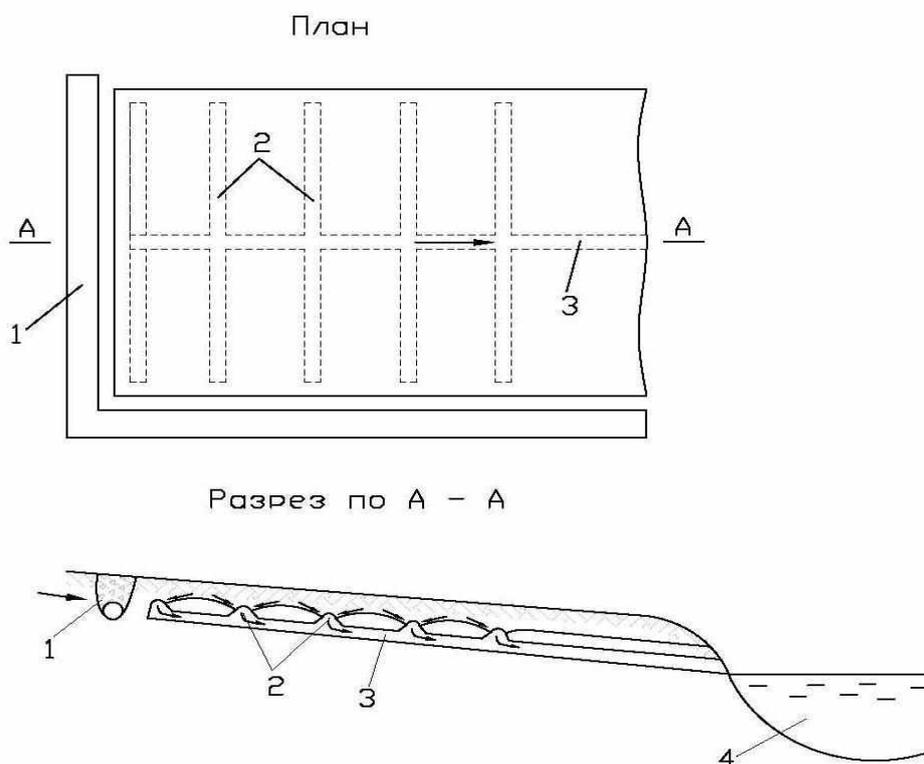


Рис.2.3.1. Принципиальная схема осушительной системы

1 – ловчая или нагорная канава (ограждающая сеть); 2 – дрены или осушительные каналы (регулирующая сеть); 3 – коллектор или сборный канал (проводящая сеть); 4 – водоприемник

Ограждающая сеть

Ограждающая сеть (рис.2.3.2) необходима для перехвата воды, поступающей с водосбора. Для перехвата грунтовых вод применяют ловчие каналы (канавы), головной перехватывающий

дренаж или ряд ограждающих вертикальных скважин. Для перехвата поверхностных вод устраивают нагорные каналы (канавы).

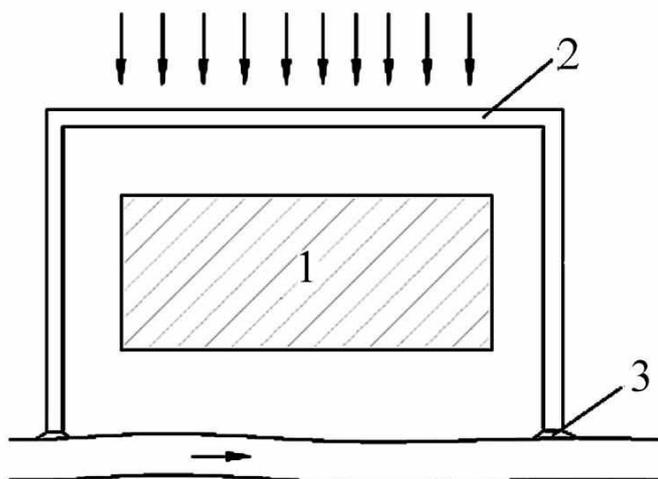


Рис.2.3.2. Отвод поверхностных вод
1 – осушаемая территория; 2 – нагорная канава; 3 – устье

Конструкция ловчего канала

Ловчий канал располагают поперек грунтового потока в местах, где грунтовые воды залегают неглубоко или выклиниваются, например, по линии перехода от пойменной террасы к пойме. Поперечное сечение ловчего канала делают симметричным (рис.2.3.3).

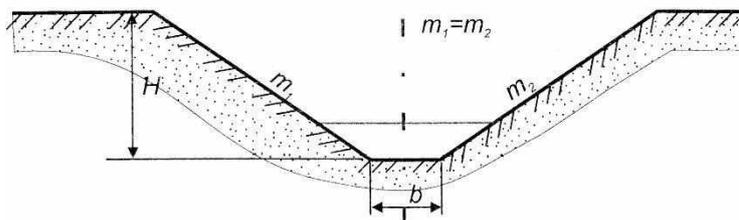


Рис.2.3.3. Конструкция ловчего канала

Глубина H должна обеспечивать врезку в хорошо проницаемый пласт и зависит от геологического строения. Коэффициент заложения откосов m назначается из условия обеспечения устойчивости откосов от обрушения и принимается в соответствии с табл.2.3.1.

Таблица 2.3.1

Коэффициенты заложения откосов канала

Грунты	Коэффициенты заложения откосов (m) при глубине канала		
	До 1,5 м	От 1,5 до 2,0 м	Более 2,0 м
Глина	1,0	1,0	1,0
Суглинок	1,0	1,0	1,5
Торф со степенью разложения менее 50%	1,0	1,5	2,0
Суглинок легкий, супесь, торф со степенью разложения больше 50%	1,5	2,0	2,5
Песок мелкозернистый, хорошо разложившийся торф	2,0	2,0	2,5

Ширину ловчего канала по дну (b) назначают минимальной, равной ширине ковша экскаватора:

При $H \leq 1,5$ $mb_{min} = 0,6$ м; При $H > 1,5$ $mb_{min} = 0,8$ м.

Конструкция нагорного канала

Поперечное сечение нагорного канала делают несимметричным, в связи с поступлением поверхностных вод по верховому откосу (Рис.13.4). Верховой откос делают пологим (в 3...4 раза положе низового) и засевают травами.

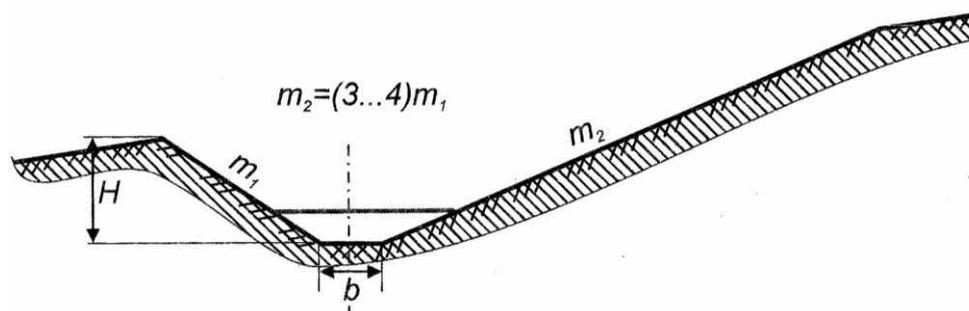


Рис.2.3.4 Конструктивная схема нагорного канала

Глубина нагорных каналов должна быть не более 1... 1,2 м, причем грунт выемки следует размещать только на низовой стороне. Устройство такого обвалования значительно увеличивает площадь живого сечения канала. Чтобы предупредить заиление каналов наносами, поступающими вместе с водой, целесообразно вдоль их верховой стороны делать посадки кустарников.

Уклон дна нагорных каналов принимают с учетом рельефа местности, но не менее 0,0005. Размеры поперечного сечения нагорных каналов подбирают с расчетом на пропуск максимального расхода поверхностных вод, стекающих с прилегающей водосборной площади. Скорость течения воды в нагорных каналах не должна превышать предельно допустимой для данного грунта, в противном случае предусматривают крепление откосов и дна (табл.2.3.2).

Таблица 2.3.2

Максимально допустимые скорости воды в каналах в зависимости от типа грунтов или крепления

Тип грунта или крепления	Максимально допустимая скорость, м/с
Неукрепленные каналы:	
в песках	0,5
в суглинках	1,0
в глинах	1,5
Каналы, укрепленные мощением	2,5
Каналы с бетонным креплением, лотки бетонные, железобетонные	6,0

На тех участках, где уклоны местности становятся особенно значительными, например, на сбросных участках, обычно устраивают перепады и быстротоки.

Расходы воды подразделяют на максимумы весеннего половодья и летне-осенние ливневые или дождевые, в качестве расчетного принимают наибольший из них, формулы для их расчета приведены в справочниках и нормативных документах, при проектировании рекомендуется пользоваться СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Когда с водосбора поступают и поверхностные и грунтовые воды, а также если водосбор облесен, залужен и сложен легкими грунтами, то функции нагорного и ловчего каналов можно совместить в нагорно-ловчем канале.

Проводящая сеть

Проводящая осушительная сеть предназначена для приема воды из регулирующей сети и отвода ее в водоприемник. Составные элементы проводящей сети – закрытые и открытые коллекторы различных порядков и магистральный канал. При открытой регулирующей сети коллекторы также должны быть открытыми. При закрытой регулирующей сетимладшие коллекторы целесообразно выполнять закрытыми. Так как длина закрытых коллекторов ограничена, то старшие коллекторы часто выполняют открытыми.

Элементы проводящей сети увязывают между собой и регулирующей сетью для обеспечения беспрепятственного отвода воды.

Открытая проводящая сеть. Для обеспечения приема воды из регулирующей сети и быстрого отвода ее за пределы осушаемой площади проводящие каналы должны проходить по пониженным элементам рельефа осушаемой площади и по возможно кратчайшему пути подходить к водоприемнику.

При осушении затопляемых пойм проводящие (прежде всего магистральные каналы) должны проходить по самым низким участкам поймы. Причем основное направление магистрального канала должно совпадать с направлением движения паводковых вод по пойме (рис. 2.3.5).

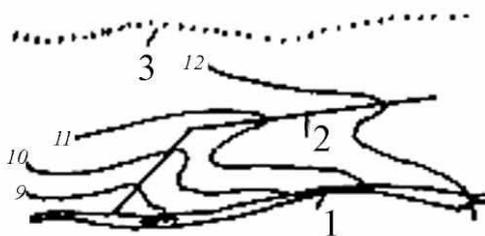


Рис.2.3.5. Схема расположения проводящих каналов при осушении пойменных земель.
1 – водоприемник; 2 – канал проводящей сети; 3 – граница поймы.

Это условие обеспечивает большую гарантию от попадания в канал взвешенных наносов, влекомых паводковыми водами (при поперечном расположении канал будет работать как отстойник).

Наиболее ответственный участок магистрального канала - место сопряжения его с водоприемником. Желательно, чтобы угол магистрального канала с водоприемником находился в пределах $45 \dots 60^\circ$.

Закрытая проводящая сеть принимает воду из закрытой регулирующей сети и транспортирует ее в открытую проводящую сеть или непосредственно в водоприемник (рис.2.3.1). Преимуществами закрытой проводящей сети перед открытой являются: более высокая эксплуатационная надежность; отсутствие потери осушаемой площади под проводящую сеть; лучшая организация территории и возможность беспрепятственного выполнения всех технологических операций по обработке почвы и уходу за сельскохозяйственными культурами.

Расположение коллекторов в горизонтальной плоскости определяется принятой схемой расположения закрытой регулирующей сети.

Допустимые минимальные уклоны закрытых коллекторов назначают из условия недопущения заиления. Для коллекторов диаметрами от 100 до 250 мм их значения находятся в пределах $0,0015 \dots 0,002$, а более 250 мм допускаются уклоны до $0,0005$ (скорость при этом не должна быть меньше $0,3$ м/с).

При расположении коллекторов по наибольшему уклону ограничением является макси-

мальная допустимая скорость. Для коллекторов из гончарных труб она должна быть не более 1,2...1,5 м/с, из пластмассовых труб - 2... 3 м/с. В коллекторах больших диаметров (более 250 мм) с водонепроницаемыми стыками допускаются скорости до 4 м/с.

Вертикальное сопряжение проводящей сети осуществляют таким образом, чтобы обеспечить бесподпорное движение воды во всех ее элементах и чтобы продолжительность паводкового затопления осушаемых земель не превышала допустимые сроки.

Гидравлический расчет каналов состоит в определении пропускной способности русла и допустимых на размыв скоростей и уклонов и проводится для следующих створов: устье канала; выше и ниже впадения каждого канала, для которого делают гидравлический расчет; при изменении уклонов (для обоих уклонов); на участках с постоянными уклонами при изменении площади водосбора более чем на 20 %; при изменении грунтовых условий на трассе канала.

Если водосборные площади F_v составляют менее 500 га и при этом расчетный максимальный модуль стока не превышает 2 л/с с 1 га, то поперечные сечения проводящих каналов допускается принимать конструктивно из условия сопряжения впадающих каналов и характера грунтов. В этом случае ширину по дну обычно принимают 0,4...0,6 м, а коэффициент заложения откосов - по таблице СНиП [41], затем откос проверяют на устойчивость к фильтрационному давлению.

Для расчета каналов необходимы следующие основные данные: Q - расчетный расход (м³/с) (устанавливают на основании гидрологических расчетов); I - уклон дна канала (определяют на расчетном участке по продольному профилю канала в соответствии с топографическими и инженерно-геологическими условиями), H - глубина (м) русла (устанавливают, исходя из характера использования земель и требований сопряжения сети в вертикальной плоскости); m - коэффициент заложения откосов (находят по таблице и по расчету); n - коэффициент шероховатости (принимают по данным изысканий по каналам-аналогам или приближенно по справочным таблицам [11, 41, 49 и др.]); физические и физико-механические характеристики грунтов (определяют по данным изысканий трасс каналов, лабораторных и полевых испытаний).

Пропускную способность русла проводящих каналов рассчитывают по формулам равномерного движения воды:

$$V = C\sqrt{RI}; \quad (2.3.1)$$

$$Q = \omega C\sqrt{RI}; \quad (2.3.2)$$

где V - средняя скорость потока, м/с; R - гидравлический радиус, м;

$R = \omega/\chi$; χ - смоченный периметр живого сечения, м; I - гидравлический уклон, при равномерном движении жидкости равен уклону дна русла; ω - площадь живого сечения, м²; C - коэффициент Шези, м^{0,5}/с.

Выбор формы русла. Форму русла выбирают в соответствии с грунтовыми условиями, его максимальной глубиной H , а также расчетным расходом Q .

Поперечное сечение открытых коллекторов и магистральных каналов, проложенных в однослойных грунтах с расходом воды в русле Q меньше 10 м³/с и глубиной H меньше 2,5 м, делают, как правило, трапецеидальным. Коэффициент m заложения откосов принимают по таблицам СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения».

Поперечные профили русла:

- трапецеидальный;
- параболический,
- полигональный;
- комбинированный;
- параболический с донной вставкой.

Магистральные каналы и регулируемые русла малых рек с расходом воды $Q = 10...25$ м³/с и глубиной H меньше 3,5 м можно проектировать с трапецеидальным поперечным сечением тогда, когда русла проходят в крупнозернистых грунтах или в средне- и мелкозернистых, у которых имеется крупная фракция d более 1...2 мм не менее 10... 15% по массе; в мелкозернистых и пылеватых песчаных грунтах при таких расходах чаще всего создают русла парабо-

лического профиля и близкого к нему полигонального. Полигональный или комбинированный (в верхней части откосов трапецидальный, в нижней - параболический) профиль придают руслу также в тех случаях, когда оно проходит в слоистых грунтах: каждому слою грунта соответствует свой коэффициент заложения откоса, определяемый по расчету. При параболическом профиле русла для каждого слоя грунта определяют соответствующий его свойствам и глубине залегания параметр p параболы. Если коэффициент m назначают, исходя из расчетных характеристик наиболее неустойчивого слоя грунта, или откосы крепят, то им можно придавать одинаковое заложение по всей высоте.

Гидравлический расчет закрытого коллектора, как правило, заключается в определении диаметра трубопровода в зависимости от расчетного расхода воды, материала труб коллектора и его уклона, диктуемого рельефом местности при безнапорном и равномерном движении воды. Уклоны коллекторов должны быть не менее 0,002 при диаметре до 20 см и не менее 0,0005 при диаметре более 20 см.

Расчетный расход в коллекторе определяют по формуле:

$$Q_{кол} = qF; \quad (2.3.3)$$

где q - расчетный модуль дренажного стока, л/(с-га); F — площадь водосбора в расчетном сечении, га.

Скорость течения воды в коллекторах при пропуске расчетных расходов и полном заполнении их водой следует принимать не менее 0,3 м/с. Для коллекторов из керамических и пластмассовых труб во избежание размыва грунта у водоприемных отверстий максимальная скорость воды должна быть не более 1,5 м/с.

Специальные графики позволяют определить диаметр коллектора для наиболее широко применяемых в мелиорации конструкций безнапорных труб, в том числе с учетом сложности строительства [18, 48 и др.]. К сложным условиям относится строительство коллекторов в торфях, водонасыщенных обрушающихся песках и супесях, грунтах с содержанием крупного камня (размером 20 см) до 10% и более от объема выемки.

Регулирующая сеть

Регулирующая сеть принимает избыточные поверхностные, внутрипочвенные или грунтовые воды и отводит их в проводящую сеть. Выбор регулирующей сети зависит от метода орошения (табл.2.3.3).

Регулирующая сеть может быть закрытой и открытой.

Открытые собиратели (рис.2.3.6) представляют собой каналы, обычно трапецидального сечения. Длина открытых собирателей может достигать до 1000 м, если рельеф местности позволяет обеспечить благоприятный продольный уклон. Расстояние между открытыми собирателями рассчитывают в зависимости от водопритока для обеспечения нормативного времени отвода воды. Обычно они бывают порядка 50-100 м. При наличии замкнутых макропонижений в период эксплуатации земель от них к собирателям устраивают направляющие отводные борозды. При сложном микрорельефе и малом общем уклоне собиратели не будут параллельны.

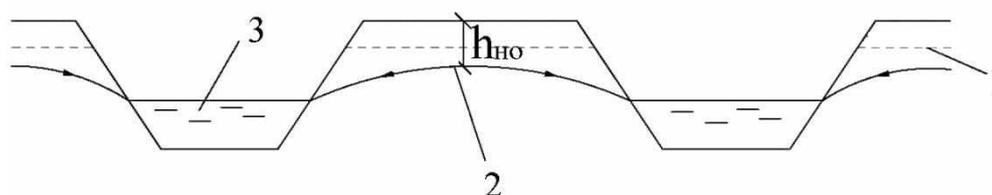


Рис.2.3.6. Схема открытой осушительной системы

1 – первоначальный уровень грунтовых вод; 2- депрессионная поверхность после осушения; 3- открытые дренажные каналы; $h_{но}$ – норма осушения

Закрытые осушители представляют собой траншею, на дно которой укладывают гончарные или перфорированные пластмассовые трубы (рис.2.3.7). Как правило, их засыпают вынутым

из траншеи грунтом. Основное назначение закрытых осушителей – обеспечить понижение уровня грунтовых вод до нормы осушения и требуемый режим осушения.

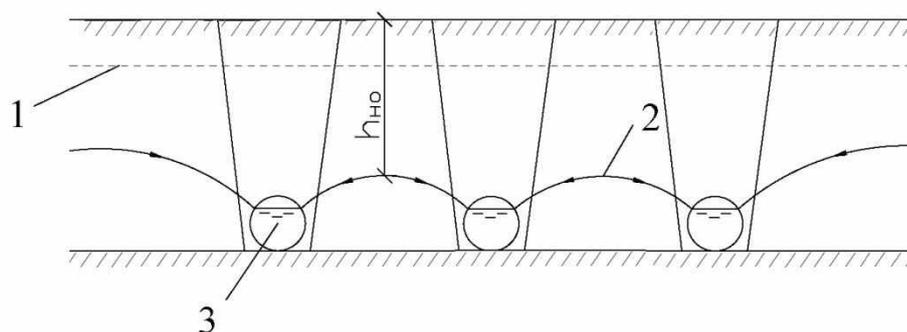


Рис.2.3.7. Схема закрытой системы осушения

1 – первоначальный уровень грунтовых вод; 2- депрессионная поверхность после осушения;
3 – осушительные дрены (проложенные на равных расстояниях трубы)

Регулирующие сети из открытых и закрытых собирателей имеют свои преимущества и недостатки. Особенности открытой и закрытой систем осушения отражены в табл.2.3.3.

Таблица 2.3.3

Особенности открытой и закрытой систем осушения

Характеристика	Открытая	Закрытая
Потери площади	10% рытье канав	-
Передвижение машин	мосты	-
Уклоны каналов	0,0002 - 0,0005	0,001 -0,005
Строительные затраты	100%	400 - 1000%
Эксплуатация	работа в теплое время	круглогодично
Ремонт	30% - 40% ежегодно от строительной стоимости	10 - 15 %

Из таблицы видно, что закрытая система осушения более дорогое, но и более совершенное мероприятие для осушения.

Поэтому для промышленных площадок и городских территорий применяют закрытую систему, зоне одноэтажной застройки на пригородных, сельскохозяйственных землях, на участках с зелеными насаждениями, на землях лесного фонда -открытую и полуоткрытую системы осушения, для добычи торфа -только открытую.

На разработках полезных ископаемых в зависимости от характера выемок можно встретить открытые, закрытые и комбинированные осушительные системы.

Сооружения на осушительной сети.

Сооружения на осушительной сети предназначены для управления потоком воды при ее удалении с осушаемой территории, обеспечения переезда через каналы. На осушительных системах проектируют сооружения на каналах и на закрытой сети.

Местоположение, компоновку и тип сооружений следует выбирать в зависимости от их назначения, природных условий района строительства, наличия строительных материалов, условий и способов производства работ и эксплуатации.

При проектировании сооружений должны быть обеспечены заданные гидравлические условия как в пределах самого сооружения, так и на примыкающих к нему участках верхнего и

нижнего бьефов;

На каналах устраивают регуляторы, проезды, перепады и быстротоки.

Регуляторы предназначены для регулирования расходов, поддержания в каналах необходимых уровней воды и накопления ее перед сооружением. Они подразделяются на открытые и закрытые (трубчатые).

Мостовые проезды предназначены для перехода через каналы или другие водотоки без ледохода или с ледоходом при толщине льда менее 15 см и льдинах с максимальным размером менее длины пролета в свету, движущихся со скоростью не более 1,2 м/с.

При пересечениях с дорогами небольших осушительных каналов, не работающих полным сечением, возможно вместо мостов устройство труб.

Шлюзы на осушительных каналах служат для регулирования уровня воды в каналах, соответственно потребностям осушаемых угодий.

Перепады на осушительных каналах приходится устраивать в том случае, когда уклон поверхности земли по трассе канала больше максимального допустимого уклона дна канала. Высоту перепадов на осушительных каналах делают не больше 1 -1,2 м, а в минеральных грунтах не больше 0,6 -0,8 м.

Вместо ряда перепадов могут быть устроены быстротоки и крепление канала на всем протяжении, где скорость течения воды в канале превышает допустимую в отношении размываемости грунта.

На закрытой дренажной сети возводят колодцы разных типов: смотровые, перепадные и сборные, колодцы-резервуары и регуляторы.

Смотровые колодцы устраивают на каждом повороте дренажных линий, коллекторов, в местах переходов от одного диаметра к другому, в местах примыкания коллекторов друг к другу, на всех пересечениях дренажных линий и на прямых участках дренажа в зависимости от диаметра труб (табл.2.3.4).

Смотровые колодцы служат для наблюдения за работой сети, для очистки и ремонта дренажа отдельных элементов осушительной сети. Колодцы обычно выполняют сборными из бетонных и железобетонных колец.

Смотровые колодцы бывают открытого типа и закрытого.

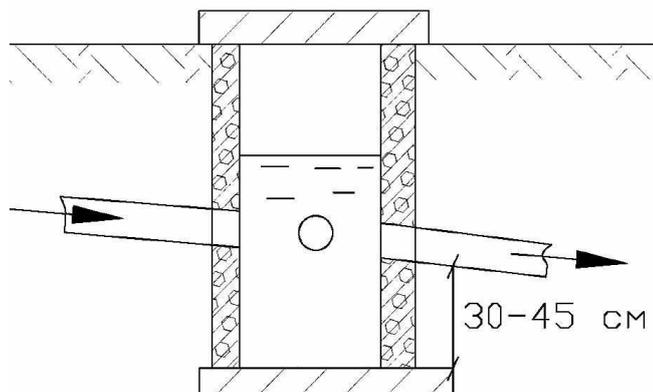


Рис.2.3.8. Колодец открытого типа

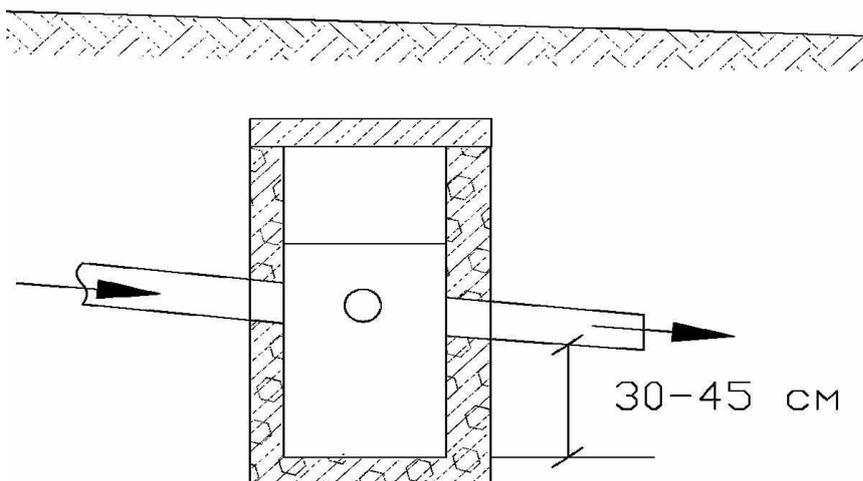


Рис.2.3.9. Колодец закрытого типа

На прямых участках смотровые колодцы размечаются на различных расстояниях, в зависимости от диаметров труб (табл.2.3.4).

Таблица 2.3.4

Расстояния между смотровыми колодцами на прямых участках в зависимости от диаметров труб

Диаметр труб, мм	Расстояние между колодцами, м
100-150	50 – 75
150 - 200	75-100
200 - 250	100-125
> 250	125-150

Дно колодца должно быть на 30-45 см ниже выхода в него дренажных труб, чтобы в углублении колодца могли оседать насосы, выносимые дренажными водами. Колодцы необходимо периодически очищать от наносов.

Верх смотрового колодца, располагающего под землей, должен находиться ниже пахотного слоя. В случае порчи дренажа, можно открывая колодец, видеть какой из коллекторов не работает и таким образом находить неисправные участки.

Перепадные колодцы - устраиваются при уклонах местности, которые больше уклонов трубы. Трубы у них располагаются на высоте перепада.

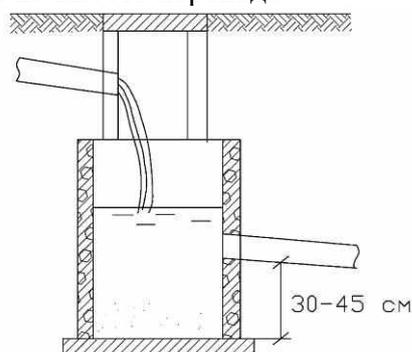


Рис. 2.3.10.Перепадный колодец

Для гашения энергии потока дно колодца располагают ниже дна нижней трубы на 30-40 см.

Колодцы - резервуары устраивают в том случае, если вода из дренажа самотеком не может попасть в водоприемник, при этом необходимо предусматривать при колодце перекачивающую станцию.

Колодцы - регуляторы предназначаются для регулирования действия дренажа, в соответствии с погодными условиями - смена засушливых и влажных периодов, а также для полного выключения дренажа в засушливые периоды.

В случае когда перекачка воды из дренажа нужна только в период половодья или паводков на линии дренажа устраивают колодцы-регуляторы с дроссельным затвором.

Во время прохождения паводка затвором закрывают самотечный сброс в реку и открывают трубу подводящего коллектора к насосной станции.

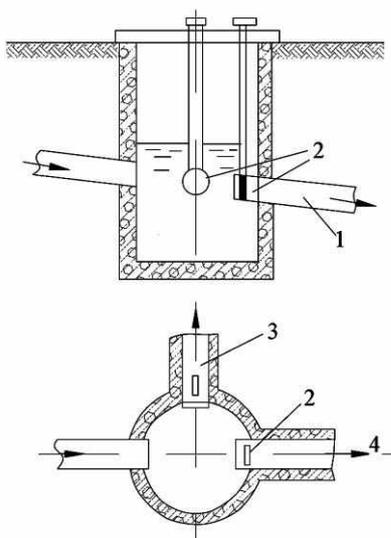


Рис.2.3.11. Схема колодца – регулятора

1 – керамические трубы с раструбом; 2 – дроссельные затворы с задвижками
3 – труба к насосной станции; 4 – сброс в реку

Устьевые сооружения

Отвести дренажные воды из горизонтальных дренажей можно в канализацию или в открытый водоприемник. При выходе должно быть обязательно предусмотрено устье.

При выходе дренажной трубы или коллектора в открытый водоприемник устье их оформляют в виде специального оголовка. Это очень ответственное сооружение, т.к. любая неисправность здесь сказывается выше на всей системе. Место для устьевого участка выбирают устойчивое, чтобы его не разбивала вода, удары льда, обвалы оползней, откосов. Устья коллекторов должны быть заложены выше стояния высоких вод в водоприемнике, если это не удастся достигнуть, то устраивается автоматический плотно закрывающийся клапан (рис.2.3.2) - обратный клапан, который при повышении уровня воды в реке автоматически закрывается.

Конструкции оголовков довольно разнообразны, они могут быть выполнены на откосе, укрепленном каменным мочением, или в виде бетонной стенки.

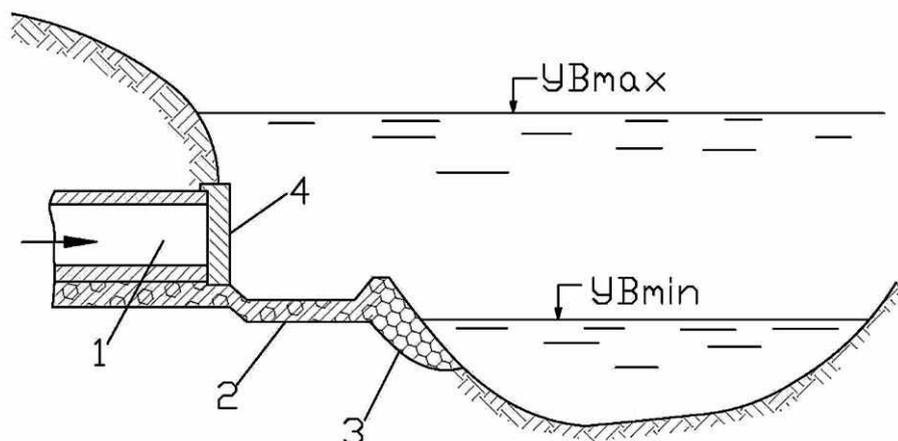


Рис.2.3.12. Схема устьевого сооружения

1 - концевая дренажная труба; 2 - небольшой водобойный колодец; 3 - крепление камнем или железобетонными плитами; 4 - обратный клапан.

Если в месте выхода трубы в реке большие скорости течения, то сопряжение оголовка трубы осуществляют под острым углом к этому течению. Это защитит выход трубы при повышенных уровнях в реке от нагона воды в дренаж и от заиления взвешенными наносами.

2.4. Закрытая осушительная система. Дренаж. Классификация дренажей. Конструкции дренажей. Общие системы дренажей. Местные дренажи

Дренаж (фр. drainage) означает «осушение». Обычно под дренажем понимают закрытую осушительную систему.

Дренажи подразделяют по:

- конструктивному решению;
- степени гидродинамического совершенства;
- расположению относительно защищаемой территории и источника питания;
- по назначению.

В зависимости от конструкции элементов захвата грунтовых вод дренажи подразделяют на:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- комбинированные.

Горизонтальные дренажи самотечным удалением воды наиболее распространены в строительстве. Простейший тип этой конструкции - открытый или заполненный дренирующим материалом лоток, но чаще - труба, снабженная фильтрующим устройством (рис. 2.4.1,а).

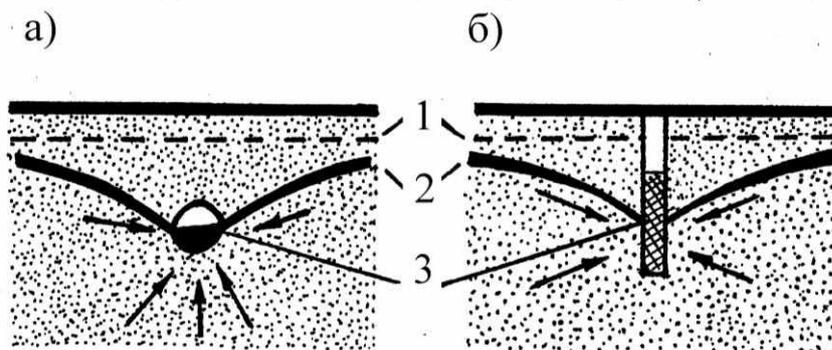


Рис.2.4.1. Схема работы дренажа: а) горизонтального; б) -вертикального

1 – бытовой УГВ; 2 – УГВ пониженный; 3 – дрена, 4 – водоупор

Вертикальные дренажи- трубчатые колодцы, фильтрующая часть которых значительно заглублена в водоносный пласт (рис.2.4.1,б). Удаление воды из них происходит за счет принудительной откачки. Сочетание горизонтального и вертикального дренажа называют *комбинированным*.

Если основание горизонтального дренажа или забой вертикального доходят до водоупора, то дренажи называют *совершенными*, если не достигают водоупора - *несовершенными*(рис.2.4.2). В комбинированном дренаже вертикальные элементы обычно работают как совершенные системы, а горизонтальные - как несовершенные.

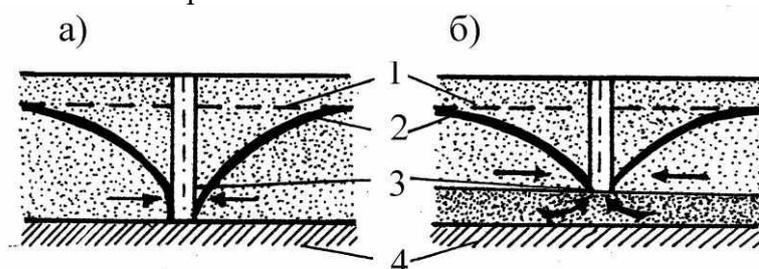


Рис. 2.4.2. Схема совершенного (а) и несовершенного (б) типа дренажа
1 – бытовой УГВ; 2 – УГВ пониженный; 3 – дрена, 4 – водоупор

В зависимости от расположения дренажа относительно защищаемой территории и источника поступления подземных вод различают *однолинейную, двухлинейную, систематическую и контурную* системы.

*Однолинейные системы*представляют собой преграды, перехватывающие грунтовые воды, поступающие на территорию со склона или водоема (рис. 2.4.3,а,б). В первом случае их называют *головными*, во втором - *береговыми*. Их сочетание дает *двухлинейную систему*. Регулярное расположение дрен параллельными нитками на защищаемой территории при преимущественном инфильтрационном питании подземных вод характеризует *систематический* или *площадной* дренаж (рис. 2.4.3, в).

Эти системы дренажа относят к *общим*, так как они обеспечивают общее понижение уровня подземных вод на территории застройки. Такие дренажи чаще проектируют в рамках инженерной подготовки для освоения новых территорий, сочетая их при необходимости с местными.

Местные дренажи решают локальные задачи, поэтому их располагают по контуру защищаемых объектов (рис. 2.4.3,г). В зависимости от конкретных условий проектируют *кольцевой, прифундаментный (пристенный) и пластовый* дренаж.

В благоустройстве территорий активно используют местные дренажи различных конструкций. Они предназначены для удаления подземных вод, которые формируются за подпорными и бережными стенками, на береговых склонах, в русле засыпаемых ручьев, логов и т.д. Широко используют местные дренажи для защиты дорожных одежд, покрытий площадок, каналов подземных коммуникаций, в том числе и для снятия утечек из водоотводящих сетей. Такие дренажи необходимы для удаления подземных вод из приямков и отдельных заглубленных частей зданий.

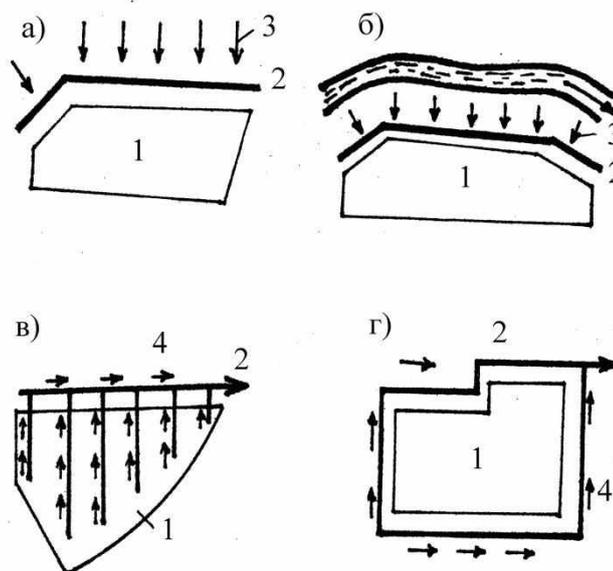


Рис. 2.4.3. Схемы дренажей: (а-в)- общие системы; г- местные
 1 - защищаемая территория (объект); 2 - трасса дренажа; 3 - направление движения потока подземных вод; 4 - уклон по трассе дренажа

В зависимости от характера грунтов проектируют различные сочетания систем дренажа. В песчаных грунтах с хорошими фильтрационными свойствами применяют общие системы, хотя одновременно с ними местные тоже могут участвовать в общем понижении УГВ. Здесь их обычно применяют для защиты от подтопления подземными водами особо заглубленных сооружений.

В глинистых, суглинистых и других грунтах с малой водоотдачей устраивают местные дренажи, прокладываемые вдоль защищаемых сооружений. В таких грунтах необходимы еще и местные профилактические дренажи, даже при отсутствии наблюдаемых подземных вод, как правило, под подвалом зданий, который используют для служебных или торгово-развлекательных объектов. При слоистом строении водоносного пласта общие системы обязательно сочетают с местными. Они особенно необходимы при реконструкции территорий и возведении отдельных зданий на уже застроенных территориях.

Лучевой дренаж состоит из горизонтальных трубчатых дрен, уложенных в виде радиальных лучей, шахтного колодца диаметром 2 - 6 м глубиной до 10 м для приема дренажного стока из лучей и насоса. Лучевой дренаж может быть многоярусным и иметь в каждом ярусе по 3 - 5 лучей. Лучевые дренажи применяют для снижения уровней грунтовых вод в населенных пунктах или на строительных площадках, когда по условиям производства работ устройство горизонтального дренажа затруднено (наличие коммуникаций, жилых зданий и пр.). Устройство лучевого дренажа особенно эффективно на застроенных территориях при высокой плотности застройки.

Проектирование дренажей различных систем и конструкций имеет свои особенности. Вместе с тем, несмотря на различия, ряд требований и положений является актуальным для общих и местных систем.

Трассы дренажей проектируют, учитывая общие требования размещения подземных сетей, обеспечивая эффективность работы водопонижающих сооружений. По этим соображениям их размещают вне проезжей части дорог и за пределами отмостки зданий, в местах, где дренажами обеспечивается максимальный перехват грунтовых вод. Для наблюдения за работой дренажной сети проектируют смотровые колодцы, размещая их на расстоянии, зависящем от диаметра труб (табл.2.3.4) на прямых участках и в уязвимых местах (поворотах трассы, изменении ее уклонов или диаметров труб, присоединении отдельных веток), в местах выпусков. При необходимости используют специальные конструкции дренажных колодцев (запорные, сливные, подпорные), а также оборудуют колодцы илоуловителями. Во всех случаях предусматривают защиту крышек дренажных колодцев от промерзания.

Проектные уклоны горизонтальных дрен назначают, учитывая гидравлические условия их работы, состав, мощность и падение водоносных пластов. Уклоны совершенного дренажа в значительной мере определяют условия размещения кровли водоупорного пласта, а несовершенного - диктуют гидрогеологические особенности и допустимые глубины заложения. Минимальные продольные уклоны определяют с учетом скорости, исключающей заиливание дренажной системы. Максимальные продольные уклоны трассы должны исключить возможность разрушения конструкции. Поэтому при заложении дренажа на водоупоре, имеющем крутой уклон, а также в других необходимых случаях для уменьшения скоростей течения прибегают к устройству перепадных колодцев или других специальных сооружений.

Размеры дрен устанавливают гидравлическим расчетом в соответствии с их дебитом. С помощью этого расчета уточняют также принятые проектные уклоны дренажа.

Глубину заложения дрен, расстояние между дренами и положение пониженного УГВ, а также дебит дренажа определяют гидрогеологическим расчетом. При этом учитывают, что наименьшее заглубление горизонтальных дренажных коллекторов ограничивают глубиной промерзания грунта, а наибольшее принимают в зависимости от необходимого уровня понижения грунтовых вод, материала труб и способов производства работ.

Выпуск воды из горизонтальных дренажей производят в водостоки или водоемы с соблюдением необходимых санитарных и технических требований самотечным сбросом. При невозможности самотечного сброса потребуется специальное устройство для перекачки, увеличивающее затраты на строительство и эксплуатацию дренажной системы.

Конструкции дренажей выбирают в зависимости от строительных и гидрогеологических условий и характеристики уровня режима водоприемника, используемого для сброса дренажных вод.

Конструкции дренажа

Для дренажа использовались различные материалы (рис.2.4.4) и в зависимости от этого его называют гончарным; пластмассовым; деревянным трубчатый; жердяным; фашинным; каменным. Устраивают также кротовый и щелевой дренаж, не требующий строительных материалов. Наибольшее распространение получил гончарный и пластмассовый дренаж.

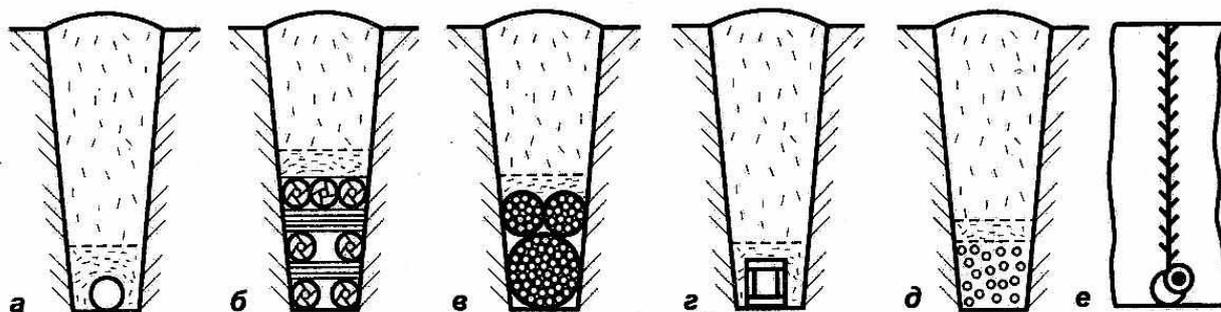


Рис.2.4.4. Виды дренажа: а - гончарный; б – жердяной; в – фашинный; г – деревянный трубчатый; д – каменный; е - кротовый

Трубки из гончарного дренажа изготавливают из хорошо обожженной глины. По ГОСТ 8411-74 внутренний диаметр трубок 50; 75; 100; 125; 150; 175; 200 и 250 мм при длине трубки 333 мм. дренажные трубки укладывают в траншею, вода поступает через зазоры между трубками. Зазоры для предотвращения заиливания обкладывают фильтрующим материалом – стеклотканью, мхом, инертными и рулонными защитно-фильтрующими материалами и пр. Прокладку дренажа выполняют специальными многоковшовыми экскаваторами (ЭТЦ-202; ЭТЦ-171) или обычными.

Пластмассовый дренаж – трубки, изготавливаемые из полихлорвинила или полиэтилена диаметром 42÷125 мм длиной от нескольких десятков до сотен метров. Для поступления воды вдоль трубок делается несколько рядов перфораций. Для предотвращения заиливания трубки покрывают защитно-фильтрующими материалами. Пластмассовый дренаж прокладывают тран-

шейным или бестраншейным способом. Траншеи роют многоковшовыми экскаваторами, при бестраншейном способе применяют дреноукладчики типа ДПБН-1,8, навешиваемый на трактор, формируют узкую щелевидную траншею, на дно которой укладывают трубку, подаваемую с барабана. При укладке трубка обматывается лентой из рулонного защитно-фильтрующего материала. Срок службы гончарного и пластмассового дренажа более 50 лет.

Дренаж из деревянных труб изготавливают из досок твердолиственных или хвойных пород. Трубы сбивают из досок разной длины (3÷4 м), что обеспечивает соединение стыков вразбежку. Для поступления воды в трубу помещают прокладки под верхнюю доску. Срок службы дренажа в минеральных грунтах составляет 12÷15 лет, в торфяных – 50 лет.

При устройстве жердяного дренажа на дно траншей вдоль откосов укладывают по одной жерди толщиной 8-10 см, на которые укладывают поперечные прокладки со сплошным настилом наверху. Применяют такой дренаж на торфяных почвах. Срок службы – до 20 лет.

Фашинный дренаж выполняется из хвороста толщиной 15-30 см. Дренаж такой конструкции применяют при осушении отдельных понижений небольшой длины.

Каменный дренаж получают путем заполнения траншей камнем с неплотной укладкой. Его применяют редко из-за высокой стоимости материала.

Кротовый дренаж устраивают путем прокладки в грунте на глубине 40-70 см полостей, напоминающих кротовые ходы. Разновидность – щелевой дренаж, когда вместо круглой делают щелевидную полость. Для прокладки кротовых дрен используют дренажную машину ДКТ-100 со специальным ножом, нарезающим вертикальную щель требуемой глубины. Такой дренаж применяют на торфяных или тяжелых суглинистых грунтах. Срок действия кротовых дрен – 3-4 года.

Закрытые собиратели могут быть беструбчатыми, с заполнением траншей дренирующим материалом или трубчатыми, состоящими из дренажной трубы, уложенной на подготовленное основание и снабженной фильтрующей обсыпкой (рис. 2.4.5).

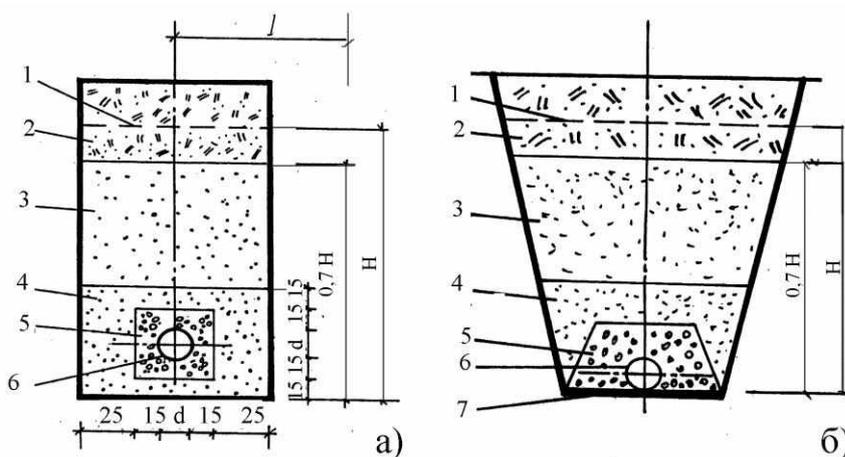


Рис. 2.4.5. Схема конструкции трубчатого дренажа

а) дрена не совершенного типа; б) совершенного типа

1 – естественный УГВ; 2 – обратная засыпка местным грунтом; 3 – песок с коэффициентом фильтрации не менее 5 м/сут; 4 – песок крупнозернистый; 5 – гравий крупностью 3-10 мм; 6 – труба; 7 – гравий или щебень, втрамбованный в грунт; l – расстояние от защищаемого объекта (см).

Обсыпку делают многослойной, используя песчано-гравийную смесь, керамзит, шлак, полимерные и другие материалы, удовлетворяющие требованиям прочности и морозоустойчивости. Для внутреннего слоя, прилегающего к трубе, применяют материалы относительно крупной фракции - сортированный гравий или щебень, а для наружных слоев, контактирующих с грунтами, - мелкой. При этом последовательно увеличивают крупность материалов по мере приближения слоев к трубе, т.е. устраивают обсыпку по типу обратного фильтра. Фильтрующая обсыпка одновременно с водозахватывающей функцией несет и водозащитную, предотвращая суффозию и заиливание дренажного коллектора частицами осушаемого грунта. Поэтому состав и количе-

ство ее слоев определяют условиями устойчивости против суффозии и кольматажа и устанавливают расчетом параллельно с подбором размера водоприемных отверстий. Конструктивные формы фильтрующих обсыпок и их размеры зависят от гидрогеологических условий и способа разработки траншей, в которые укладывают дренажи.

Для несовершенного дренажа обсыпку устраивают со всех сторон, учитывая направление поступления воды (рис. 2.4.5,а) и характер осушаемых грунтов. Для совершенного дренажа, где нет поступления воды снизу, обсыпку делают незамкнутой (рис. 2.4.5,б), перекрывая водоупорным слоем песка 5÷10 см и укрепив дно траншеи втрамбованным в грунт щебнем. Конфигурация обсыпки в поперечном сечении может быть прямоугольной (ее выполняют в опалубке) или иметь форму трапеции с устойчивыми откосами (ее отсыпают без опалубки). Представленные выше схемы отражают основные нормируемые параметры элементов конструкции дренажа, которые необходимо установить в процессе проектирования.

В настоящее время используют конструкции фильтров, сочетая песчано-гравийные материалы с геотекстилем, позволяющим предотвратить заиливание дренажных труб и обеспечить их эффективную работу. Такие геосинтетические материалы обладают универсальными фильтрующими свойствами и обеспечивают их даже под давлением. Они не подвержены гниению, устойчивы в агрессивных средах, а также по отношению к насекомым, грызунам и бактериям.

Дренажные трубы могут быть с перфорацией или иметь стенки из пористого бетона или полимербетона, тогда их называют трубофильтрами и укладывают на однослойную песчаную обсыпку. Для дренажа используют керамические, асбестоцементные, бетонные или поливинилхлоридные трубы. В агрессивных по отношению к бетону грунтах и воде применяют только керамические или поливинилхлоридные трубы. Минимальные размеры труб принимают конструктивно, обычно 150 - 200 мм. Исключение составляют трубофильтры, наименьший диаметр которых 100 мм, а также отводящие дренажи сопутствующего дорожного дренажа, диаметр которых 80 мм.

Галерейные дренажи – это дренажи, имеющие значительные размеры, позволяющие продвижение по ним человеку (рис.2.4.6) Галерею высотой 1,6÷1,8 м называют галереей проходного сечения, а 0,9÷1,2 м – полупроходного сечения. В городских условиях галерейные дренажи применяют редко, в основном в ответственных случаях, когда требуется тщательный надзор за работой дренажа (обычно это дренаж с большой глубиной заложения).

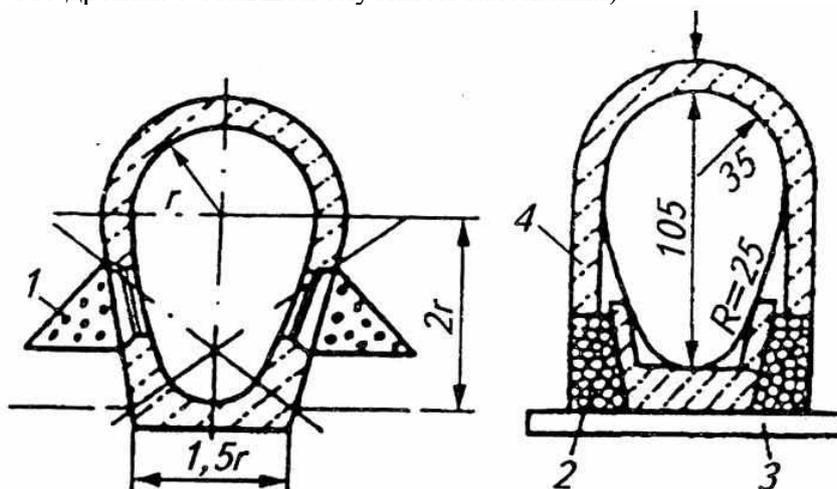


Рис.2.4.6. Железобетонные галереи овоидальной формы (размеры в см)
1 – гравий; 2 – щебень; 3 – дощатое основание; 4 – железобетонная труба;
r – радиус свода галереи.

Конструкции *пластовых* дренажей разнообразны в зависимости от очертания сооружений, глубины заложения фундаментов и характера дренируемых грунтов.

При защите подвалов зданий устраивают площадной *пластовый* дренаж в виде фильтрующих слоев, отсыпаемых по дну котлована (рис. 2.4.7). Их состав и параметры (количество и

толщину) назначают в зависимости от ширины защищаемого сооружения, характера подстилающих грунтов и величины притока подземных вод. Эти параметры рассчитывают, определяя водопрopusкную способность слоев постели пластового дренажа.

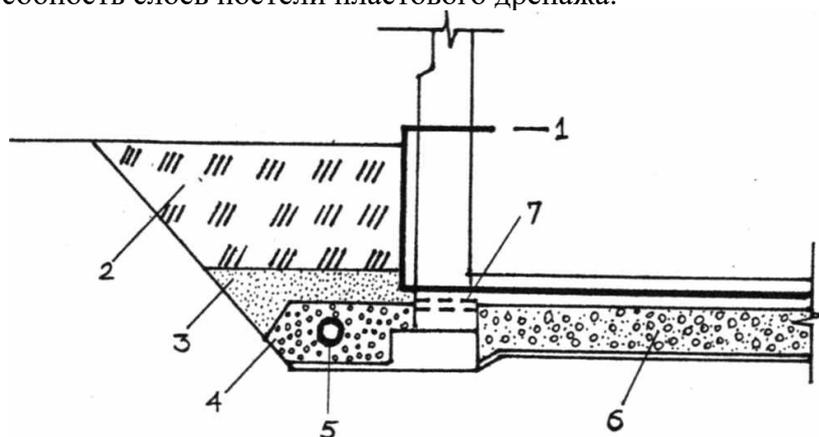


Рис. 2.4.7. Схема конструкции пластового площадного дренажа

1 - гидроизоляция; 2 - местный грунт; 3 - крупнозернистый песок; 4 - гравий или щебень; 5 - труба; 6 - пластовый дренаж; 7 - перепускная труба, наполненная щебнем или гравием

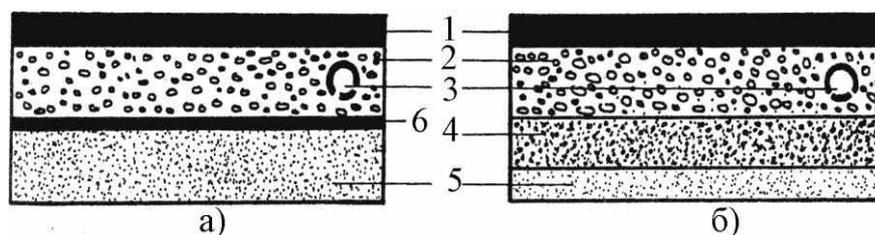


Рис. 2.4.8. Схема конструкции пластового дренажа с геотекстилем (а) и с песчано-гравийным фильтром (б)

1 - пол подвала; 2 - гравий или щебень; 3 - труба поперечной дрены; 4 - крупнозернистый песок; 5 - местный грунт; 6 - геотекстиль «Тайпар»

Фильтрующие слои отсыпаются не только под полом, но и за наружными стенами сооружения, что позволяет отвести воду, а при необходимости и перехватить боковой приток подземных вод. При большой площади помещения необходимо проложить дополнительные дрены пластовые или трубчатые в поперечном направлении под полом. Трубчатые дрены небольшого диаметра, снабженные обратным фильтром, размещают в неглубоких канавках, а пластовые устраивают в виде одноленточных закрытых дренажей. Их конструкцию и размещение определяют тип и конструкция фундамента, а также гидрогеологические условия строительной площадки. Выпуск воды из внутреннего контура производят за счет уклона поперечных дрен через трубу, заполненную гравием (Рис. 2.4.7), или непосредственно через фильтрующие обсыпки, если фундамент устроен из отдельных колонн. Приемниками дренажных вод служат кольцевые или пристенные дренажи, которые, как правило, сочетают с пластовым и прокладывают по наружной стороне здания.

Фильтрующие слои пластового дренажа могут сочетать в конструкции использование геосинтетических материалов и гравийного (щебеночного) слоя. Геотекстиль обеспечивает не только необходимые фильтрационные свойства, но и защищает гравийный слой и трубу от засорения (рис. 2.4.8,а), также могут быть выполнены из песчано-гравийной смеси (рис. 2.4.8, б).

В основании мощных фундаментных плит пластовый дренаж устраивается из хорошо проницаемых инертных материалов (песок, щебень) с защитой от кольматажа высокопрочным геотекстилем. Заслуживают внимания современные рулонные материалы гофрированной структуры с различными по размерам округлыми выступами. Такой профиль может гарантировать

пропуск воды до 10 л/с на пог. м. Отвод воды из пластового дренажа под фундаментной плитой обеспечивают традиционным способом, заводя геотекстиль за наружный контур здания.

Пластовые дренажи применяют также для защиты подземных коллекторов (рис. 2.4.9) и дорожных одежд. Также дренажные конструкции называют сопутствующими. Их выполняют одновременно со строительством защищаемых объектов, разрабатывая канавки, в которые укладывают дренажные трубы небольшого диаметра с уклоном в сторону водоприемника.

Профилактический дренаж подземных коллекторов, закладываемых в глинистых и суглинистых грунтах при отсутствии наблюдаемых подземных вод, можно устраивать в виде пластового одноленточного без продольного сопровождающего трубчатого дренажа.

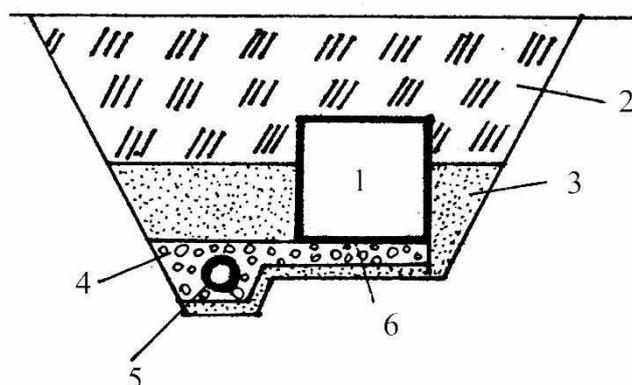


Рис. 2.4.9. Схема сопутствующего пластового дренажа для защиты подземных коллекторов
1 - подземный коллектор; 2 - местный грунт; 3 - крупнозернистый песок; 4 - фильтрующие обсыпки; 5 - труба; 6 - фильтрующие слои

Это допустимо на верховых участках каналов длиной не более 50 -100 м в зависимости от расчетного количества фильтрующих слоев дренажа. На остальном протяжении профилактический дренаж проектируют с продольной трубчатой дренажной системой. Коллекторы сопутствующего дренажа, уложенные в одну траншею с водостоком, размещают в зависимости от глубины их заложения рядом или выше водостока. В последнем случае дренаж работает короткими участками с выпуском в каждый смотровой колодец дождевого коллектора без устройства этих колодцев на дренажной сети.

Общие системы дренажей

Общие системы дренажей применяют в качестве основных средств осушительных мелиораций, сочетая со вспомогательными, используя естественные свойства гидрографической сети и проектируют комплекс мероприятий инженерной подготовки.

Головные дренажи проектируют для осушения территорий, подтопленным потоком подземных вод, притекающих с водораздела, когда область их питания лежит вне защищаемой территории. Дренаж закладывают по верхней границе дренируемого участка (рис.2.4.10) поперек движения грунтовых вод. Он эффективно работает при размещении на водоупоре, хотя может использоваться как несовершенный дренаж.

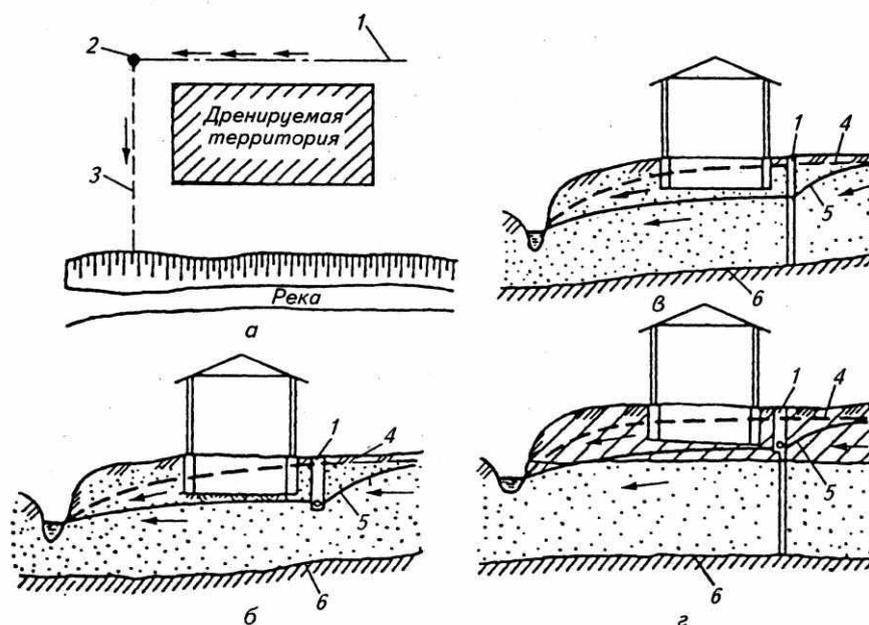


Рис.2.4.10. Головной дренаж

а – план; б-г – разрезы через дренаж горизонтального, вертикального, комбинированного типов; 1 – головная дрена; 2 – смотровой колодец; 3 – сбросная линия; 4 и 5 – первоначальный и пониженный уровни грунтовых вод; 6 – водоупор.

Береговые дренажи проектируют как защиту от грунтовых вод, поступающих на территорию, главным образом, из открытых водоемов, но они могут одновременно перехватывать подземный приток со стороны водораздела (рис. 2.4.11). Дренажи предусматривают, чтобы предотвратить ожидаемый подпор грунтовых вод на прибрежной территории, поэтому заглубление дрен относительно расчетного горизонта воды в водотоке определяют расчетом. Трассу дренажа прокладывают вдоль реки на некотором расстоянии от бровки берега, а в случае обвалования - за дамбой, отодвигаясь от береговой линии водоема. Оптимальным расстоянием трассы от берега будет такое, при котором дебит дренажа окажется наименьшим.

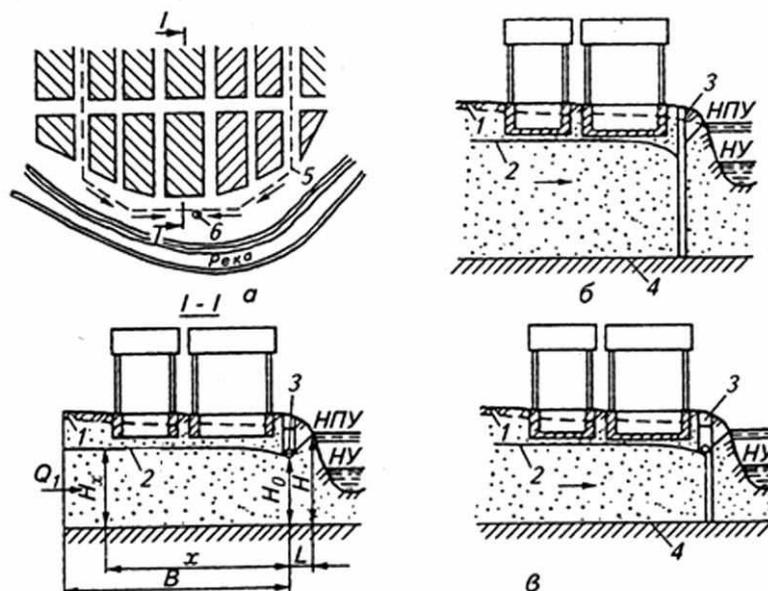


Рис.2.4.11. Береговой дренаж

а - горизонтального типа; б – вертикального; в – комбинированного; 1 и 2 – первоначальный и пониженный уровни грунтовых вод; 3 – береговой дренаж; 4 – водоупор; 5 – трасса береговой дрены; 6 – насосная станция.

Береговые дренажи проектируют совершенными и несовершенными, а конструктивно они решаются подобно головным. В береговых системах применяют главным образом вертикальные и горизонтальные типы дренажей, а в ряде случаев используют комбинированный. При интенсивном притоке воды со стороны реки или водоема в дополнение к береговому дренажу могут быть использованы противофильтрационные завесы. Их устраивают инъекцией в грунт глин, грунтобentonитового раствора или биополимерного и других материалов. Обычно однолинейные искусственные системы дренажа работают с естественными дренами (речки, озера, каналы). Такие системы называют смешанными.

Систематический (площадный) дренаж используют на территориях, где подземные воды питаются за счет просачивания атмосферных, поверхностных и хозяйственных вод (питание «сверху»), а также напорных подземных вод (питание «снизу»). При питании водоносного пласта «снизу», особенно при необходимости большого водопонижения, применяется вертикальный систематический дренаж.

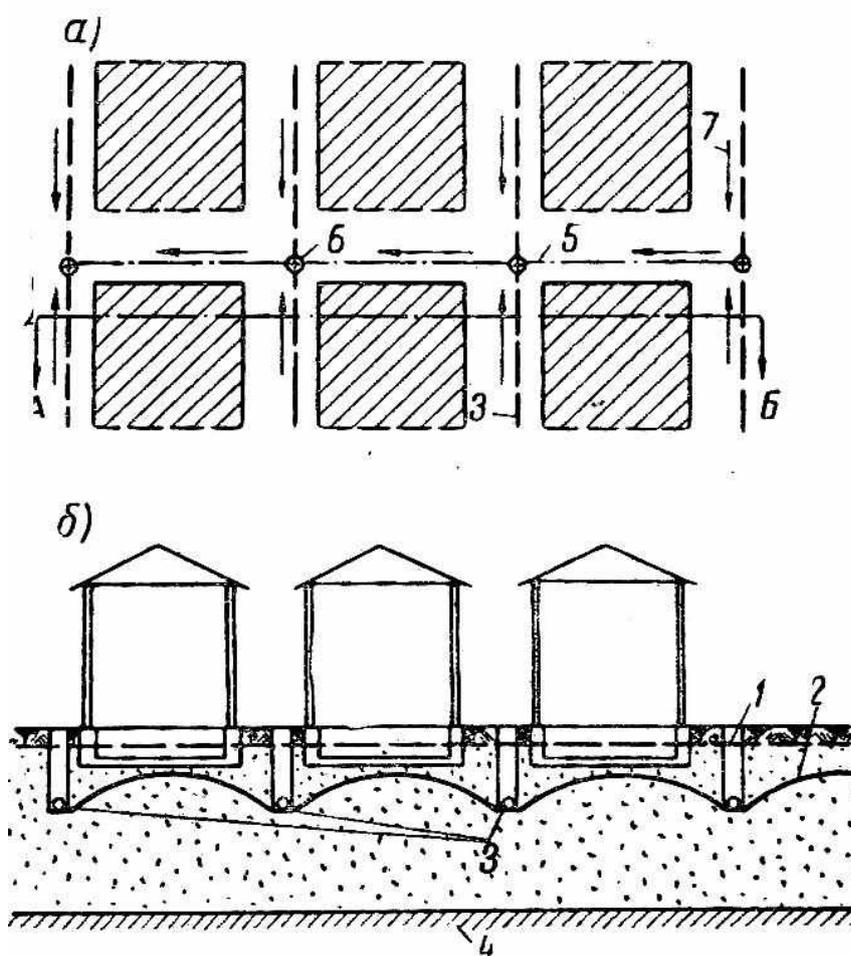


Рис. 2.4.12. Схема горизонтального систематического дренажа
 а – план; б – разрез по А-Б; 1 – первоначальный уровень подземных вод; 2 – пониженный уровень подземных вод; 3 – дренажи-осушители; 4 – водоупор; 5 – дренажный коллектор; 6 – смотровые колодцы; 7 – направление стока

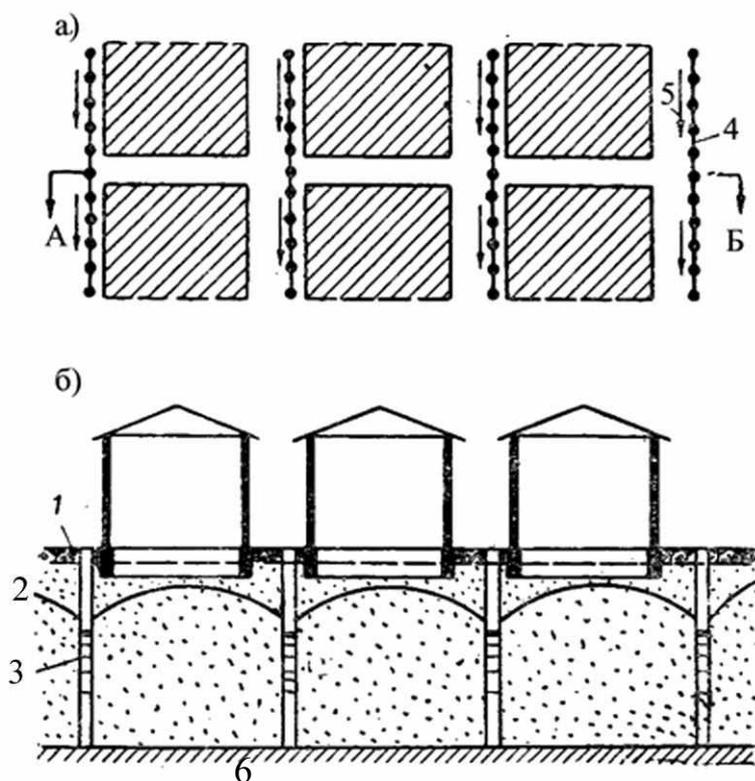


Рис.2.4.13. Схема вертикального систематического дренажа

а – план; б – разрез по А-Б; 1 – первоначальный уровень подземных вод; 2 – пониженный уровень подземных вод; 3 – вертикальные дрены; 4 – дренажный коллектор; 5 – направление стока; 6 – водоупор

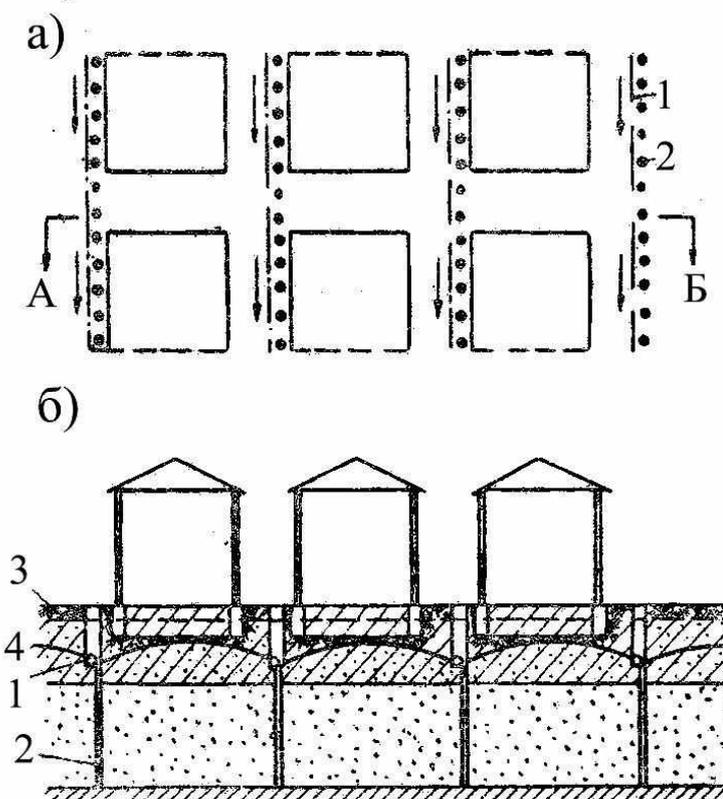


Рис.2.4.14. Схема комбинированного систематического дренажа

а – план; б – разрез по А-Б; 1 – горизонтальные дрены; 2 – вертикальные дрены; 3 – первоначальный уровень подземных вод; 4 – пониженный уровень подземных вод

Систематический дренаж представляет собой системы вертикальных или горизонтальных дрен, равномерно расположенных по всей дренируемой территории. Горизонтальную конструкцию совершенного или несовершенного типа дренажа проектируют при питании «сверху» в условиях малой мощности водопроницаемой толщи с высоким коэффициентом фильтрации, когда требуется произвести небольшое понижение УГВ (Рис. 2.4.12, 2.4.13, 2.4.14а,б).

Дрены-осушители примыкают к дренам-собираателям или же непосредственно к дренажному коллектору, отводящему собранные подземные воды в водоприемник. Дрены-собираатели принимают воду от осушителей и транспортируют ее к магистральному коллектору. Поэтому при дренировании больших территорий приходится устраивать ряд отдельных осушителей, объединяя их собирателями и магистральным коллектором в одну систему.

Местные дренажи

Контурные кольцевые и прифундаментные дренажи проектируют для защиты подвалов зданий. При необходимости в сложных гидрогеологических условиях их сочетают с пластовыми дренажами.

Кольцевой дренаж защищает отдельные здания или группы сооружений. Им обеспечивают защиту подвалов зданий, заложенных в водоносных песчаных грунтах при питании подземных вод «сверху» или «сбоку», закладывая его ниже пола подвала. Дренаж устраивают по всему контуру здания или в виде незамкнутого кольца, когда имеется ярко выраженный односторонний приток грунтовых вод. Обычно в однородных по водонепроницаемости грунтах используют горизонтальный трубчатый дренаж (рис. 2.4.15). Трассу прокладывают в зоне интенсивной инфильтрации осадков на определенном расстоянии от здания, в зависимости от способов производства работ, размещения смотровых колодцев дренажа и с учетом требований защиты фундамента от подмыва.

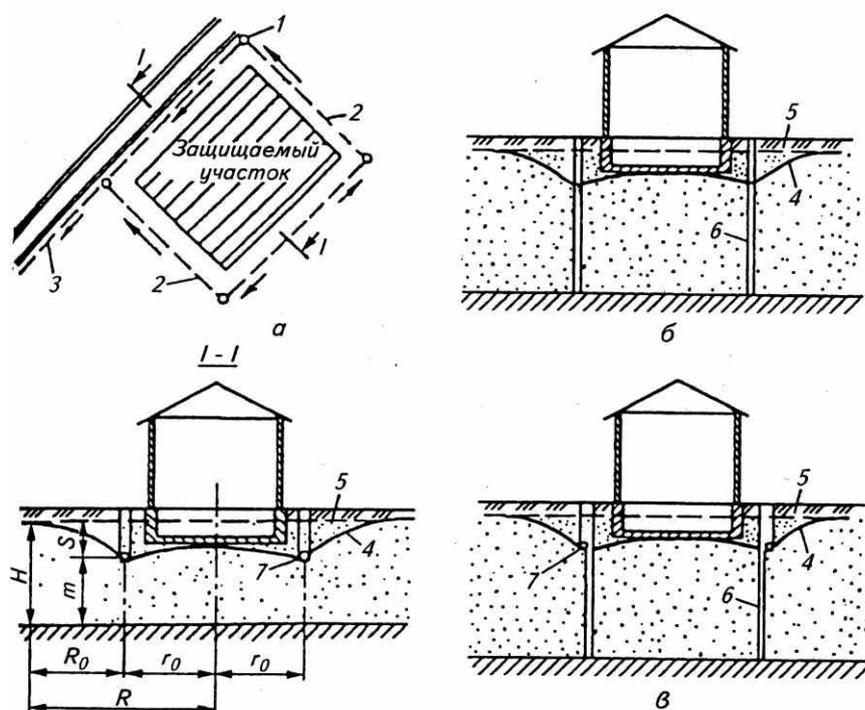


Рис.2.4.15. Кольцевой дренаж

а – горизонтального типа; б – вертикального; в – комбинированного; 1 – смотровой колодец; 2 – кольцевая дрена; 3 – дренажный коллектор; 4 и 5 – первоначальный и пониженный уровни грунтовых вод; 6 – скважина; 7 – горизонтальная дрена.

На застроенных территориях приходится считаться с заглублением и конструкцией фундаментов близ расположенных зданий. При этом также важны отметки пола подвалов существующих зданий и положение уровня грунтовых вод относительно этих подвалов, поскольку в результате понижения УГВ под вновь возводимым зданием возможны негативные последствия, особенно для территорий, сложных в геотехническом отношении и плотно застроенных. В таких условиях негативные последствия могут проявляться даже в виде просадки грунтов основания существующих зданий и инженерных сетей, поверхности и повреждения растительности, а также наблюдаться высыхание колодцев с грунтовыми водами и гниение деревянных свай, используемых в конструкциях зданий или инженерных сооружений.

Во всех случаях заглубления дренажных коллекторов ниже подошвы фундамента проектируемого или существующего близ расположенного здания проводят расчет безопасного расстояния от здания до оси дрены. При открытом способе производства работ безопасное расстояние определяется углом внутреннего трения грунта. Оно обеспечивается, когда стенки траншеи дренажа окажутся за границей возможной передачи давлений по оси здания. Для расчета используют формулу

$$l_{\min} = b + \frac{B}{2} + \frac{H - h_{\phi}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2.4.1)$$

где b - уширение фундамента, м;

B - ширина дренажной траншеи, м;

H - глубина заложения дрены, м;

h_{ϕ} - глубина заложения фундамента, м;

α - угол внутреннего трения грунта, градусы.

Аналогично исчисляют расстояние дренажа от соседних сетей, ниже которых он уложен.

Рациональное решение по выбору дренажа для таких сильно заглубленных частей зданий, особенно на плотно застроенных площадках, может потребовать заглубления дрен меньше, чем это диктует норма осушения. Тогда ниже уложенных дренажных труб защиту подземной части здания должна обеспечить соответствующая гидроизоляция.

Для зданий с обычными подвалами рациональное решение по выбору дренажей предусматривает снижение УГВ до проектной нормы осушения. Здесь эту задачу можно решить с помощью контурного дренажа. Если требуемый эффект не достигается, тогда под подвалом здания устраивают еще и пластовый дренаж. При этом учитывают, что в контурных дренажах совершенного типа пониженный уровень грунтовых вод в центре контура устанавливается на уровне воды в дренах. Поэтому заглубление дрен складывается из величины заглубления пола подвала и нормы осушения.

На территориях поселений чаще проектируют горизонтальные кольцевые дренажи. Вместе с тем, потребность снизить УГВ на значительную глубину или определенные условия застройки, а также насыщение территорий подземными коммуникациями могут оправдать использование вертикального кольцевого дренажа. В слабоводопроницаемой или слоистой толще пород кольцевые дренажи не дают должного эффекта, тогда их дополняют пластовыми или проектируют пристенные (прифундаментные) дренажи.

Пристенный(прифундаментный) дренаж защищает подвалы зданий, заложенных в грунтах глинистых и водоносных слоистого строения при близком залегании водоупора, когда пол подвала расположен над слоем супеси или песка мощностью менее 0,5 м. Дренаж прокладывают по контуру зданий с наружной стороны, ниже пола подвала, обычно на отметке подошвы фундамента или выше (рис. 2.4.16).

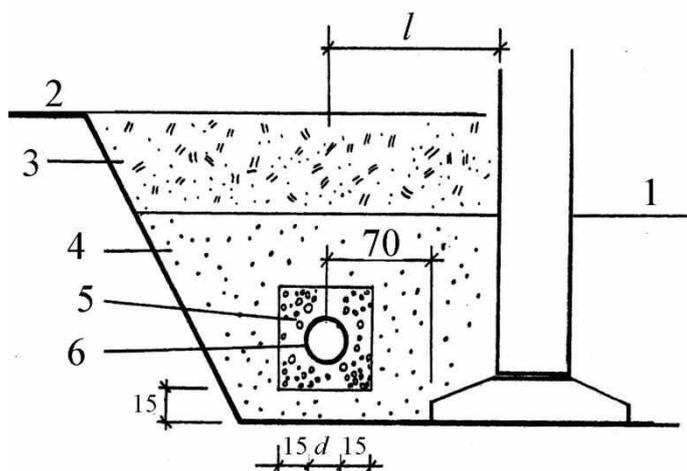


Рис.2.4.16. Схема прифундаментного дренажа.

1 –отметка пола подвала; 2 – поверхность земли; 3 – обратная засыпка; 4 – песок крупнозернистый; 5 – гравий крупностью 3-10 мм; 6 – трубы; l – расстояние от здания (см)

При значительном заглублении фундаментов относительно отметки пола подвального помещения пристенный дренаж может оказаться выше подошвы самого фундамента, тогда принимают меры против просадки дренажа. Расстояние от здания принимают 1 - 2 м в зависимости от ширины фундамента и размещения смотровых колодцев. Дренаж проектируют совершенного и несовершенного типа, и его конструкция способна перехватить любые воды, притекающие «сбоку» и отвести их за пределы сооружения. Это особенно важно, когда подземные воды обладают агрессивными свойствами или же имеются близкорасположенные к защищаемому зданию канализационные и водопроводные сети.

Пристенные дренажи часто устраивают с профилактической целью, т. е. при отсутствии подземных вод. Их проектируют для подвалов зданий и других подземных сооружений, заложенных в глинистых грунтах, обладающих выраженными капиллярными свойствами в сочетании с другими местными системами дренажа.

Конструкции пристенного дренажа выполняют в традиционном решении с фильтрующими песчано-гравийными обсыпками или с использованием геотекстилей (рис 2.4.17).

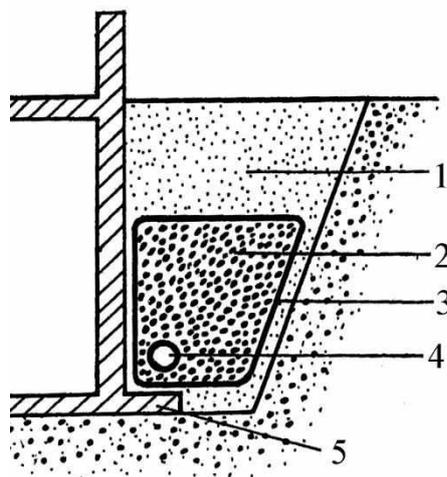


Рис.2.4.17. Схема прифундаментного дренажа с геотекстилем

1 – обратная засыпка; 2 – щебень; 3 – геотекстиль «Тайпар»; 4 – труба; 5 – фундамент

Пластовый(площадный) дренаж применяют для защиты подвалов зданий в сложных гидрогеологических условиях, когда расчетом подтверждена недостаточная эффективность кольцевого или прифундаментного. Такая ситуация может возникнуть из-за наличия напорных вод, заглубления подвалов в водоносные пласты большой мощности, а также в глинистые или слоистые с различающимися водными свойствами.

Дренаж основания фундамента проектируют в комплексе с системой гидроизоляции. Это позволяет предупредить нежелательные последствия при эксплуатации зданий. Наличие на строительном рынке большого набора современных гидроизоляционных материалов, отличающихся высокой надежностью, долговечностью и удобством технологии, способствует эффективной защите подземной части зданий.

Лучевой дренаж (рис.2.4.18) состоит из горизонтальных трубчатых дрен, уложенных в виде радиальных лучей, шахтного колодца диаметром 2 - 6 м для приема дренажного стока из лучей и насоса. Лучевой дренаж может быть многоярусным и иметь в каждом ярусе по 3 - 5 лучей. Устройство лучевого дренажа особенно эффективно на застроенных территориях при высокой плоскости застройки, в сложных гидрогеологических условиях, где другие способы неприменимы, в том числе в слабопроницаемых грунтах и водоносных пластах малой мощности. Строительство и эксплуатация осуществляется без нарушения зданий, сооружений, коммуникаций и зеленых насаждений.

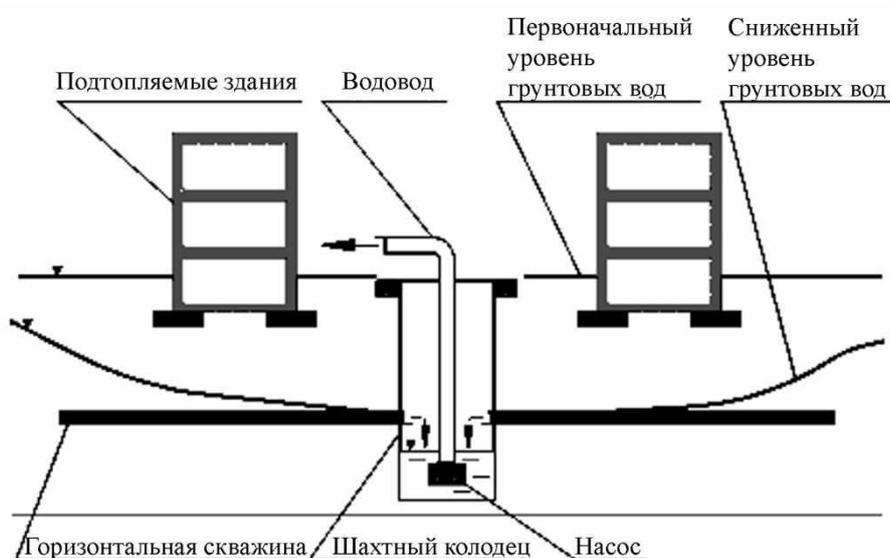


Рис.2.4.18Схема лучевого дренажа

2.5. Особенности мелиорации земель поселений. Ускорение отвода поверхностного стока. Ограждение территории от притока поверхностных вод. Понижение уровня грунтовых вод. Искусственное повышение поверхности территории

Для защиты территорий и сооружений от затопления поверхностными и подтопления подземными водами, а также для локализации вредного действия этих вод на условия застройки широко применяют методы и способы гидротехнических мелиораций. Наряду с термином «мелиорация территорий» в последнее время часто используют термин «инженерная защита территорий».

Инженерная защита территории населенных пунктов должна обеспечивать:

- бесперебойное и надежное функционирование и развитие городских, градостроительных, производственно-технических, коммуникационных, транспортных объектов, зон отдыха и других территориальных систем и отдельных хозяйственных сооружений;
- нормативные медико-санитарные условия жизни населения;
- нормативные санитарно-гигиенические, социальные и рекреационные условия защищаемых территорий.

Эти цели могут быть достигнуты при выполнении комплекса требований, т. е. *мелиоративного режима застроенной территории*- совокупности требований к регулируемым факторам природных и техногенных процессов, обеспечивающих целенаправленный прогресс территории как техноприродной системы.

Мелиоративный режим застроенных территорий оценивают следующими основными показателями:

- допустимый диапазон изменения влажности почв и грунтов;
- направленность и интенсивность водообмена вод зоны аэрации и грунтовых вод;
- допустимая среднегодовая глубина грунтовых вод;
- допустимая продолжительность подтопления;
- допустимая концентрация токсичных элементов в поровом растворе и значения рН;
- допустимая коррозионная активность вод зоны аэрации и грунтовых вод.

При проектировании инженерной защиты населенных пунктов используют следующие методы гидромелиорации, т. е. принципы и приемы воздействия, направленные на устранение факторов избыточного увлажнения почв и грунтов:

- ускорение отвода поверхностного стока;
- ограждение территории от притока поверхностных, грунтовых и грунтово-напорных вод;
- защита территории от затопления водами рек и водохранилищ;
- понижение и регулирование уровня грунтовых вод.

Основные способы гидромелиорации, т. е. конкретные технические средства и мероприятия, направленные на устранение избыточной увлажненности территории и создание на ней необходимого водного режима, следующие:

- мероприятия, направленные на своевременный отвод поверхностных вод (водосточная сеть, планировка поверхности);
- береговые и головные дрены;
- нагорные, ловчие или нагорно-ловчие каналы;
- обвалование;
- машинный водоподъем;
- устройство открытой или закрытой осушительной сети (горизонтальный, вертикальный или комбинированный дренажи).

В качестве вспомогательных средств используют:

- повышение водоотводящего и дренирующего значения гидрографической сети путем расчистки русел и стариц;
- фитомелиорацию (от греч. *phyton* - растение и лат. *melioratio* - улучшение)-система мероприятий по улучшению природных условий путем рекультивирования или поддержания естественных растительных сообществ (создания лесополос, кулисных посадок, посева трав и пр.);
- агротехнические мероприятия;
- искусственное повышение поверхности территории;
- устройство противифльтрационных завес;
- гидроизоляцию.

Для борьбы с подтоплением земель применяют также *профилактические* мероприятия. Они наиболее просты, эффективны и направлены на предотвращение, недопущение подтоплений, на ограничение потерь воды из всех источников на застроенных территориях. Профилактические мероприятия включают:

- сохранение естественного дренажа;
- предупреждение утечек из водонесущих коммуникаций (водопровод, канализация, теплотрассы);
- нормирование поливов улиц, зеленых насаждений и приусадебных участков.

При проектировании инженерной защиты от подтопления норму осушения (минимально допустимую глубину уровня грунтовых вод, считая от поверхности земли) принимают в зависимости от типа застройки территории согласно СНиП 2.06.15-85 (табл.2.5.1)

Таблица 2.5.1

Норма осушения территорий поселений в зависимости от типа застройки.

Тип застройки	Норма осушения, м
Территории крупных промышленных зон и комплексов	До 15
Территории городских промышленных зон, коммунально- складских зон, центры крупнейших, крупных и больших городов	5
Селитебные территории городов и сельских населенных пунктов	2
Территории спортивно-оздоровительных и рекреационных объектов	1
Территории защитного назначения (зеленые насаждения общего пользования, парки, санитарно-защитные зоны)	1

Примечание: селитебная территория — это часть города, предназначенная для строительства жилых домов и общественных зданий.

Ускорение отвода поверхностного стока

Ускорить поверхностный сток на защищаемой территории можно посредством вертикальной планировки и устройства водосточной сети.

Вертикальная планировка заключается в исправлении сглаживании рельефа с приданием местности определенных уклонов. Продольные уклоны проезжей части улиц должны составлять 0,06...0,003, промышленных автомобильных дорог – не менее 0,004.

Для отвода с территории дождевых и талых вод устраивается водосточная сеть (рис.2.5.1). Она может быть открытой, закрытой смешанной.

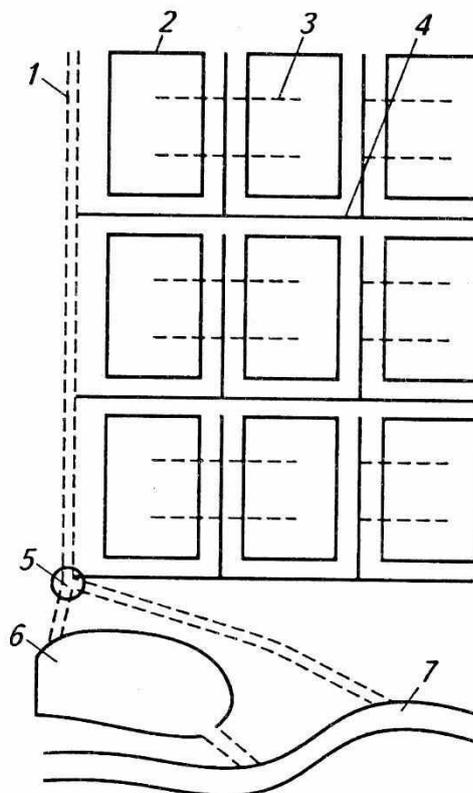


Рис.2.5.1. Городская водосточная сеть

1 – магистральный коллектор; 2 – городские кварталы; 3 – внутриквартальная водоотводящая сеть; 4 – уличные водостоки; 5 - станция очистки; 6- пруд-отстойник; 7- река-водоприемник

Закрытая водосточная сеть (рис. 2.5.2) более совершенна, и ее чаще применяют в населенных пунктах на улицах с покрытием. Она состоит: из уличных лотков, дождеприемных колодцев, подземных коллекторов второго и первого порядков (прокладываемых преимущественно под проездами), магистральных коллекторов, смотровых колодцев на коллекторной сети, перепадов и быстротоков, водовыпусков.

Талая и дождевая вода собирается в притротуарные лотки, а из них сбрасывается в дождеприемные колодцы, расположенные на расстоянии 40... 140 м друг от друга. Из дождеприемных колодцев вода отводится по соединительным веткам в закрытые уличные коллекторы, по которым стекает в магистральные коллекторы и далее поступает на очистные сооружения и в водоприемники. Длина соединительных веток составляет не более 25 м, диаметр - 300...400 мм.

На закрытой сети коллекторов устраивают смотровые колодцы. Их размещают в местах впадения трубопроводов (соединительных веток), изменения диаметров и уклонов труб, изменения направления трассы трубопроводов, на перепадах, на прямых участках сети на расстоянии 50...250 м (в зависимости от диаметра коллектора). Для водосточных коллекторов диаметром 300...600 мм применяют асбестоцементные трубы, а диаметром 700... 1500 мм - железобетонные.

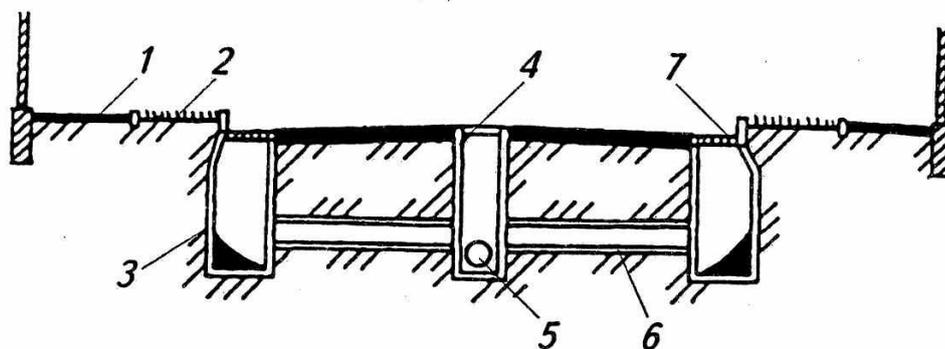


Рис.2.5.2. Закрытая водосточная сеть:

1 – тротуар; 2 – газон; 3 – дождеприемный колодец; 4 – смотровой колодец; 5 – уличный коллектор; 6 – соединительная ветка; 7 – притротуарный лоток

В *открытой системе водостоков* (рис. 2.5.3) вода собирается и транспортируется придорожными кюветами проездов. Воду из кюветов сбрасывают либо непосредственно в водоприемники, либо через магистральные каналы, прокладываемые по пониженным элементам рельефа. При пересечении улиц кюветы и каналы заключают в трубы либо перекрывают мостиками.

Рассчитывают водоотводящие сети не на самые интенсивные дожди, иначе поперечные размеры трубопроводов получились бы слишком большими, а на дожди с определенным периодом однократного превышения расчетной интенсивности. Расчетный расход дождевых вод, л/с, вычисляют в соответствии со СНИП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.

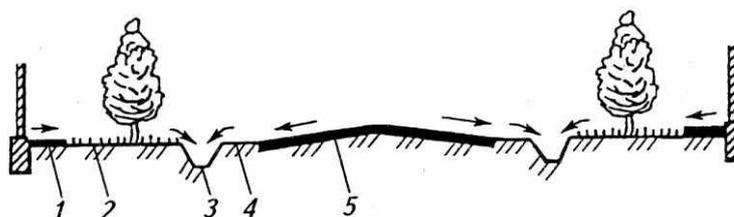


Рис. 2.5.3. Открытая водосточная сеть:

1- тротуар; 2-газон; 3-кювет; 4 - обочина; 5 - проезжая часть

Ограждение территории от притока поверхностных вод

Для предупреждения поступления поверхностных вод на защищаемую территорию со стороны водораздела устраивают нагорные каналы или лотки, перехватывающие сток этих вод.

Собираемые нагорными каналами воды должны быть самотеком отведены за пределы защищаемой территории.

Понижение уровня грунтовых вод

Для понижения уровня грунтовых вод устраивают подземные дренажи, предназначенные для защиты от подтопления расположенных на городских территориях и промышленных площадках подземных сооружений и коммуникаций, а также для улучшения общесанитарных условий на этих территориях.

Основные виды защищаемых подземных сооружений и коммуникаций: фундаменты и подвалы зданий, теплофикационные каналы, туннели и подземные галереи.

Подземные дренажи, применяемые на землях поселений, в зависимости от назначения можно разделить на следующие группы:

- городской и промышленный - для длительного понижения уровней подземных вод на территориях городов, других поселений и промышленных предприятий;
- строительный (строительное водопонижение) - для временного (на период строительства) понижения уровня подземных вод на участках строительства;
- дорожный - для осушения тела дорожного полотна (насыпи) автомобильных и железных дорог с целью повышения его устойчивости;
- противооползневый - для осушения оползневых массивов с целью повышения их устойчивости.

По конструктивным особенностям дренаж, применяемый в городском и промышленном строительстве, разделяют на горизонтальный, вертикальный и комбинированный.

По расположению в плане по отношению к защищаемой территории и к источникам поступления воды выделяют системы дренажей: однолинейная (головная или береговая дрена); двухлинейная (обычно головная плюс береговая дрена); кольцевая (контурная); площадная (систематический дренаж); смешанная.

По степени гидродинамического несовершенства, т. е. по характеру вскрытия водоносного пласта, выделяют дренажи совершенного типа, полностью вскрывающие водоносный пласт, и дренажи несовершенного типа, частично вскрывающие водоносный пласт.

Искусственное повышение поверхности территории

Искусственное повышение отметок территории возможно в следующих случаях:

- для освоения под застройку затопленных, временно затапливаемых и подтопленных территорий;
- для благоустройства прибрежной полосы водохранилищ и других водных объектов.

Отметки повышают подсыпкой или намывом грунта на необходимую высоту. Например, в Санкт-Петербурге начиная с 1960 г. и до настоящего времени было намывто 80 млн. м³ грунта, в результате чего город получил 3026 га новых площадей для жилищной застройки и парковых зон отдыха у моря. Аналогичные работы проводят в Москве, используя грунт, извлекаемый при углублении русл рек и строительстве туннелей.

Выбор отметок повышаемой территории зависит от максимальных уровней воды в водном объекте при защите от затопления или норм осушения с учетом прогноза подъема уровней грунтовых вод при защите от подтопления.

При проведении работ по повышению отметок поверхности территорий нельзя нарушать условия естественного дренирования подземных вод. Для этого по тальвегам засыпаемых или замываемых оврагов и балок прокладывают дренажи, а постоянные водотоки заключают в коллекторы.

2.6. Водопонижение при строительстве зданий и сооружений. Водоотвод. Водоотлив

Водопонижение необходимо для защиты строительных котлованов и траншей от затопления их ливневыми и тальными водами.

Для *водоотвода* обычно используют расположенные с нагорной стороны кавальеры, а также специально устанавливаемые оградительные обвалования, водоотводящие канавы, лотки и системы дренажей. Канавы или лотки устраивают с продольным уклоном $0,002 \div 0,003$, а их размеры и виды креплений принимают в зависимости от расхода ливневых или тальных вод и предельных значений неразмывающих скоростей их течения. Воду из всех водоотводящих устройств, а также кавальеров отводят в пониженные места, удаленные от возводимых и существующих сооружений.

Водоотлив. Предварительное осушение часто осуществляется при устройстве котлованов и траншей, поскольку большинство сооружений и сетей водоснабжения и водоотведения возводят либо в непосредственной близости от водоемов, либо в условиях обводненных и неустойчивых грунтов. Выемки (котлованы и траншеи) при небольшом притоке грунтовых вод разрабатывают с применением открытого водоотлива, а если приток значителен и толщина водонасыщенного слоя, подлежащего разработке, большая, то до начала производства работ уровень грунтовых вод (УГВ) искусственно понижают с использованием различных способов закрытого, т.е. грунтового, водоотлива, называемого еще строительным водопонижением.

Работы по строительному водопонижению во многом зависят от принятого метода механизированной разработки котлованов и траншей. Соответственно устанавливают очередность работ как по монтажу водоотливных и водопонижительных установок, их эксплуатации, так и по разработке котлованов и траншей. Например, если котлован размещен на берегу, в пределах поймы реки, то разработку его начинают только после монтажа водопонижительного оборудования, причем так, чтобы понижение уровня грунтовых вод опережало заглубление котлована на 1-1,5 м. Если котлован расположен непосредственно в русле реки (при строительстве, например, водозабора или насосной станции первого подъема), то до работ по водопонижению котлован ограждают со стороны воды специальными дамбами (перемычками). Работы по осушению при этом складываются из удаления воды из отгороженного котлована и последующей откачки воды, фильтрующей в котлован.

Начальное осушение котлованов требуется после ограждения их перемычками. При этом объем воды, подлежащий откачке,

$$W = V + qt; \quad (2.6.1)$$

где V - объем воды в котловане, м^3 ; q - приток воды в котловане, $\text{м}^3/\text{ч}$; t - продолжительность осушения котлована, ч.

По величине объема начального водоотлива подбирают тип и количество насосных агрегатов. Обычно для откачки воды из неглубоких котлованов, когда глубина воды в них не превышает высоты всасывания, применяют стационарные центробежные насосы, размещаемые на перемычке, а при больших глубинах используют плавучие или передвижные насосные установки.

Открытый водоотлив предусматривает откачку притекающей воды непосредственно из котлована или траншей. Способ применим в скальных, обломочных, галечниковых и гравийных грунтах, устойчивых против фильтрационных деформаций. При открытом водоотливе грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водосборные канавы и по ним в приемки (зумпфы), откуда ее откачивают насосами (рис. 2.6.1, а). Размеры приемков в плане в целях удобства их очистки принимают 1×1 или $1,5 \times 1,5$ м, а глубину от 2 до 5 м, в зависимости от требуемой глубины погружения водоприемного рукава насоса. Минимальные размеры приемка назначают из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 10 мин.

Число приемков зависит от расчетного притока воды к котловану и производительности насосного оборудования. Приток воды к котловану (или дебит) рассчитывают по формулам установившегося движения грунтовых вод.

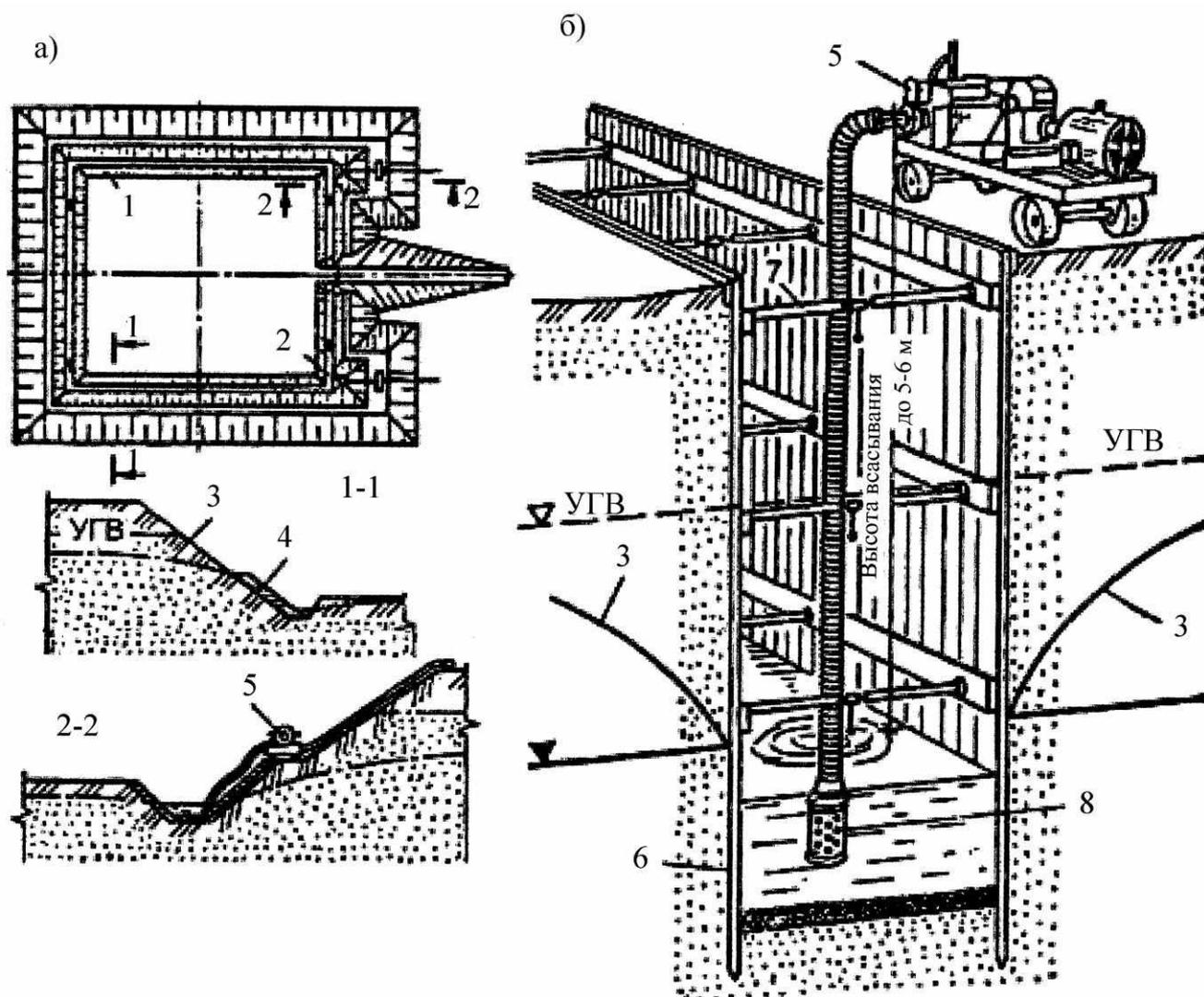


Рис.2.6.1. Открытый водоотлив из котлована (а) и траншеи (б)

1 - дренажная канава; 2 - приямок (зумпф); 3 - пониженный уровень грунтовых вод; 4 - дренажная пригрузка; 5 - насос; 6 - шпунтовое крепление; 7 - инвентарные распорки; 8 - всасывающий рукав с сеткой (фильтром)

Для совершенных котлованов (когда их дно доходит до водоупора) приток воды ($\text{м}^3/\text{сут}$) при безнапорном режиме рассчитывают по формуле:

$$Q = 1,37kH^2 / \lg \frac{R+r_0}{r_0}; (2.6.2)$$

где k - коэффициент фильтрации водоносного пласта, $\text{м}/\text{сут}$; H - толщина безнапорного водонасосного пласта, м ; R - радиус депрессии, м ; r_0 - приведенный радиус котлована, м .

Значение приведенного радиуса для котлованов, имеющих в плане прямоугольную форму:

$$r_0 = \eta(L+B)/4; (2.6.3)$$

где η - коэффициент, зависящий от соотношения B/L (B и L - ширина и длина котлована, м).

Таблица 2.6.1

Величина коэффициента η в зависимости от соотношения B/L

B/L	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
η	1	1,12	1,16	1,18	1,18	1,18

Для котлованов неправильной формы

$$r_n = \sqrt{\frac{F}{\eta}}; (2.6.4)$$

где F - площадь реального котлована, m^2 .

Когда котлован не доходит до водоупора (несовершенные котлованы), приток воды в напорных условиях определяют по формуле В.М. Шестакова

$$Q = 2,73kmS / \lg \frac{R+r_0}{r_0} + 0,2 \frac{m}{r_0}; (2.6.5)$$

где m - толщина напорного водоносного пласта, м; S - заглубление дна котлована относительно неподвижного уровня грунтовых вод, м.

В случае притока к несовершенному котловану безнапорных вод его величину вычисляют по вышеприведенным формулам, рассматривая приток выше дна котлована как безнапорный к совершенному котловану, а поступающий через дно - как напорный.

Коэффициенты фильтрации отдельных слоев грунта определяют, как правило, в процессе инженерных гидрогеологических изысканий, но для предварительных расчетов можно воспользоваться следующими ориентировочными значениями k , м/сут.: для галечника - 200; гравия - 100÷200; песка крупного и гравелистого - 50 ÷ 100; среднезернистого - 1÷25 и мелкозернистого - 2 ÷ 10; супеси - 0,2 ÷ 0,7; суглинка - 0,005 ÷ 0,4; глины - 0,005 и менее. Определив приток воды к котловану, уточняют тип и марку насосов, их количество. При глубине выемок более 7 м применяют как напорные центробежные насосы, так и специальные напорные погружные насосы типа «Гном», способных откачивать загрязненные воды. Насосы этого типа с герметически закрытым двигателем, опущенные на дно приямков, могут работать непрерывно практически без обслуживания и смазки.

Количество насосов или насосных установок для водоотлива

$$N_{н.у.} = Q\varphi / P; (2.6.6)$$

где Q - расчетный приток воды к котловану, $m^3/ч$; φ - коэффициент резерва мощности насосных установок, равный 1,5; P - производительность насосной установки.

Системой насосных установок качают воду в водосборный коллектор и по нему отводят ее за пределы котлована. Открытый водоотлив довольно эффективный и простой способ осушения котлованов и траншей. Однако возможно разрыхление или разжижения грунтов в основании и унос части грунта фильтрующейся водой.

Поэтому на практике во многих случаях чаще применяют различные способы искусственного понижения уровня грунтовых вод, т.е. грунтового водоотлива, исключая просачивание воды через откосы и дно котлована.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод предполагает устройство системы дренажей, трубчатых колодцев, скважин, использование иглофильтров.

Среди остальных средств водопонижительного оборудования широко используются легкие иглофильтровые установки (ЛИУ) (рис.2.6.2), эжекторные водопонижительные установки (ЭВУ), системы скважин (СС) с артезианскими и глубинными насосами и установки вакуумного водопонижения (УВВ). Все перечисленные средства предусматривают забор воды из грунта через цепь расположенных скважин с трубчатыми водоприемниками, соединенных коллектором, насосами (насосными станциями) для откачки воды и отводящим трубопроводом.

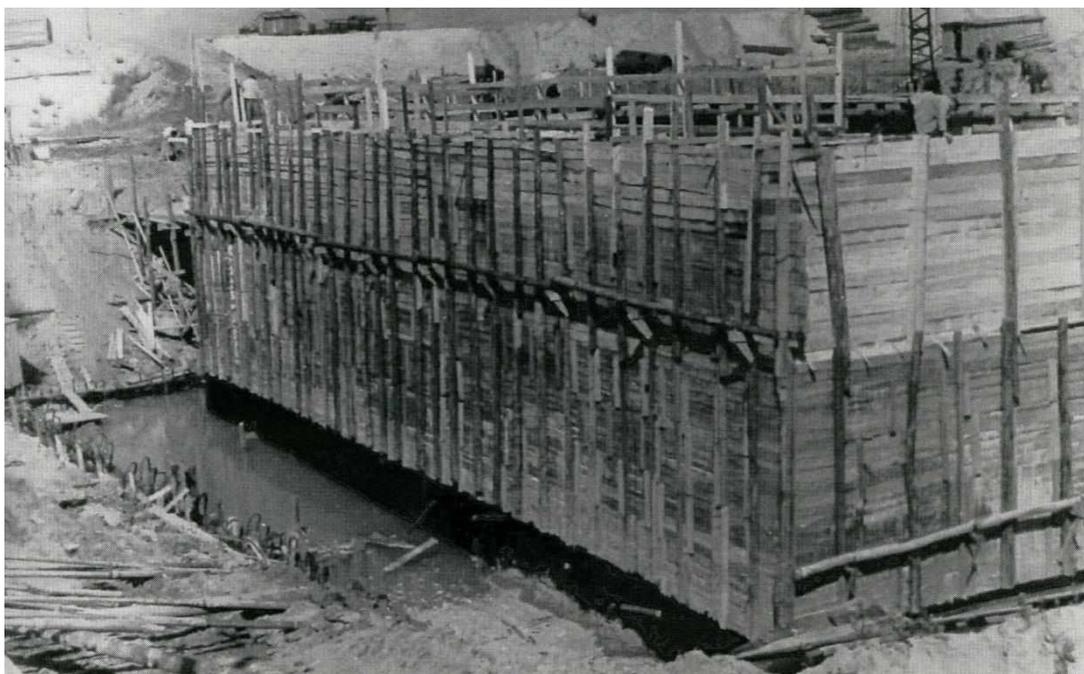


Рис.2.6.2. Водопонижение иглофильтрами в строительном котловане центральной станции канализации в г.Казани, 1956 г. (из материалов проф.В.Н.Жиленкова)

Способы водопонижения и тип применяемого оборудования выбирают в зависимости от глубины разработки котлована (траншеи), инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки, сроков строительства, конструкции сооружения и технико-экономических показателей. Для такого выбора можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в табл. 2.6.2.

Расчет водопонижительных установок, расположенных по контуру котлована, начинают с определения притока воды к котловану q . Приток воды ($\text{м}^3/\text{сут.}$) совершенных колодцев по периметру котлована в безнапорных водах

$$q = 1,37k(H^2 - h^2) / \lg \frac{R + r_0}{r_0}; \quad (2.6.7)$$

где k - коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сут.}$; H - толщина безнапорного водоносного пласта или высота непониженного пьезометрического уровня над водоупором, м ; h - высота понижения уровня грунтовых вод в центре осушаемого участка, считая от нижнего водоупора, м .

Глубина воды в колодцах, м

$$h_0 = \sqrt{h^2 - 0,73 \frac{Q}{nk} \lg \frac{r_0}{nr_0}}; \quad (2.6.8)$$

где n - число колодцев (скважин).

Аналогично, общий дебит совершенных колодцев, расположенных по периметру котлованов, разрабатываемых в напорных пластах,

$$Q = 2,73km(H - h) / \lg \frac{R + r_0}{r_0}; \quad (2.6.9)$$

где m - толщина напорного водоносного слоя, м .

Глубина воды в колодцах при этом

$$h_0 = h - 0,37 \frac{Q}{knm} \lg \frac{r_0}{nr_0}. \quad (2.6.10)$$

Таблица 2.6.2

Выбор способов водопонижения

Характеристика грунта	Коэффициент фильтрации k , м/сут	Рекомендуемые способы водопонижения при глубине понижения уровня грунтовых вод, м		
		до 4 - 5	до 18 - 20	свыше 20
Глина	---	Электроосушение		
Суглинок	0,005 - 0,4	Легкие одно-ярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	---
Супеси	0,2 - 0,7			
Песок: мелкозернистый мелкий средний крупный гравелистый	1,2 - 2,0	Одноярусные ЛИУ	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Буровые колодцы с артезианскими погружными насосами
	2,0 - 10,0			
	10,5 - 25,0			
	25,0 - 75,0			
	50 - 100			
Гравий: с песком чистый	75 - 150	Поверхностный водоотлив	Буровые скважины с погружными насосами	
	100 - 200			

Далее задачу расчета контурной водопонижительной установки решают методом подбора. Вначале задаются некоторым числом скважин n и понижением уровня вод в них. По вышеприведенным формулам определяют общий дебит Q и каждой скважины $Q' = Q/n$. Затем по формулам для h_0 находят высоту пониженного уровня в центре котлована или траншеи. Варьируя числом скважин и понижениями, выбирают такую схему, при которой в центре осушаемого участка достигается заданное положение уровня грунтовых вод.

Грунтовый водоотлив, или искусственное водопонижение осуществляют, когда осушаемые породы имеют достаточную водопроницаемость, характеризующуюся коэффициентами фильтрации (обычно не менее 1 - 2 м/сут.). Применить его в грунтах с коэффициентами фильтрации менее 1 - 2 м/сут. нельзя из-за малых скоростей движения грунтовых вод. В этих случаях используют вакуумирование или способ электроосушения (электроосмос).

Иглофильтровый способ предусматривает использование для откачки воды из грунта часто расположенных скважин с трубчатыми водоприемниками малого диаметра - *иглофильтров*, соединенных общим всасывающим коллектором с общей (для группы иглофильтров) насосной станцией. Для искусственного понижения УГВ на глубину 4 - 5 м в песчаных грунтах применяют *легкие иглофильтровые установки*. При этом для осушения траншей шириной до 4,5 м используют *однорядные иглофильтровые установки* (рис. 2.6.3, а), а при устройстве более широких траншей (например, для прокладки коллекторов) - *двухрядные* (рис. 2.6.3, б). Для осушения котлованов применяют *замкнутые по контуру установки* (рис. 2.6.3, в). При необходимости понижения уровня воды на глубину более 5 м применяют *двух- и трехъярусные иглофильтровые установки* (рис. 2.6.3, г).

В этом случае вначале вводят в действие первый (верхний) ярус иглофильтров и под его защитой отрывают верхний уступ котлована, после чего монтируют второй (нижний) ярус иглофильтров и отрывают второй уступ котлована и т.д. После ввода в действие каждого последующего яруса иглофильтров предыдущие можно отключить и демонтировать. Применение иглофильтров может оказаться эффективным и для водопонижения в слабопроницаемых грунтах, если под ними залегает более водопроницаемый слой. При этом иглофильтры заглубляют в нижний слой (рис. 2.6.3, д) с обязательной их обсыпкой.

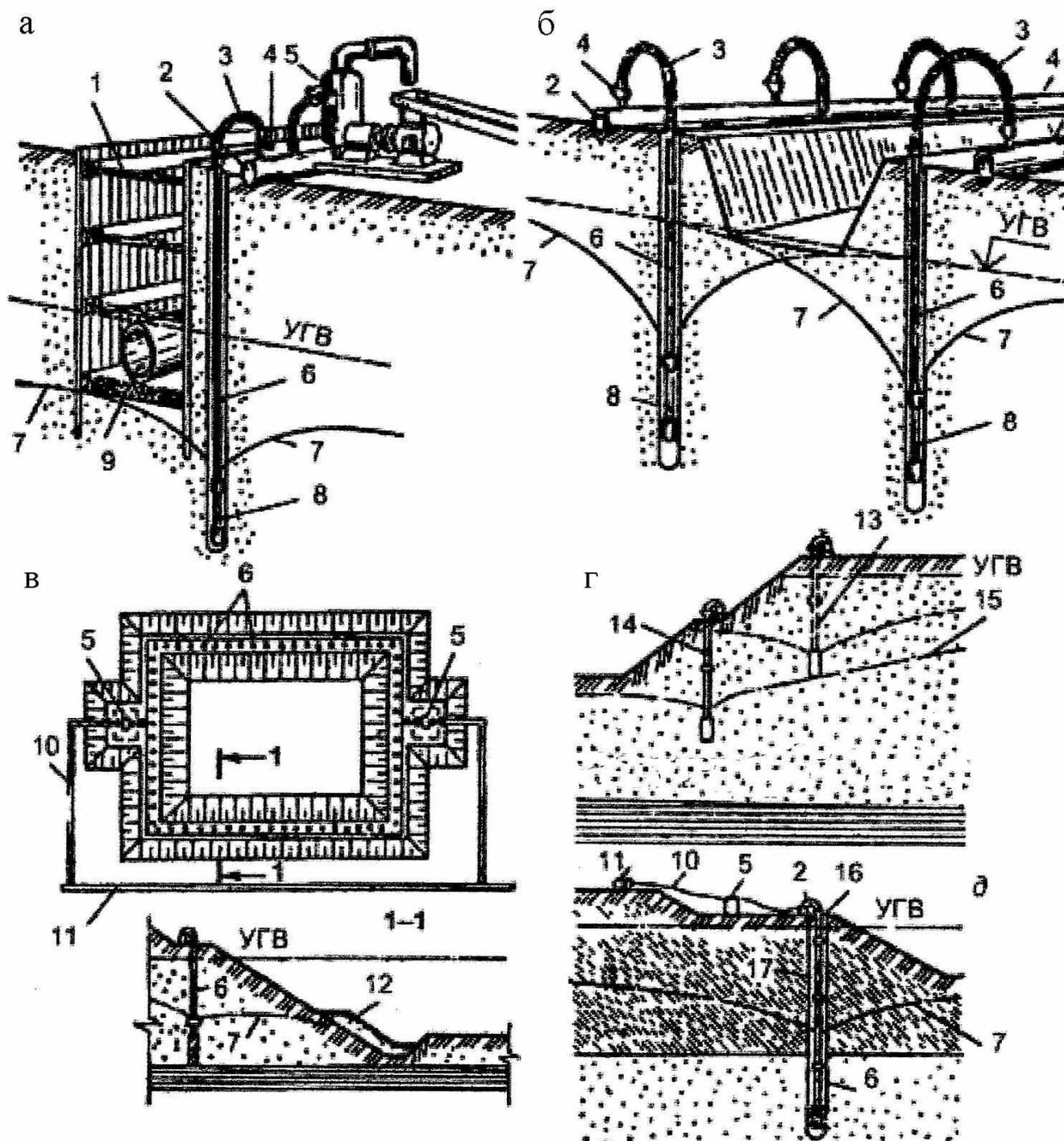


Рис.2.6.3. Водопонижение легкими иглофильтровыми установками (ЛИУ)

1 - траншея с креплениями; 2 - всасывающий коллектор; 3 - соединительные патрубки (шланги); 4 - кран или вентиль; 5 - насосный агрегат; 6 - иглофильтры; 7 - пониженный уровень грунтовых вод; 8 - водопримное фильтровое звено иглофильтра; 9 - проложенный трубопровод в траншее; 10 - напорный трубопровод; 11 - сборный трубопровод; 12 - дренажная пригрузка; 13 - иглофильтры верхнего яруса; 14 - то же, нижнего яруса; 15 - конечное положение депрессионной поверхности грунтовых вод; 16 - глиняный тампон; 17 - песчано-гравийная обсыпка

Погружают легкие иглофильтры на глубину 7-8 м чаще всего гидравлическим способом.

Эжекторные иглофильтровые установки (рис. 2.6.4, а) откачивают воду из скважин с помощью водоструйных насосов-эжекторов, работающих по принципу передачи энергии одним

потоком воды другому. ЭИУ используются для понижения УГВ одним ярусом на глубину от 8 до 20 м в грунтах с $k > 2-3$ м/сут. Установки состоят из иглофильтров с эжекторными водоподъемниками (рис. 2.6.4, б), распределительного трубопровода (коллектора) и центробежных насосов. Эжекторные водоприемники, помещенные внутри иглофильтров (рис. 2.6.4, в), приводятся в действие струей рабочей воды, нагнетаемой в них насосом под давлением 0,6-1,0 МПа через коллектор.

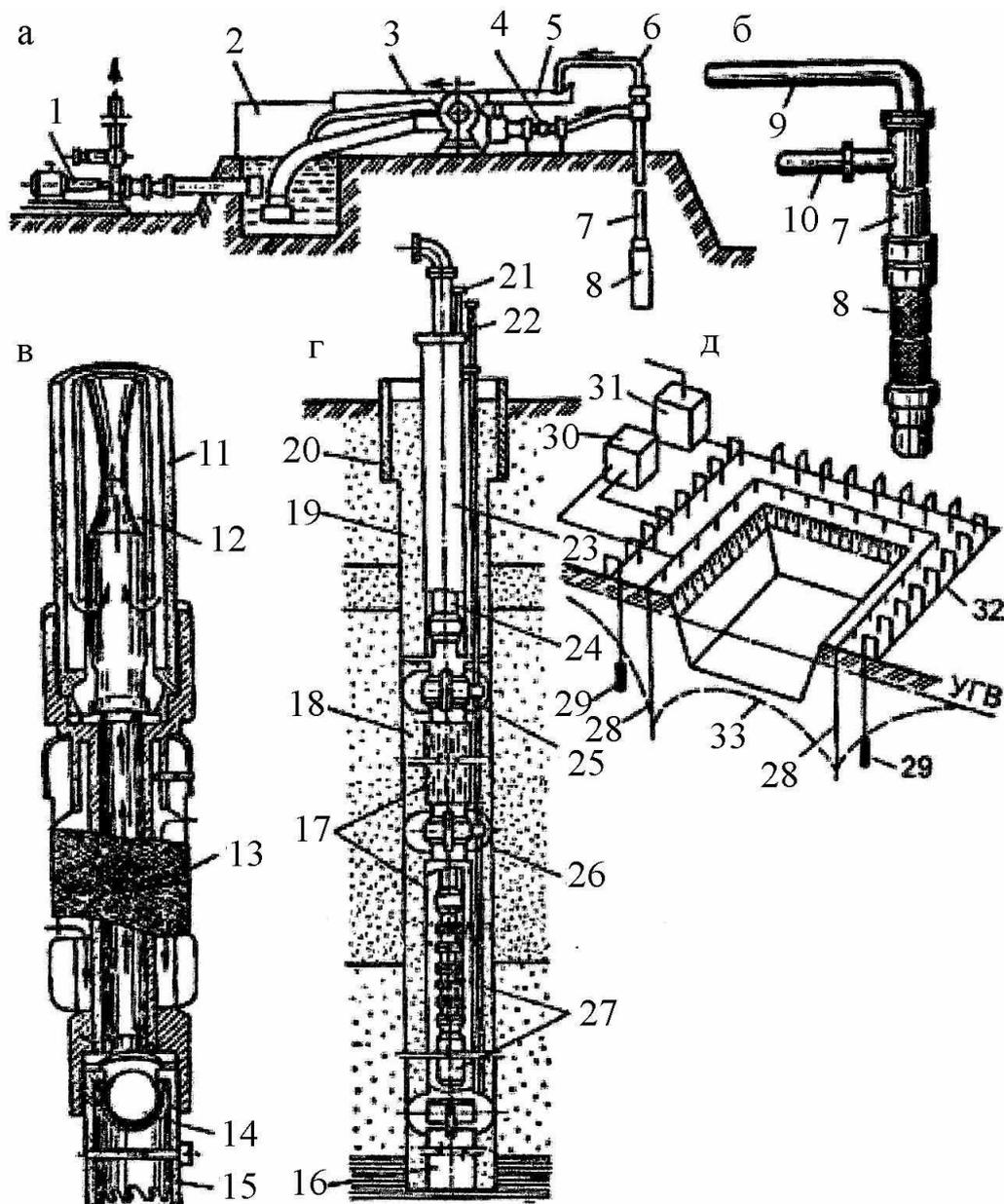


Рис.2.6.4. Водопонижение эжекторными иглофильтрами, водопонижительными скважинами и электроосмотическим способом

а – эжекторная иглофильтровая установка; б – эжекторный иглофильтр; в – его фильтровое звено; г – открытая водопонижительная скважина; д – схема электроосмотического водопонижения; 1 – низконапорный насос; 2 – циркуляционный резервуар; 3 – высоконапорный насос; 4 – распределительный трубопровод; 5 – сливной лоток; 6 – трубопровод; 7 – эжекторный иглофильтр; 8 – водоприемное фильтровое звено; 9 – водоотводящая труба; 10 – труба от насоса; 11 – наружная труба; 12 – диффузор с насадкой; 13 – сетка; 14 – шаровый клапан; 15 – наконечник с зубчатой коронкой; 16 – отстойник; 17 – просеченный лист; 18 – песчано-гравийная обсыпка; 19 – местный песчаный грунт; 20 – кондуктор; 21 – пьезометр для замера уровня воды в скважине; 22 – то же, в обсыпке; 23 – надфильтровая труба; 24 – водоподъемные трубы; 25 – направляющие фонари; 26 – муфта; 27 – насосный агрегат; 28 – трубы-аноды; 29 – иглофильтры-катоды; 30 – двигатель-генератор; 31 – насосный агрегат; 32 – всасывающий коллектор; 33 – пониженный уровень грунтовых вод

Рабочая вода поступает в кольцевой зазор между внутренней и наружной колонной труб иглофильтра и далее к входному окну эжектора 12, состоящего из насадки, камеры смещения, горловины и диффузора. Рабочая вода, выходя из насадки с большой скоростью, вследствие внезапного расширения струи создает разрежение и подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду, смешиваясь с ней, и подает ее вверх. Как видно из схемы эжекторной установки (рис. 2.6.4, а), вода, выбрасываемая из иглофильтров, поступает в лоток и затем сливается в циркуляционный резервуар, откуда часть воды вновь засасывается насосом, а остальная часть сбрасывается за пределы строительной площадки.

Эжекторный иглофильтр (рис. 2.6.4, б) состоит из надфильтровых труб диаметром 2,5 (ЭИ-2,5) или 4 дюйма (ЭИ-4), фильтрового звена (рис. 2.6.4, в), из внутренних колонн водоподъемных труб, к нижнему концу которых прикреплен эжекторный водоподъемник. Производительность эжекторных иглофильтров ЭИ-2,5 и ЭИ-4 при напоре рабочей воды 0,6-1 МПа составляет соответственно 0,1-1,8 и 2,9-5,1 л/с.

Погружают эжекторные иглофильтры, так же как и легкие, гидравлическим способом. Расстояние между иглофильтрами определяется расчетом, но в среднем оно равно 5-15 м.

Выбор оборудования иглофильтровых установок, а также типа и числа насосных агрегатов производят в зависимости от величины ожидаемого притока грунтовых вод Q и требований ограничения длины коллектора, обслуживаемого одним насосом.

Электроосмотическое водопонижение, или электроосушение, основано на использовании в целях усиления эффекта водоотдачи явления электроосмоса, т.е. способности воды двигаться под воздействием поля постоянного тока в порах грунта от анода к катоду. Его используют в слабопроницаемых (глинистых, илистых, суглинистых) грунтах, имеющих коэффициенты фильтрации менее 1 м/сут. при ширине котлована до 40 м. при этом вначале по периметру котлована на расстоянии 1,5 м от его бровки и с шагом 0,75-1,5 м погружают иглофильтры-катоды соединенные с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а затем с внутренней стороны контура этих иглофильтров на расстоянии 0,8 м от них с таким же шагом, но со смещением, т.е. в шахматном порядке, погружают стальные трубы или стержни-аноды, соединенные с положительным полюсом (рис. 2.6.4, д). причем и иглофильтры, и трубы (стержни) погружают на 3 м ниже необходимого уровня водопонижения. Рабочее напряжение системы, исходя из требований техники электробезопасности, не должно превышать 40-60 В. При пропускании постоянного тока вода, заключенная в порах грунта, передвигается от анода к катоду, благодаря чему коэффициент фильтрации его возрастает в 5-25 раз, а уровень напора в массиве грунта снижается, что в целом значительно повышает эффективность работы иглофильтровой установки. Котлованы начинают разрабатывать обычно через трое суток после включения системы электроосушения, а в дальнейшем работы в котловане можно вести при работе этой системы.

Открытые (соединяющиеся с атмосферой) водопонижительные скважины, оборудованные насосами, применяют в тех случаях, когда требуются большие глубины понижения УГВ, а также когда использование иглофильтров затруднительно из-за больших притоков, необходимости осушения больших площадей и стесненности территории. Основным конструктивным элементом скважины-колодца является фильтровая колонна (рис. 2.6.4, г), состоящая из фильтра, отстойника, надфильтровых труб, внутри которых размещен насос. Для откачки воды из скважин применяют артезианские турбинные насосы типа АТН, а также глубинные насосы погружного типа (с погружным электродвигателем).

Вакуумный способ водопонижения, при котором в зоне иглофильтра создается устойчивый вакуум, применяют для осушения мелкозернистых грунтов (пылеватых и глинистых песков, супесей, легких суглинков, илов, лессов), имеющих малые коэффициенты фильтрации (0,01-3 м/сут.). При необходимости понижения УГВ до 7 м применяют установки вакуумного водопонижения типа УВВ с легкими иглофильтрами, снабженными воздушными трубками, а при глубине понижения до 10-12 м - эжекторными иглофильтрами с обсыпкой. Эжекторные вакуумные водопонижительные установки типа ЭВВУ с вакуумными концентрическими скважинами позволяют достигать понижения уровня грунтовых вод до 20-22 м.

В установках УВВ для создания во всасывающем коллекторе устойчивого вакуума применяются водовоздушный эжектор, а для откачки воды - водоводяной эжектор. Они питаются рабочей водой, поступающей от центробежного насоса.

2.7. Мелиорация в гидротехническом строительстве. Земли водного фонда. Учет возможных последствий подтопления территорий при проектировании гидротехнических сооружений. Устройство дренажей гидротехнических сооружений

Земли водного фонда- по земельному праву РФ земли, занятые водными объектами, земли водоохраных зон водных объектов, а также земли, выделяемые для установления полос отвода и зон охраны водозаборов, гидротехнических сооружений и иных водохозяйственных сооружений, объектов. Согласно ст.102 Земельного кодекса РФ земли водного фонда могут использоваться для строительства и эксплуатации сооружений, обеспечивающих удовлетворение потребностей населения в питьевой воде, бытовых, оздоровительных и других потребностей населения, а также для водохозяйственных, сельскохозяйственных, природоохраных, промышленных, рыбохозяйственных, энергетических, транспортных и иных государственных или муниципальных нужд при соблюдении установленных требований. Для охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения устанавливаются зоны охраны, в пределах которых вводится особый правовой режим использования земель.

Учет возможных последствий подтопления территорий при проектировании гидротехнических сооружений

Строительство подпорных гидротехнических сооружений на реках, когда подземные воды гидравлически связаны с верхним бьефом до или после возведения, приводит к подпору и повышению уровня подземных вод на прилегающей к реке территории.

Устройство судоходных, оросительных и сбросных каналов вследствие фильтрации воды из них также может вызвать повышение уровня подземных вод и подтопление прилегающих к каналам промышленных площадок и городов.

Некоторые причины подтопления территорий, связанные со строительством гидротехнических сооружений, показаны на рис.2.7.1.

В действительности подтопление территорий в связи со строительством гидротехнических сооружений встречается сравнительно редко, так как обычно одновременно с их осуществлением проводятся мероприятия по защите территорий от подтопления.

Так, например, в связи со строительством водохранилища оказалась подтопленной выбранная для застройки площадка крупного предприятия текстильной промышленности. Площадка располагается на террасе реки в 800 м от ее уреза. Терраса сложена песками, пылеватыми в верхней части, крупными и гравелистыми внизу, мощностью до 10-12 м. Подземные воды до подпора залегали на глубине 2-3 м от поверхности земли и были гидравлически связаны с рекой. После наполнения водохранилища их уровень на площадке повысился на 1,2- 1,5 м и в пониженных местах образовались заболоченности. Таким образом, площадка оказалась подтопленной, и, прежде чем приступить к строительству, пришлось устроить дренаж.

В непосредственной близости от описанной площадки находится действующий завод резиновой промышленности; на его территории до создания подпора был построен канализационный коллектор, уложенный в сухих грунтах; стыки его, как оказалось, заделывались не достаточно тщательно. Через 4 года, в результате подпора и повышения уровня подземных вод на 2,5-3 м против его естественного положения произошло подтопление коллектора, который превратился в интенсивно работающую дренаж, что повлекло за собой вынос в коллектор мелких частиц грунта и привело к просадкам и разрушению коллектора.

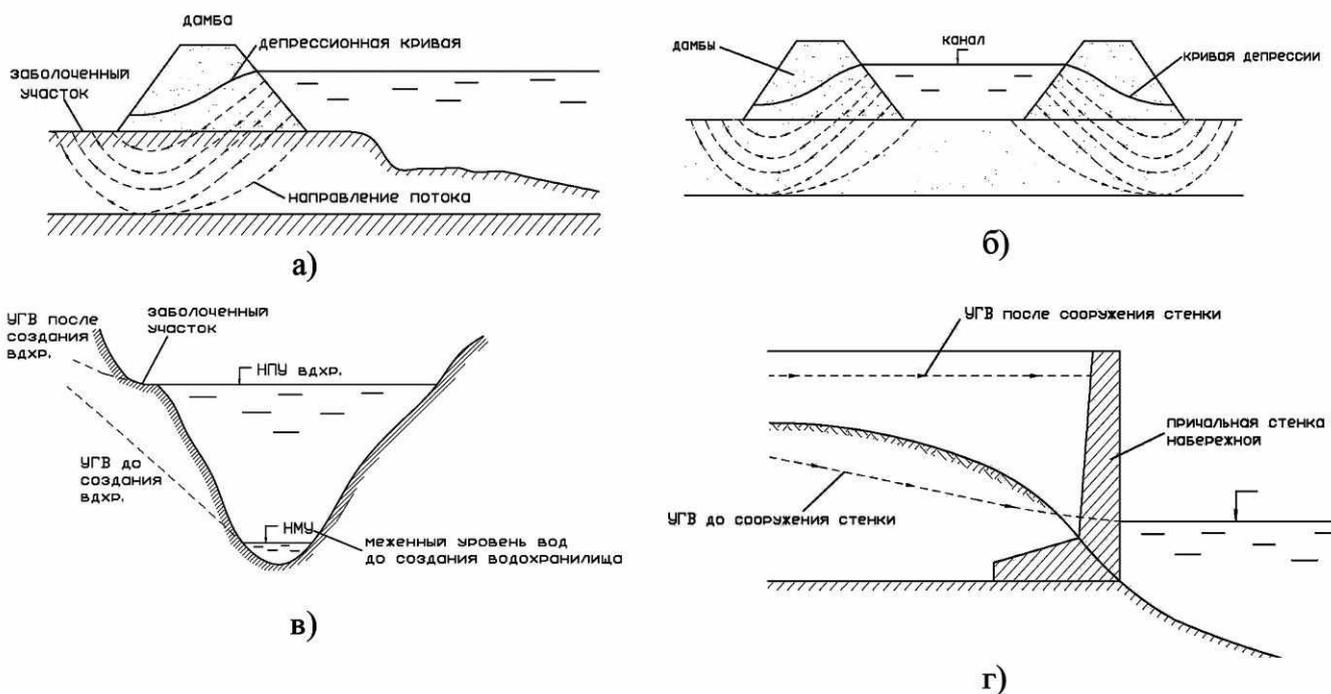


Рис.2.7.1. Причины подтопления территорий, связанные со строительством гидротехнических сооружений

а - при защите территории от затопления обвалованием б - устройство канала в насыпи; в - следствие сооружения водохранилища; г - создание искусственного препятствия на пути естественного дренажа вследствие ошибок в проектировании отдельных сооружений, например, возведение причальной стенки без надлежащего отвода воды из пазухи

Примером предотвращения подтопления территории при подпоре воды в реке является глубокий дренаж в одном из городов. В связи с намечавшимся повышением горизонта воды в реке в ее прибрежной части должно было произойти повышение уровня подземных вод на 3 м и подтопление города на площади около 500 га. Такое подтопление угрожало нормальной деятельности многих предприятий и жилых кварталов города. Для защиты территории вдоль реки на протяжении около 4 км был построен дренаж, обеспечивающий и в настоящее время, т. е. после создания подпора, сохранение естественного уровня подземных вод.

Помимо защиты от подтопления территории в целом, применяется также местное ограждение отдельных сооружений. В частности, это было применено, например, для одного из крупных жилых зданий того же города. Подвалам здания угрожала опасность подтопления в связи с поднятием горизонта воды в реке. В данном случае был осуществлен кольцевой защитный дренаж.

Приведем еще один пример защиты от подтопления территории при подпоре воды в реке. Часть города, которой угрожало подтопление, расположена на пойменной террасе, которая сложена аллювиальными глинистыми песками с коэффициентом фильтрации 1,0-1,5 м/сут. с линзами галечника и суглинков. Расчеты подпертого уровня подземных вод показали, что подпор распространится вглубь берега на 1 км, а уровень повысится в среднем на 2 м (рис.2.7.2). В результате многие подвальные помещения и городские подземные коммуникации должны были оказаться подтопленными. Устройство защитного берегового дренажа полностью обезопасило территорию – уровень подземных вод был снижен на 0,8-1,0 м ниже первоначального уровня, наблюдавшегося при образовании водохранилища.

При эксплуатации гидротехнических сооружений может возникнуть необходимость понижения уровня грунтовых вод вследствие недоучета геологических условий при проектировании сооружений или при ошибках, допущенных при строительстве.

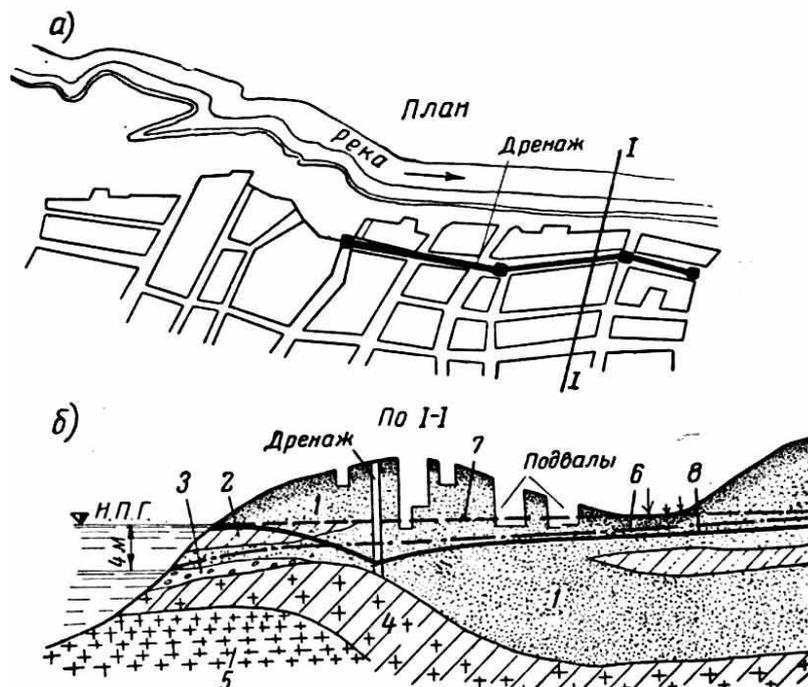


Рис. 2.7.2. Подтопление городской территории в связи со строительством плотины
1 - глинистые пески; 2-суглинки; 3 - галечники; 4- глинистая кора выветривания скальных пород; 5- скальные породы; 6 - первоначальный уровень подземных вод, 7-подпертый уровень (по расчетам); 8- пониженный уровень при работе дренажа

Рассмотрим случай понижения уровня грунтовых вод, необходимость которого возникла при эксплуатации одного из шлюзов (рис. 2.7.3).

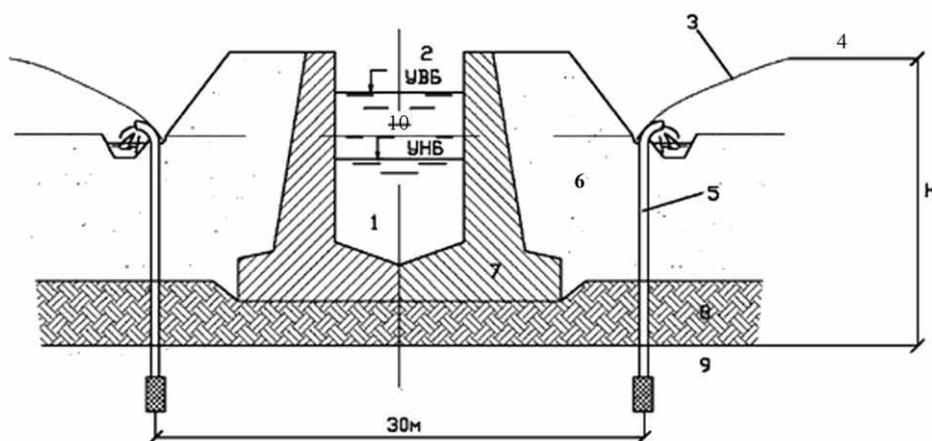


Рис.2.7.3. Схема водопонижения в районе шлюза

- 1 - камера шлюза; 2 - уровень воды верхнего бьефа; 3 - напорный уровень в подстилающем пласте; 4 - напор воды в пласте вне зоны влияния разгрузочных скважин; 5- разгрузочные скважины; 6 - засыпка песчаным грунтом; 7- стены и днище шлюза; 8 - прослойка суглинков; 9 - напорный водонесный песчаный слой; 10 - уровень воды нижнего бьефа

Непосредственно под основанием шлюза залегают мягкопластичные суглинки с линзами супесей и мелкозернистых песков, мощность слоя которых составляет 1,5 - 4,0 м. Они сильно

насыщены водой и очень подвижны. Слой суглинков подстилается песками, в которых имеются напорные грунтовые воды, причем напорный уровень грунтовых вод достигал 11,0 м над основанием камеры шлюза, вследствие большого напора произошел прорыв противодиффузионной шпонки между полусекциями камеры и началось интенсивное поступление воды и увлечение ею грунта из-под основания камеры внутрь ее, что привело к образованию каверн в основании, резко увеличению осадок камеры и перекосу ее.

Для нормализации работы сооружения были приняты меры к понижению уровня грунтовых вод с помощью вертикальных колодцев за счет принудительной откачки, произведено нагнетание цемента под основание и осуществлен ремонт шпонки.

Кроме того, было принято решение осуществлять постоянную разгрузку имеющегося напора на слой суглинков в основании шлюза путем устройства самоизливающихся разгрузочных скважин, расположение которых показано на Рис.2.7.3. Расстояние между скважинами вдоль оси шлюза было принято около 30 м. Устройство скважин обеспечило снижение напорного уровня грунтовых вод почти до уровня нижнего бьефа и нормальную эксплуатацию сооружения.

Устройство дренажей гидротехнических сооружений

Одним из необходимых элементов гидротехнических сооружений, которые разрабатываются при проектировании, является противодиффузионная защита.

Противодиффузионные элементы *земляной или каменно-набросной плотины* чаще всего устраивают для регулирования положения кривой депрессии в теле земляной плотины, для организованного сбора и отвода диффузионных вод и для предотвращения возникновения диффузионных деформаций. В каменно-земляных плотинах роль дренажного устройства выполняет низовая упорная призма.

Дренаж подошвы и основания земляной плотины устраивают для снижения порового давления в основании и для выпуска напорных вод из водопроницаемого слоя основания, прикрытого сверху слоем водупорного грунта.

Классификация дренажей. Дренажное устройство обычно состоит из двух частей: отводящего устройства и фильтра (в большинстве случаев двух- или трехслойного). Многослойный фильтр в литературе очень часто называют обратным фильтром или переходной зоной. Термин «переходная зона» чаще относится к фильтрам в каменно-земляных плотинах. Дренажные устройства по своей конструкции разделяют на три типа (Рис. 2.7.4): наружные (тип I), внутренние (тип II), комбинированные (тип III).

Наружный дренаж в земляных плотинах

Наружный, или *наклонный*, дренаж не имеет разновидностей. Самостоятельно его применяют сравнительно редко, но часто в сочетании с внутренними дренажами, образуя комбинированные дренажи. Название этого типа дренажа говорит о том, что он находится за пределами основного профиля плотины и не создает укороченного пути фильтрации, поэтому он не может влиять на положение поверхности депрессии.

Чаще всего наклонный дренаж применяют на участках земляных плотин, перекрывающих периодически затапливаемую пойму. Толщину наклонного дренажа (вместе с фильтром) в глинистых плотинах назначают несколько больше глубины промерзания, чтобы защитить низовой откос плотины. Верхняя отметка наклонного дренажа назначается из условия защиты от промерзания откоса при наивысшем положении кривой депрессии вместе с учетом капиллярного подъема. С другой стороны, верхняя отметка наклонного дренажа должна быть выше самого высокого положения горизонта воды в нижнем бьефе с учетом нагона и наката волн.

Наслонный дренаж выполняется из достаточно однородного камня, чем обеспечивается очень высокий коэффициент фильтрации. Крупность камня (D_k) определяется из условия устойчивости при действии волн со стороны нижнего бьефа. Выше максимального уровня воды в нижнем бьефе в наклонный дренаж могут укладываться гравий или щебень.

Если защиты откоса от промерзания не требуется, толщину дренажа без фильтра назначают не менее $3D_k$.

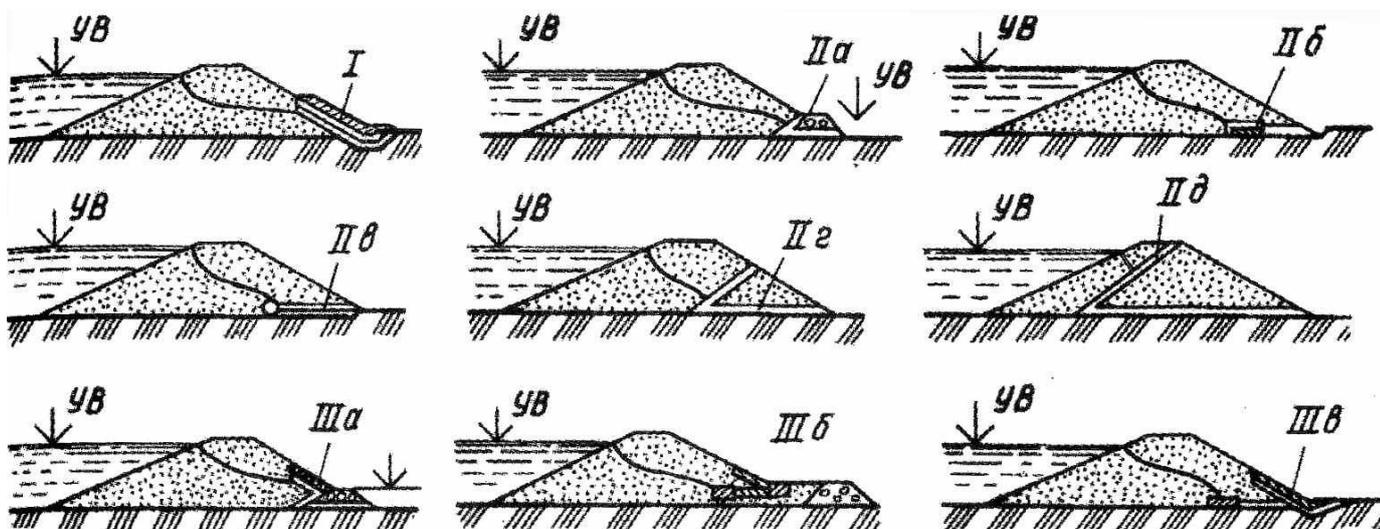


Рис. 2.7.4. Типы дренажных устройств:

I - наружный дренаж; II, а - дренажная призма; II, б - плоский горизонтальный дренаж и дренажная лента; II, в - трубчатый дренаж; II, г и II, д - плоский горизонтальный дренаж в сочетании с наклонными дренажными лентами; III, а, б, в - типы комбинированного дренажа

Применение внутренних дренажей в земляных плотинах

Все внутренние и комбинированные дренажи создают кратчайший путь фильтрации. В этом состоит их основное назначение - регулирование положения кривой депрессии. Чем больше приближен дренаж к верхнему бьефу, тем более понижено положение кривой депрессии. Учитывая, что в большинстве случаев фильтрационный расход в силу малости ничем не ограничивается, дренаж можно было бы расположить очень близко к напорному откосу. Однако при этом его стоимость будет расти. Повышенная стоимость дренажа складывается из стоимости получения однородного (или близкого к однородному) камня и фильтра. В результате экономия, которая может быть достигнута за счет устройства более крутого низового откоса при заглублении кривой депрессии, окажется меньше стоимости дренажа. Таким образом, оптимальное решение может быть получено в результате технико-экономического сопоставления вариантов плотин с различным заглублением дренажей в тело плотины.

Дренажная каменная призма (тип II, а) устраивается обычно на русловых участках плотины при ее возведении без перемычек и при перекрытии реки отсыпкой камня в воду. При наличии в большом количестве дешевого камня она может применяться и на других участках плотины.

Плоский горизонтальный дренаж (тип II, б), трубчатый дренаж (тип II, в) (пример трубчатого придамбового дренажа приведен на рис. 2.7.5), плоский горизонтальный дренаж или ленточный дренаж в сочетании с наклонными дренажными лентами (тип II, г) используются на пойменных участках плотин на незатопляемых отметках. Большое распространение получил трубчатый дренаж. Если его выполнять из пористого бетона, то отпадает необходимость в укладке фильтра. Если используются перфорированные трубы, то необходима укладка фильтра.

Ленточный дренаж часто используют для дренирования тела упорных призм каменно-земляных и каменных плотин. Такая необходимость возникает при использовании для тела призм полускальных, сильно заглинизированных или слабых выветрелых пород, которые при уплотнении разрушаются, или когда процесс выветривания может продолжаться в теле насыпи.

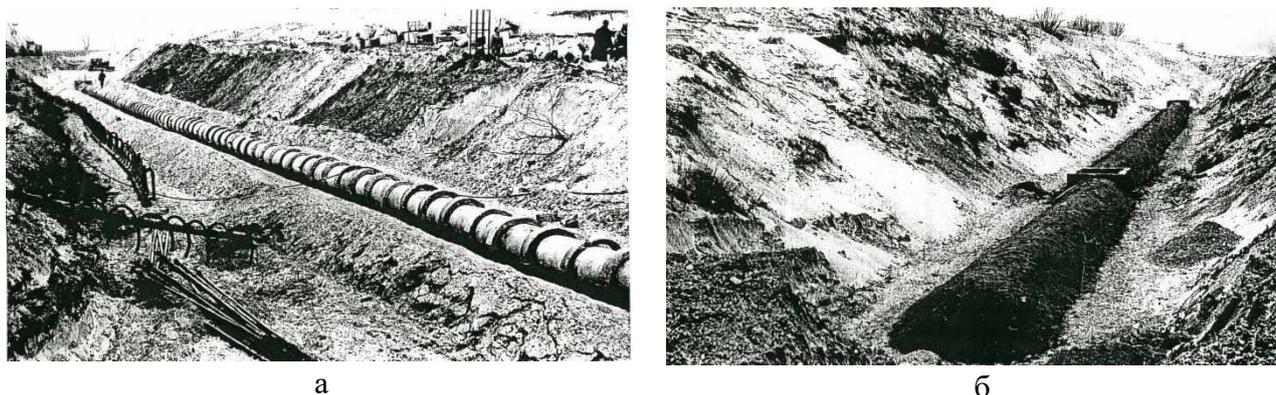
В этом случае проницаемость пород становится малой. Иногда дренаж устраивается и в теле упорных призм, и в основании. Дренажи типа II, д применяют в однородных плотинах из глинистых грунтов для полного перехвата фильтрационного потока. Дренажные сооружения такого типа дороги и могут применяться, когда на месте строительства в достаточном количестве имеется песок, который является основным материалом для такого типа дренажа.

Комбинированные дренажи применяют при необходимости защиты низового откоса от волнового воздействия со стороны нижнего бьефа. Дренажное устройство типа III, б используется довольно часто в намывных земляных плотинах и выполняется после возведения плотины, чтобы не замыть песком (закольматировать) дренаж во время строительства.

Трубчатый горизонтальный дренаж в сочетании с вертикальным трубчатым дренажем обычно применяется в земляных плотинах для снятия напора в основании, когда более проницаемый слой основания прикрыт сверху менее проницаемым грунтом или когда возникает необходимость понизить выходные градиенты при выходе потока в непосредственной близости от подошвы плотины.

Гранулометрический состав фильтров и переходных зон. Подбор состава фильтров и переходных зон выполняется из условия отсутствия суффозии, контактного размыва и контактного выпора. Следует отметить, что суффозия рассматривается в случае защиты песчаного или другого сыпучего грунта. Она учитывается при подборе первого слоя фильтра в однородной песчаной плотине или второго и третьего слоев фильтров и переходных зон во всех других плотинах.

Толщина фильтров дренажных сооружений назначается из условия производства работ не менее 0,15 м и не менее $3D'_{90}$, где D'_{90} - диаметр 90%-ной обеспеченности i -го слоя фильтра, но эти рекомендации не относятся к переходным зонам каменно-земляных плотин.



а

б

Рис.2.7.5. Придамбовый дренаж на Каневской ГЭС в период строительства (из материалов проф. В.Н.Жиленкова)

а - трубчатый дренаж до укладки обратного фильтра; б – после формирования обратного фильтра

Проектирование противофильтрационных элементов набережных

Назначение противофильтрационных элементов (дренажа) набережных - снижение или устранение гидростатического напора грунтовой воды на набережные.

Для различных типов набережных существуют свои наиболее эффективные конструкции дренажей. Так, для бьефов рекомендуется вертикальный пристенный дренаж, представляющий собой дрены с тыловой стороны стен на стыках железобетонного шпунта или в корытных выемках металлического шпунта. Во втором случае грунтовая вода выпускается через отверстия в боковых стенках шпунтин. Диаметр отверстий 20 мм; шаг по высоте стенки 100 мм. Иногда достаточно пристенного дренажа с расстоянием между трапециевидными призмами около 6 м. При этом грунтовая вода выпускается с помощью перфорированных труб или через отверстия в стене.

Для гравитационных набережных уголкового типа из железобетонных элементов наилучшим является горизонтальный пластовый дренаж с выпускными отверстиями в лицевых панелях.

Для остальных типов гравитационных стенок целесообразно устройство горизонтального дренажа с выпусками на стыках секций.

При устройстве набережных применяют пластовый дренаж, представляющий собой сплошную засыпку из фильтрующего материала, уложенного за стенкой набережной. Такой дренаж называют застенным. Его укладывают без трубы при небольшой длине подпорной стенки. При значительной длине целесообразно переходить на трубчатый дренаж с фильтрующими слоями. Подобные конструкции применяют при устройстве застенного дренажа набережных стенок (Рис.2.7.6) с выпуском дренажных вод в теле набережной.

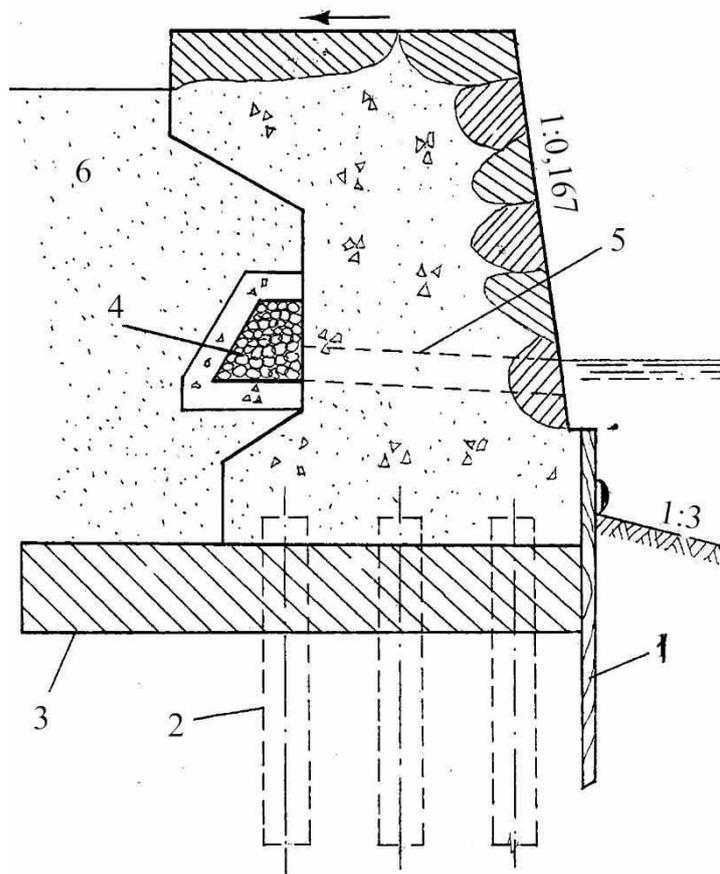


Рис.2.7.6. Схема застенного дренажа городской набережной.

1 – шпунт; 2 – сваи; 3 – бутовое основание; 4 – дренаж; 5 – перепускная труба; 6 – обратная засыпка.

При проектировании гидротехнических сооружений рассматриваются несколько вариантов проектирования дренажных устройств. Затем, на основе анализа технико-экономических расчетов выбирается оптимальный вариант. Так, например, при проектировании сухого дока в г. Владивостоке были рассмотрены два варианта противофильтрационных устройств (рис.2.7.7 и 2.7.8). Расчеты выполнялись с использованием программного комплекса PlaxFlow. В результате было принято решение устройства гидроизоляции, пластового дренажа в основании дока и противофильтрационной завесы из буронабивных свай (вариант 2). После принятия решения были рассмотрены четыре варианта его расположения, при сопоставлении которых была выбрана наиболее целесообразная конструкция.

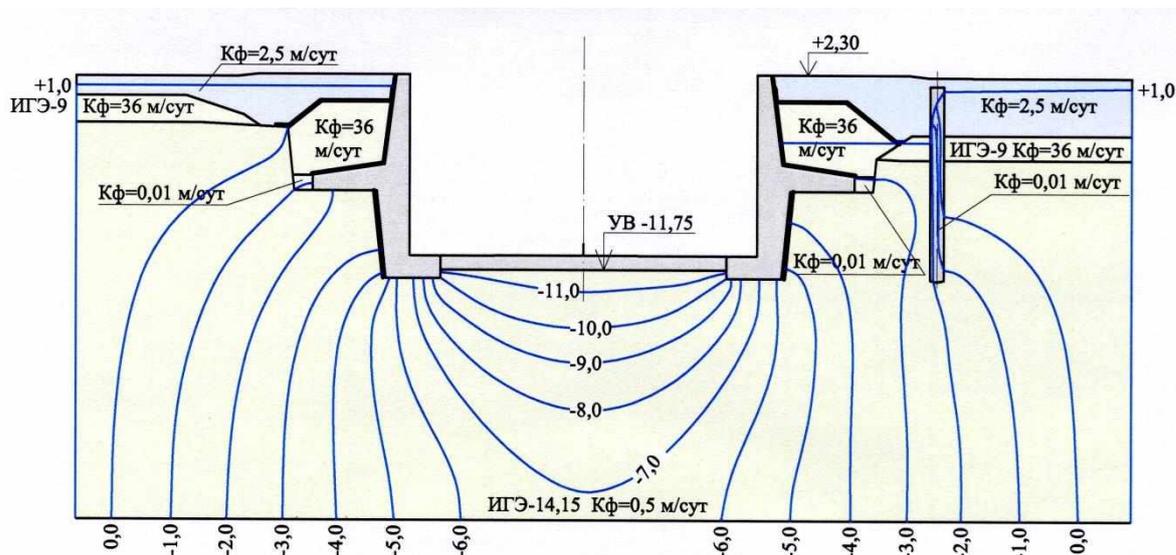


Рис. 2.7.7. Поверхность депрессии и линии равных пьезометрических напоров в эксплуатационный период при наличии гидроизоляции бетонной стенки, пластового дренажа в основании дока. (Вариант 1).

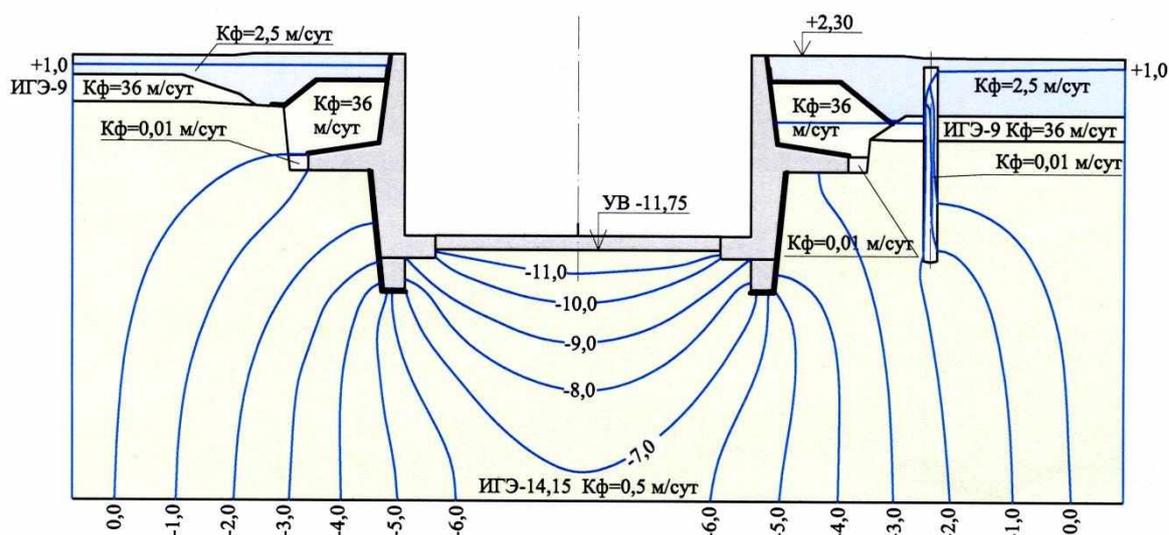


Рис. 2.7.8. Поверхность депрессии и линии пьезометрических напоров в основании сухого дока в эксплуатационный период при наличии гидроизоляции, пластового дренажа в основании дока и противофильтрационной завесы из буронабивных свай. (Вариант 2).

2.8. Мелиорация земель промышленности. Мелиорация земель добывающей промышленности. Осушение болот с целью добычи торфа. Мелиорация земель обрабатывающей промышленности

Промышленность - это одна из областей природопользования, отрасль материального производства, создающая средства производства (группа А) и большую часть предметов потребления (группа Б). Промышленность принято делить на добывающую и обрабатывающую, а последнюю - на тяжелую и легкую.

Добывающая промышленность - это совокупность отраслей производства, занимающихся изъятием природного вещества в виде сырья и топлива из недр земли, из вод и лесов. К добывающей промышленности относятся добыча полезных ископаемых, энергетика, охота, рыболовство, заготовка древесины и др.

Обрабатывающая промышленность—это совокупность отраслей производства, занимающихся обработкой и переработкой продуктов, доставляемых добывающей промышленностью и сельским хозяйством, а также ремонтом промышленных изделий. К обрабатывающей промышленности относится и промышленность строительных материалов, получаемых из природного сырья.

Мелиорация земель добывающей промышленности

При добыче полезных ископаемых защитные мероприятия проводят с целью безопасного выполнения горных работ и эксплуатации месторождений. Эти мероприятия в основном включают защиту горных выработок от поверхностных и подземных вод применением водопонижения, водоотлива, регулирования поверхностного стока при открытой (карьеры) и подземной (шахты); разработках месторождений твердых полезных ископаемых.

Различают

- *предварительное осушение*, выполняемое как временное мероприятие в период разработки карьеров и шахт,
- *постоянное осушение*, которое проводят одновременно с эксплуатацией месторождения.

При инженерной защите горных выработок от поверхностных вод необходимо соблюдать следующие требования:

- предотвращать приток воды в выработки, нарушающий условия нормальной разработки месторождения;
- предупреждать прорывы воды в выработки;
- препятствовать опасному разрушению водой горных пород, окружающих выработки;
- обеспечивать организованный отвод поверхностных и подземных (рудничных) вод к местам их сброса;
- не допускать угрожающего водоснабжению истощения ресурсов подземных вод и их загрязнения, опасных деформаций пород в результате понижения уровней подземных вод;
- предусматривать мероприятия по охране окружающей среды.

Системы защитных мероприятий и конструкции защитных сооружений должны быть увязаны со способами разработки месторождений и их развитием.

В проектах защиты открытых горных выработок предусматривают:

- мероприятия и сооружения для регулирования поверхностного стока на территории, прилегающей к карьеру;
- для сокращения притока подземных вод в карьер (кольцевые или линейные внешние водопонижительные системы или противодиффузионные завесы);
- внутрикарьерные мероприятия и устройства, рассчитанные на приток подземных вод, поступающих в карьер, и на сток собирающихся в нем поверхностных вод (водостоки, карьерные водосборники, водоотливные установки, дренажи, иглофильтровые водопонижительные установки);
- насосные станции для откачки воды.

В проектах защиты подземных выработок предусматривают:

- мероприятия и сооружения по регулированию поверхностного стока;
- подземный дренаж, в качестве которого используют сами подземные выработки (штреки) с устройством в них дренажных канавок;
- вертикальные, горизонтальные и наклонные самоизливающиеся скважины, забуриваемые из самих выработок;
- специальные дренажные выработки (галерейные дренажи) ниже основных рабочих уровней при значительном притоке воды из водоносной толщи;
- противодиффузионные завесы;
- скважины с насосами, находящимися на поверхности;
- насосные станции для откачки воды.

Для регулирования поверхностного стока при защите горных выработок в зависимости от местных условий можно предусматривать нагорные каналы, ограждающие дамбы, водостоки и водосборники, спрямление или отвод рек в новое русло.

Осушение болот с целью добычи торфа

Торф используют как топливо, сырье для химической промышленности, в сельском хозяйстве, в медицине.

Основной способ добычи торфа - фрезерование. Технологический цикл добычи торфа включает три стадии: раздробление фрезой поверхности торфяной залежи для получения крошки размером 10...25 мм; сушку торфяной крошки на поверхности залежи; уборку высушенной торфяной крошки в штабеля.

Технология добычи торфа требует наименьшей влажности верхних слоев залежи. Нормальной средней влажностью фрезеруемого слоя залежи считают влажность 75...80 % объема.

Регулирующая осушительная сеть может быть представлена открытыми картовыми каналами или закрытым дренажем. Если торфяная залежь подстилается хорошо водопроницаемыми песчаными грунтами, то ее осушают редкими глубокими каналами, врезанными в подстилаемый грунт.

Проводящая сеть состоит из валовых и магистральных каналов (рис. 2.8.1). Оградительную сеть проектируют в виде нагорных, ловчих или нагорно-ловчих каналов. Магистральный канал прокладывают по наикратчайшему направлению к водоприемнику, по тальвегу минерального дна болота. На болоте может быть и несколько магистральных каналов.

Глубину каналов принимают с учетом эксплуатационной глубины и осадки торфа.

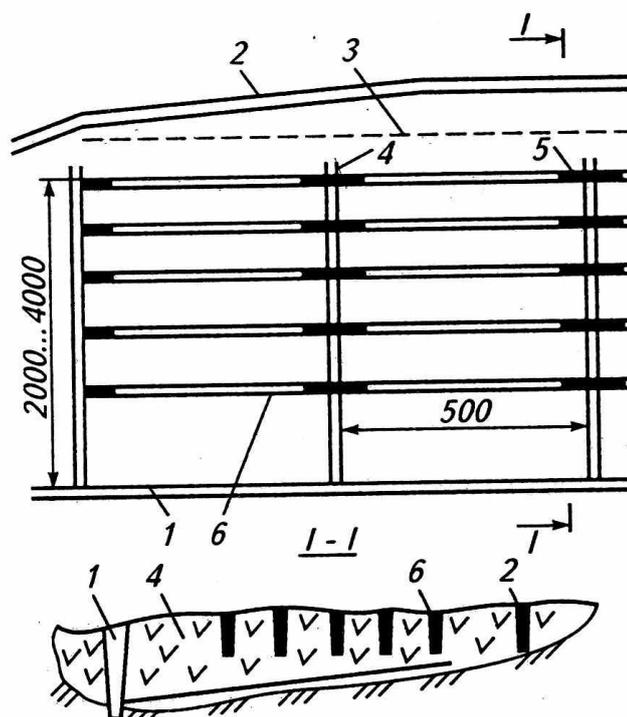


Рис. 2.8.1. Осушение для добычи торфа(размеры в м):

1- магистральный канал; 2 – нагорный канал; 3- узкоколейная железная дорога; 4 - валовый или карьерный канал, 5 - трубоперезеды; 6 - картовые каналы

Для картовых каналов эксплуатационная глубина составляет 1,7...1,8м, валовых -не менее 2,5, нагорных - не менее 0,8 м. Ширина проводящих каналов по дну не менее 0,5 м, картовых- 0,2...0,3 м. Коэффициенты заложения откосов проводящих каналов назначают от 0,5 до 1,5 в зависимости от степени разложения торфа, а картовых- 0,25...0,35.

Картовые каналы прокладывают перпендикулярно валовым, а длиной более 500 м соединяют с валовыми каналами с обеих сторон. При меньшей длине воду из картовых каналов можно сбрасывать в одну сторону.

На объектах торфодобычи обязательно предусматривают противопожарные мероприятия: строительство водоемов, шлюзование каналов, углубление валовых каналов для противопожарных запасов воды, создание противопожарных зон.

Болота после добычи торфа можно использовать как сельскохозяйственные угодья или залесить. Для этого оставляют слой торфа 0,5 м и проводят рекультивацию торфяной залежи. Обязательно предусматривают противопожарные мероприятия: просеки, подъездные дороги, водоемы, возможность затопления мест возгорания и др.

Мелиорация земель обрабатывающей промышленности

Предприятия обрабатывающей промышленности, как правило, располагают в населенных пунктах для обеспечения предприятий рабочей силой и для профессиональной занятости населения. В зависимости от санитарной опасности производства промышленные предприятия могут находиться в удалении от селитебных территорий, около границ селитебной территории, в пределах селитебной территории.

В соответствии со СНиП 2.06.15-85 [42] норма осушения для территорий городских промышленных зон составляет 5 м. Уровни грунтовых вод должны располагаться не менее чем на 0,5 м ниже подошвы фундаментов зданий, подвалов и заглубленных сооружений. При отсутствии таких условий необходима инженерная защита территорий.

Наиболее распространенные причины переувлажнения земель обрабатывающей промышленности:

- естественные: превышение атмосферных осадков над испарением; приток поверхностных, грунтовых или грунтово-напорных вод со стороны;
- искусственные (техногенные): утечки из водонесущих коммуникаций, цехов, резервуаров, очистных сооружений; уменьшение испарения за счет устройства непроницаемых покрытий; конденсация водяных паров под основаниями сооружений; ухудшение естественного стока атмосферных осадков из-за строительства сооружений; затопление или подтопление водами водохранилищ.

На этих землях применяют те же методы мелиорации, что и на землях населенных пунктов:

- ускорение поверхностного стока;
- ограждение территории от притока поверхностных, грунтовых и грунтово-напорных вод; защита территорий от затопления водами рек и водохранилищ;
- понижение и регулирование уровней грунтовых вод.

Технически это мероприятия по регулированию и отводу поверхностного стока (водосточная сеть, нагорные каналы); головные и береговые дренажи для перехвата грунтовых вод со стороны; обвалование территории; дренажные системы и отдельные дренажи. Кроме того, применяют повышение отметок территории, устройство гидроизоляции, устранение утечек из водонесущих коммуникаций.

Для локальной защиты сооружений и предприятий обрабатывающей промышленности применяют кольцевые (контурные), пристенные и пластовые дренажи, а также систематический дренаж.

2.9. Мелиорация земель транспорта. Дренаж автомобильных дорог. Водоотвод и дренаж на аэродромах. Осушение территории порта

Землями транспорта называются земли, находящиеся в пользовании органов и предприятий автомобильного, железнодорожного, воздушного, морского, речного, трубопроводного транспорта.

К землям *железнодорожного транспорта* относятся земли, занятые железнодорожными путями сообщения и непосредственно примыкающими к ним строениями и сооружениями (железнодорожное полотно, мосты, тоннели, виадуки, сигнальное оборудование, служебно-технические здания и т.д.); железнодорожными подъездными путями, станциями со всеми зданиями, сооружениями.

К землям *морского транспорта* относятся земли, занятые морскими портами с набережными, площадями, причалами, вокзалами, зданиями, сооружениями и устройствами, объектами общепортового и комплексного обслуживания флота; гидротехническими сооружениями и средствами навигационной обстановки, судоремонтными заводами и предприятиями, мастерскими, базами, складами.

К землям *внутреннего водного транспорта* относятся земли, занятые портами, пристанями, специализированными причалами, гаванями и затонами со всеми техническими сооружениями и устройствами, обеспечивающими нужды внутреннего водного транспорта; зданиями, береговыми навигационными знаками и другими сооружениями для обслуживания водных путей.

К землям *автомобильного транспорта* (включая дорожное хозяйство) относятся земли, занятые автомобильными дорогами и непосредственно примыкающими к ним строениями и сооружениями (земляное полотно, мосты, сигнальное оборудование, служебно-технические здания и т.д.), водоотводными, защитными и другими искусственными сооружениями, площадками для стоянки и мойки подвижного состава, производственными зданиями, сооружениями, по обслуживанию дорожного хозяйства.

К землям *воздушного транспорта* относятся земли, занятые аэропортами, включая аэродромы, обособленные сооружения (объекты управления воздушным движением, радионавигации и посадки, очистные и другие сооружения), служебно-техническую территорию со всеми зданиями и сооружениями, обеспечивающими удовлетворение нужд воздушного транспорта; вертолетными станциями, включая вертодромы, служебно-техническую территорию со всеми зданиями и сооружениями.

К землям *трубопроводного транспорта* относятся земельные участки, занимаемые наземными и надземными магистральными трубопроводами и их сооружениями, а также наземными сооружениями подземных магистральных трубопроводов, включая запорную арматуру, переходы через естественные и искусственные препятствия, насосные станции, резервуарные парки, компрессорные и газораспределительные станции, станции (установки) охлаждения газа; станции подземного хранения газа и пр.

Рассмотрим некоторые особенности устройства мелиоративных мероприятий на землях транспорта.

Дренаж автомобильных дорог

На землях *автомобильного транспорта* основные задачи проектирования мелиоративных мероприятий связаны с устройством дренажей автомобильных дорог. Автомобильные дороги в зависимости от расчетной интенсивности движения и их народнохозяйственного и административного значения подразделяют на шесть категорий. Основные параметры поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог (ширина земляного полотна, проезжей части, обочины, число полос движения и др.) принимают в зависимости от их категории.

Проезжую часть проектируют с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках дорог всех категорий. На закруглениях в плане с радиусом менее 2000 м предусматривают устройство проезжей части с односкатным поперечным профилем. Поперечные уклоны проезжей части назначают в зависимости от числа полос движения и дорожно-климатической зоны - от 0,015 до 0,025.

Дорожное полотно в общем случае состоит из земляного полотна (в котором выделяют верхнюю часть полотна, основание насыпи); дорожной одежды, в которой выделяют покрытие, или верхнюю часть дорожной одежды, основание, дополнительные слои - дренирующие, тепло-

изолирующие и др.; устройства для поверхностного водоотвода; устройства для понижения и отвода грунтовых вод (дренаж).

На автомобильных дорогах должен быть обеспечен правильный отвод поверхностного стока. Плохо организованный водоотвод приводит к уменьшению прочности дорожного покрытия, нарушению нормальной эксплуатации дороги, к развитию эрозионной и оползневой деятельности на прилегающей территории и к загрязнению окружающей среды.

Схема водоотвода с поверхности покрытий автомобильных дорог зависит от ширины проезжей части и обочин. Так, для дорог 1-3-й категорий при значительной ширине проезжей части водоотвод можно обеспечить водоотводными лотками, расположенными вдоль кромок проезжей части, а также поперечными водосбросными лотками на откосах насыпей.

Для автомобильных дорог с разделительной полосой дополнительно требуется отвод воды с поверхности этой полосы и вывод за пределы земляного полотна. Сброс воды с разделительных полос выпуклого очертания обеспечивается продольными и поперечными уклонами. Для отвода воды с разделительных полос вогнутого очертания требуются укрепленные подводящие русла на разделительных полосах, дождеприемные колодцы, водосточные трубы под насыпью дороги и выводные устья.

Верхнюю часть земляного полотна осушают с помощью строительства дренирующих слоев из песка, укладываемых под дорожным покрытием. Дренирующие слои из песка одновременно предотвращают пучение грунтов дорожного полотна.

При близком залегании уровней грунтовых вод необходимо строительство дренажей для их понижения. Линии дренажа располагают вне дорожного полотна, под боковыми водоотводными канавами.

Для уменьшения глубины промерзания земляного полотна можно применять теплоизолирующие слои из торфо плит, пенобетона, керамзита, шлака и т. д.

В дорожном сопутствующем дренаже при наличии местных понижений проезжей части и в ряде других случаев укладывают поперечные дренажи (Рис.2.9.1) или сочетают их с продольными.

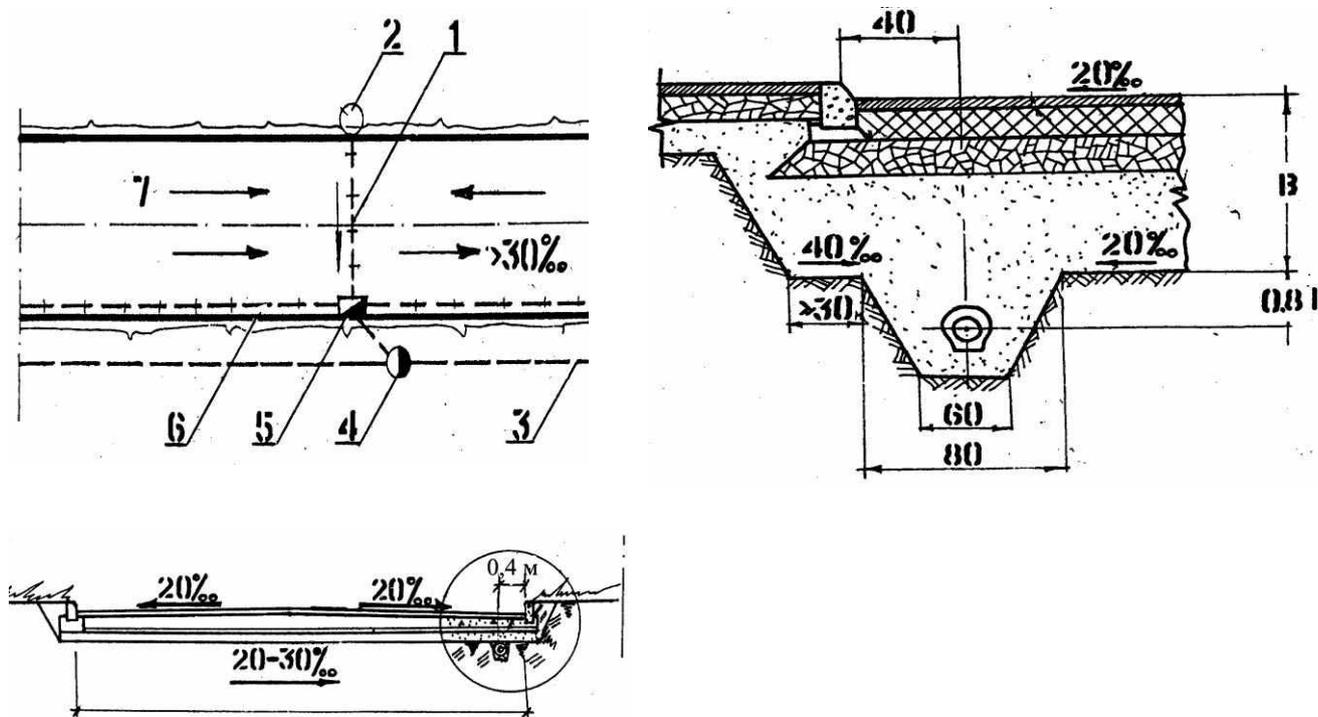


Рис.2.9.1. Схема размещения и конструкции сопутствующего дорожного дренажа
1 – поперечная дрена; 2 – колодец дренажный; 3 – водосток; 4 – смотровой колодец водостока;
5 – дождеприемный колодец; 6 – продольная дрена; 7 – уклон дороги

Продольные дренажи обычно укладывают с одной стороны проездов и с двух сторон проезжей части улиц. Такая ее конструкция при нарушении ее работы потребует вскрытия дорожных одежд или использования дорогостоящих технологий по замене сети без вскрытия одежды, что нежелательно. Определенные преимущества имеет беструбчатая конструкция (рис.2.9.2), эффективность применения которой обосновывают расчетом. В зависимости от местных гидрогеологических условий назначают такую толщину песчаного основания, которая достаточна для полного размещения в его порах воды, поступающую в дорожную одежду в весенний период года. В этом случае дренирующий песчаный слой работает по типу объемного компенсатора. В слабопроницаемых пылеватых грунтах необходимо сочетать песчано-гравийные слои и фильтрующий геотекстиль, например «Комитекс» или «Тайпар».

Другой вариант – щебеночные или гравийные ровики, входящие в конструкцию дорожной одежды (рис.2.9.3) которые работают как водоотводящие и дренирующие элементы. В зависимости от местных условий их проектируют с продольными уклонами по дну или как поглощающие без уклона. В последнем случае предусматривают посадку кустарников с повышенной транспирирующей способностью непосредственно над этим ровиком.

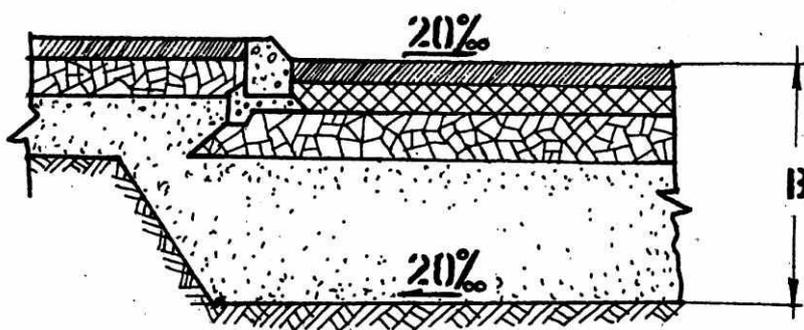


Рис.2.9.2. Схема конструкции сопутствующего дорожного дренажа без водоотводящей дренажной трубы

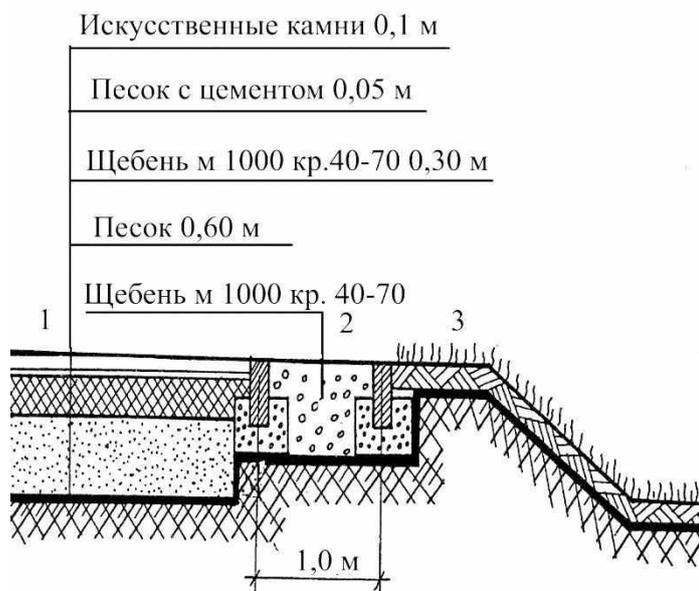


Рис.2.9.3. Схема конструкции дорожной одежды
1 – проезд; 2 – щебеночный ровик; 3 – газон

Водоотвод и дренаж на аэродромах

Территории, занятые аэропортами и аэродромами гражданской авиации, относятся к категории земель воздушного транспорта. Кроме того, к этой категории земель относятся участки,

заняты авиаремонтными заводами и мастерскими, а также сооружениями, обслуживающими аэродромное хозяйство.

Для безопасности полетов на аэродроме необходимы мероприятия, обеспечивающие быстрый сток дождевых вод и отвод их за пределы летного поля. Кроме того, необходимо предотвратить избыточное водонасыщение грунтов оснований искусственных покрытий взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек, мест стоянок самолетов.

Водоотводные и дренажные системы искусственных покрытий можно представить тремя принципиальными схемами: в зоне и избыточного увлажнения при ширине покрытий более 40 м и глинистых грунтах основания применяют схему, показанную на рис. 2.9.4, I; в зоне неустойчивого увлажнения - схему, показанную рис.2.9.4,II; в зоне недостаточного увлажнения и в засушливой зоне на рис.2.9.4, III, водоотводные системы при такой схеме не устраивают.

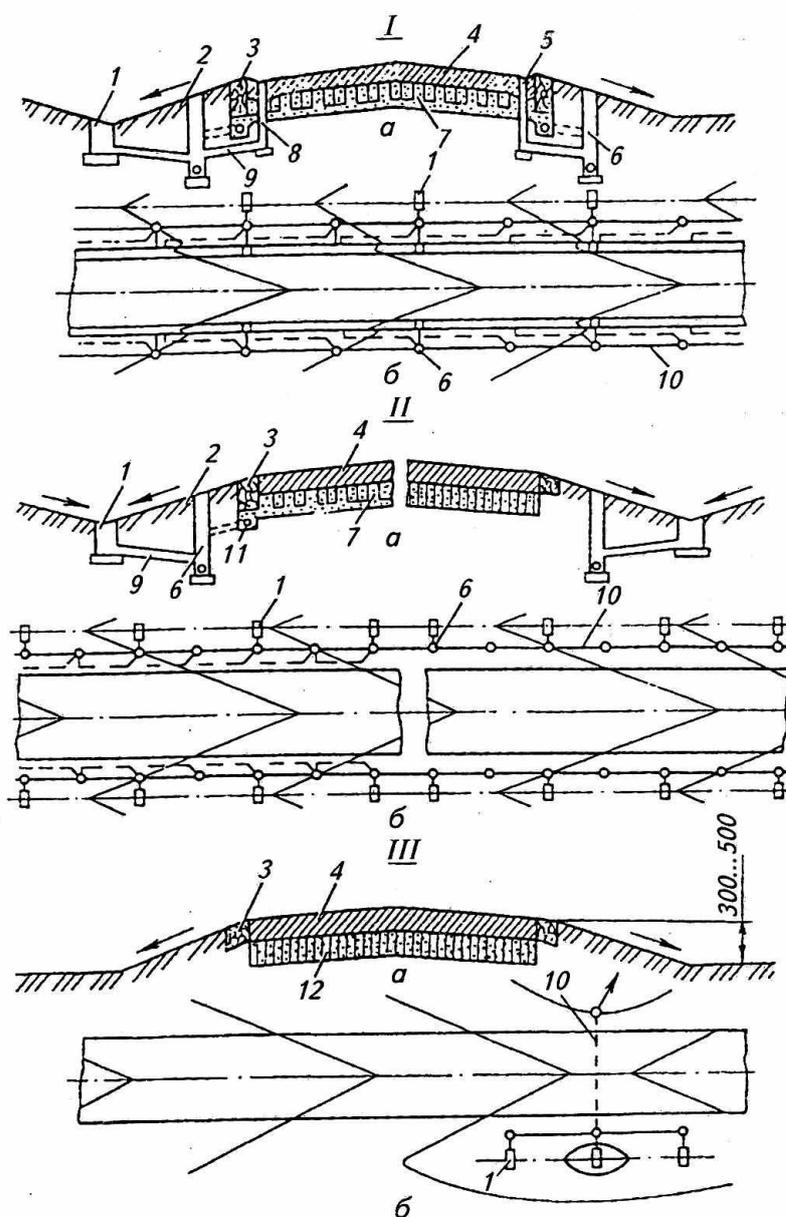


Рис.2.9.4. Схема водоотводных и дренажных систем аэродромных покрытий:
 а – профиль; б – план; 1 – тальвежный колодец; 2 – грунтовый лоток; 3 – отмотска; 4 - покрытие; 5 – лоток в кромке покрытий; 6 – смотровой колодец; 7 - основание с дренирующим слоем; 8 - дождеприемный колодец, 9-перепуск; 10 -коллектор; 11 - закромочная дрена; 12 -основание без дренирующего слоя

Осушение территории порта

В качестве примера осушительных мелиораций на землях внутреннего водного транспорта рассмотрим осушение территории порта (рис. 2.9.5).

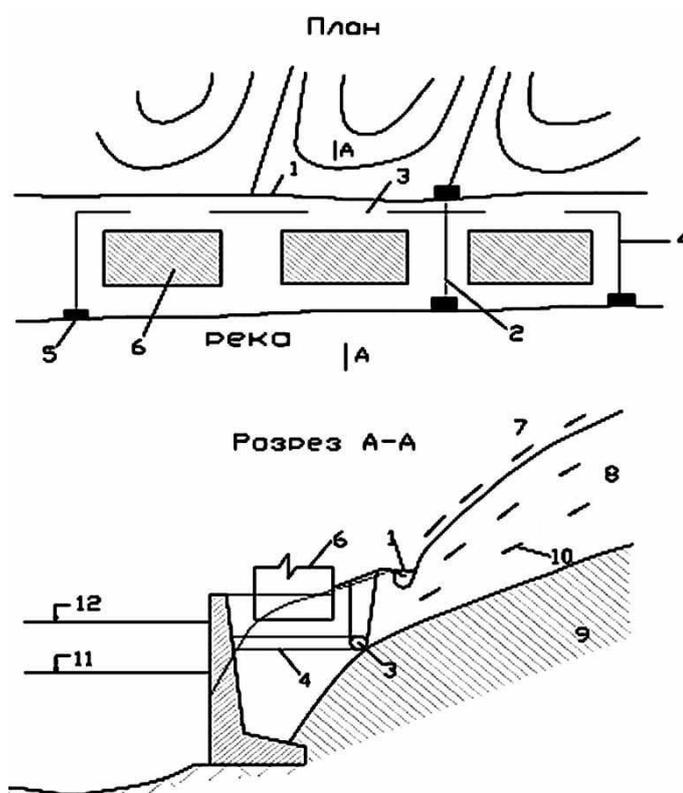


Рис. 2.9.5. Схема осушения территории порта

1 – нагорная канава; 2 - выпуск воды из нагорной канавы; 3 - горизонтальная дрена головной типа; 4 - коллектор; 5- устье; 6 - склады, складские площадки; 7 - поверхностный поток; 8 - водоносный слой; 9 - водоупор; 10- поток грунтовой воды; 11- меженный уровень; 12- паводочный уровень

Порт сооружался на берегу, примыкающем к высокому откосу, вследствие круто падающего водоупорного слоя, переходящего в горизонтальную площадку, район строительства был заболочен.

В целях обеспечения нормальных гидрогеологических условий были проведены следующие мероприятия:

- поступление со склона поверхностных вод было перехвачено нагорными канавами (1) и был обеспечен их организованный отвод (2);

- поступление грунтовых вод на строительную площадку предотвращалось устройством горизонтальной головной дрены (3), прорезающей всю толщу водоносного слоя до водоупора; дрена принята трубчатой конструкции с обсыпкой фильтром;

- при выходе дрены к водоприемнику сооружены устья (5), которые имеют задвижки, перекрывающие сечение дрен; необходимость их устройства обуславливается наличием больших колебаний уровня в реке, в результате которых возможно поступление воды внутрь осушительной системы из реки при высоком стоянии уровня в ней.

2.10. Мелиорация земель лесного фонда. Осушение лесных земель

Основное целевое назначение земель лесного фонда - ведение лесного хозяйства, в задачи которого входят наиболее рациональное использование лесов, их приумножение и охрана. Земли лесного фонда могут находиться в пользовании лесохозяйственных предприятий (лесхозов, лес-

промхозов), сельскохозяйственных предприятий, городов, курортов, заповедников, охотничьих хозяйств, транспортных предприятий, а также граждан.

Значительная часть земель лесного фонда России переувлажнена или заболочена и покрыта малопродуктивными лесами вследствие неблагоприятного водного режима. Все переувлажненные земли лесного фонда (все типы заболоченных лесов, болота, заболоченные сенокосы и др.) составляют так называемый гидролесомелиоративный фонд, который составляет 100,4 млн. га, в том числе заболоченные леса - 71,5 млн. га, лесные болота - 28,9 млн. га.

Эффективным мероприятием по устранению неблагоприятных условий для произрастания древесных насаждений являются осушительные мелиорации земель лесного фонда.

Объектами мелиорации являются:

- заболоченные торфяные (с мощностью торфа менее 30 см) и минеральные избыточно увлажненные почвы, покрытые хвойным лесом;
- лесные болота с мощностью торфа более 30 см; лесные земли временного (весной и осенью) избыточного увлажнения.

Основные задачи осушительных мелиорации земель лесного фонда: повышение продуктивности лесов; улучшение породного состава леса и качества древесины; повышение уровня ведения лесного хозяйства в целом (лесовозобновление, сокращение сроков выращивания леса, улучшение транспортных условий, улучшение лесных сенокосных угодий).

В теории и практике лесного хозяйства основной обобщающей характеристикой лесных земель служит тип леса или группа типов леса. Тип леса - это участок леса или их совокупность, характеризующиеся общим типом лесорастительных условий, одинаковым составом древесных пород, количеством ярусов, аналогичной фауной, требующие одних и тех же лесохозяйственных мероприятия при равных экономических условиях.

Показатель хозяйственной производительности участка леса - его бонитет (от латинского *bonitas* - доброкачественность). Он зависит от условий произрастания леса и характеризуется размером прироста древесины, выходом древесины с 1 га или высотой насаждения в сравнимом возрасте. Выделяют пять классов бонитета: от 1-го (наиболее производительного) до 5-го. Обычно на заболоченных площадях произрастают леса 4-го и 5-го классов бонитета (запас древесины составляет 60... 100 м³/га). После осушения продуктивность лесов повышается до 2-го класса бонитета (запас древесины возрастает до 300 м³/га). Увеличение прироста древесины начинается через два-три года после осушения, достигая своего максимума через 15...20 лет, и затем стабилизируется. Ежегодный дополнительный прирост древесины в результате осушения составляет от 2 до 10 м³ с 1 га.

В результате осушения повышается не только продуктивность лесов, но и их качество, урожайность сенокосных лесных угодий, улучшаются санитарно-гигиенические и эстетические условия местности.

Земли лесного фонда осушают преимущественно сетью открытых каналов. Лесопитомники и лесопарки рекомендуется осушать закрытой или комбинированной осушительной сетью.

Выбор метода и способа осушения зависит от типа водного питания. Поэтому проектирование осушительных систем начинают с анализа причин заболачивания, определяющих основную направленность технических и организационных мероприятий по ликвидации избыточной увлажненности корнеобитаемого слоя.

При проектировании осушительной сети учитывают: климатические условия; тип и интенсивность водного питания; рельеф территории; тип леса; почвенные условия; существующую сеть каналов и дорог; наличие квартальных просек.

Плановое расположение каналов осушительной сети выполняют в тесной увязке со схемой транспортного освоения и с хозяйственной организацией осушаемых земель. При проектировании следует стремиться к совмещению трасс дорог с просеками и трассами осушительных каналов.

Осушительная система состоит из следующих элементов: регулирующей сети (осушители, тальвеговые каналы, борозды); проводящей сети (транспортирующие собиратели, магистральные каналы разных порядков); оградяющей сети (нагорные, ловчие каналы); водоприемников (реки,

озера, крупные ручьи); гидротехнических сооружений; дорожной сети; противопожарных и природоохранных устройств (рис. 2.10.1).

В зоне неустойчивого увлажнения предусматривают мероприятия, позволяющие регулировать интенсивность осушения и водный режим корнеобитаемого слоя почвы с учетом состояния погодных условий, а также уменьшать пожарную опасность. Для этого чаще всего используют способ предупредительного шлюзования.

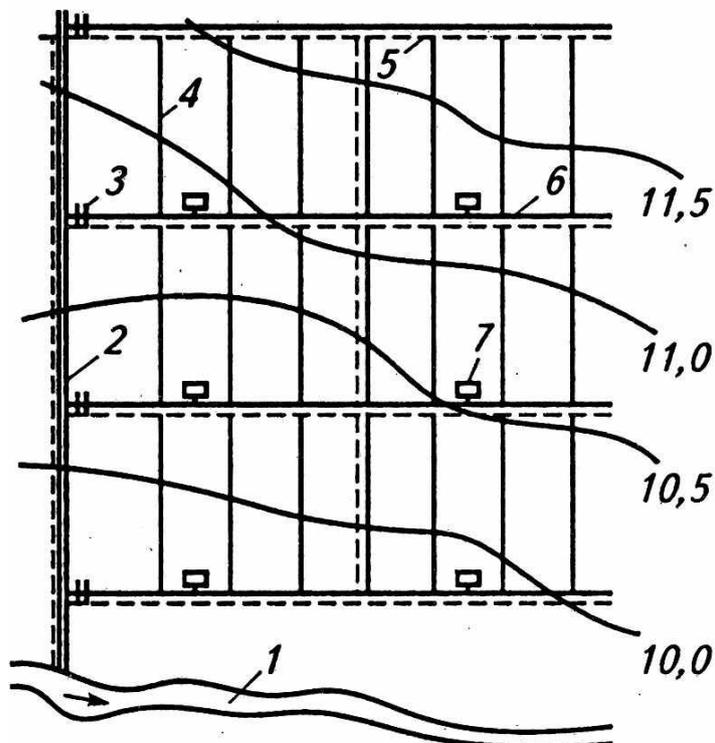


Рис. 2.10.1. Схема осушения лесных земель:

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

При проектировании планового расположения регулирующей сети необходимо руководствоваться следующими положениями:

- трассы регулирующей сети по возможности должны быть приурочены к существующим просекам и дорогам;
- в целях наиболее полного перехвата поверхностных и грунтовых вод каналы регулирующей сети должны быть, как правило, расположены под острым углом к горизонталям поверхности земли или гидроизогидам;
- каналы регулирующей сети с транспортирующими собирателями в плане сопрягают под углом 60...90°;
- следует стремиться проектировать двухстороннее впадение регулирующей сети в проводящие каналы;
- верховья каналов целесообразно доводить до смежного проводящего канала, чтобы получилась непрерывная сеть проездов по разровненным отвалам;
- каналы регулирующей сети должны быть параллельны между собой, а длина их, как правило, от 500 до 1500 м в зависимости от условий рельефа, расстояния между транспортирующими собирателями и хозяйственно-эксплуатационных условий. При сложных условиях рельефа, а также на площадях без уклона допускается длина в пределах 200...500 м;
- длина борозд зависит от почвенно-грунтовых условий и их глубины. Борозды, нарезаемые различными плугами глубиной до 30...40 см, проектируют длиной до 160...200 м.

Расстояние между осушителями принимают от 80 до 240 м в зависимости от типа заболачивания, типа леса и условий произрастания, подстилающего грунта.

Глубина осушительной сети зависит от почвенно-грунтовых условий, влияния осушения на рост леса, как на объекте мелиорации, так и на прилегающих территориях. Минимальные глубины осушителей принимают 0,8 м в минеральных грунтах и 1 м в торфяных. Максимальная глубина осушителей около 1,4 м.

Осушаемый массив ограждают от притока поверхностных вод с водосбора нагорными каналами, а при значительном притоке подземных вод - нагорно-ловчими.

Глубину нагорных каналов проектируют не более 1,3 м в целях исключения отрицательного воздействия на окружающую среду. Необходимость применения больших глубин должна быть обоснована. Глубина ловчих каналов определяется положением водоупора, но не должна превышать 2 м в природоохранных целях. Дно ловчего канала по возможности должно на 0,3...0,5 м врезаться в подстилающий горизонт.

Проводящую сеть проектируют по тем же правилам, что и при осушении сельскохозяйственных земель.

При осушении лесных земель повышается опасность возникновения пожаров. Вместе с тем наличие каналов препятствует распространению их на большие площади и создает условия для организации тушения возникших очагов.

Для уменьшения распространения пожаров, а также для тушения возникших очагов при проектировании лесоосушительных мероприятий предусматривают:

- устройство противопожарных трасс в виде уширенных просек вдоль каналов с проходящей по ним дорогой (или без нее), изолирующих участки осушаемой территории друг от друга;
- устройство шлюзов на каналах осушительной сети для задержания воды в каналах в засушливые периоды;
- устройство противопожарных водоемов;
- устройство водоподводящих каналов к истокам осушительных.

Противопожарные водоемы устраивают в местах наибольшей пожарной опасности на расстоянии 1 км один от другого вблизи дорог и проезжих просек. Водоемы проектируют полезной вместимостью не менее 280...300 м³, со средней глубиной воды не менее 1,5 м в течение всего бесснежного периода.

В проекте гидромелиорации земель лесного фонда должен быть разработан раздел охраны окружающей среды, в котором должно быть определено влияние гидромелиоративных мероприятий на прилегающие территории и в целом на лесное хозяйство, включая показатели повышения продуктивности лесов, улучшения породного состава древостоев, условия лесовозобновления; улучшения продуктивности сенокосов и лугов; условия транспортного и противопожарного устройства территории; развитие ягодников, условия обитания лесной фауны (в том числе хозяйственно ценных видов), изменение гидрологических условий.

ГЛАВА 3. МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

3.1. Мелиорация в сельском хозяйстве. Характеристика сельскохозяйственных земель России

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

Площадь обрабатываемых сельскохозяйственных земель в мире за последние 25 лет сократилась с 0,36 до 0,27 га/чел. В странах ЕС на одного человека сейчас приходится около 0,2 га. Для обеспечения населения питанием интенсифицируют сельскохозяйственное производство, совершенствуя агротехнику, увеличивая дозы удобрений, борясь с болезнями, вредителями, сорняками, улучшая механизацию работ и снижая потери продукции при уборке и хранении. Эти мероприятия в известной степени опасны, так как увеличивают антропогенную нагрузку на агро-

геосистемы. Качественный скачок в урожайности дают селекция и семеноводство, а также мелиорация земель.

Мелиорируемые земли в несколько раз продуктивнее немелиорируемых. Так, в мире мелиорируемые земли составляют 18 % площади пашни, а дают до 50 % продукции. В России мелиорируемые земли составляют только 6,2 % площади пашни, но дают около трети всей продукции, в том числе весь рис, 70 % овощей, 25 % кормов, 20 % зерна кукурузы. В Нечерноземной зоне мелиорировано 9 % пахотных земель, с них получают 15 % продукции растениеводства, в том числе 70 % овощей, 25 % кормов, урожай в 2...4 раза выше по сравнению с неосушаемыми землями.

Кроме повышения среднемноголетней урожайности мелиорация в экстремальные годы (засушливые или очень влажные) обеспечивает экономическую стабильность страны, позволяет выращивать новые культуры, осваивать непригодные земли, повышая земельный ресурс страны. Мелиорация в крупных регионах, несмотря на недостатки при ее выполнении (имеющие субъективные причины), преобразует их в обустроенные для человека края с новым образом жизни, занятостью населения и благоустройством, так как при этом строят дороги, населенные пункты, системы водоснабжения и канализации, предприятия по первичной переработке продукции и др.

Вместе с тем мелиорация сельскохозяйственных земель - это дорогое мероприятие, затраты на 1 га в зависимости от природных условий страны и степени технического совершенства мелиоративных систем составляют 4...20 тыс. долл., а в России - 60... 100 тыс. руб./га и более. Окупаемость таких затрат зависит от ценности выращиваемых культур и составляет для овощей 3...4 года, для зерновых - 10... 12 лет.

Характеристика сельскохозяйственных земель России

По оценке ученых ООН, наша страна отнесена к группе стран с пониженной биологической продуктивностью земель. Так, в Европе более низкая продуктивность земель имеется только в Норвегии и Финляндии, в США и Китае 1 га в среднем в 2 раза продуктивнее, чем в России, в Австралии — в 3, в Бразилии и Индии — в 4 раза. В основном это объясняется географическим положением страны (север США расположен на широте Париж - Днепропетровск - Волгоград, а юг - в 200 км от тропиков). Значительная площадь России находится в зоне многолетней мерзлоты, низких температур, короткого лета, недостатка или избытка осадков, только около 10 % площадей сельскохозяйственных угодий благоприятны для земледелия по климатическим, почвенным и гидрогеологическим условиям, а в США - 60 %. Таким образом, большая часть сельскохозяйственных угодий России нуждается в улучшениях.

Потребность в мелиорации зависит от зональных и азональных особенностей природных условий. Обычно орошают возвышенные выровненные пространства, естественная увлажненность которых характеризуется зональным количеством тепла, или радиационным балансом, и количеством атмосферных осадков; на этих землях распространены зональные почвы. В осушении нуждаются, как правило, азональные природные объекты, на них формируются азональные почвы: болотно-подзолистые, торфяные, пойменные. Засоленные земли также часто имеют азональный характер расположения. Поэтому потребность в оросительных и осушительных мелиорациях оценивают по-разному.

Несомненно, почти все сельскохозяйственные угодья требуют улучшения для повышения эффективности их использования. Орошаемые сельскохозяйственные земли в мире составляют более 275 млн. га, осушаемые - более 220 млн. га. Площадь сельскохозяйственных земель в России около 440 млн. га, из них сельскохозяйственных угодий - 190,3 млн. га, пашни - 124,4 млн. га. Площади орошаемых и осушаемых земель в 2003 г. составили около 9,4 млн. га, из них орошаемых - 4,5, осушаемых - 4,8 млн. га. Кроме пашни требуют мелиорации сенокосы, пастбища, многолетние насаждения и другие угодья.

3.2.1. Осушительные мелиорации. Избыточно увлажненные минеральные земли

Внешним признаком земель, для нормального использования которых необходимы осушительные мелиорации, является избыточная увлажненность корнеобитаемого слоя. Главнейшие виды избыточного увлажнения земель: минеральные постоянно или временно избыточно увлажненные земли, заболоченные земли и болота.

Избыточно увлажненные минеральные земли - это территории, на которых широко развит дерново-подзолистый процесс почвообразования и которые подвержены периодическому переувлажнению (весной, осенью и летом в период затяжных дождей), в результате чего задерживаются сроки проведения полевых работ, наблюдаются изреженность всходов и вымочки посевов, что в общей сложности приводит к снижению или полной гибели урожая. Осушение таких земель целесообразно проводить периодически, в зависимости от вида выращиваемых культур, при этом необходимо осуществлять контроль влагосодержания в почве.

Заболоченными называются земли, избыточное увлажнение которых привело к развитию на них влаголюбивой растительности и началу процесса торфообразования (слой торфа с поверхности менее 30 см). Целесообразность их осушения устанавливается в зависимости от почвообразующих факторов и характера сельскохозяйственного использования. Наибольшие площади заболоченных земель находятся в северных районах, где количество осадков обычно преобладает над испарением.

Болото - это обособленный участок поверхности земли с постоянным избыточным увлажнением, с типичной гидрофильной растительностью, на которой накапливается органическое вещество, т.е. идет процесс торфообразования. Болота в зависимости от их расположения в рельефе и вида слагающего торфа делят на низинные (евтрофные), переходные (мезотрофные) и верховые (олиготрофные). Для земледелия наиболее ценны низинные болота, сложенные осоковыми, ольховыми и другими видами травянистых и древесных торфов, высокозольных и хорошо разложившихся.

Низинные болота (рис. 3.2.1) образуются обычно на пониженных элементах рельефа, в прибрежной полосе озер и в поймах рек и имеют вогнутую поверхность. Процесс зарастания водоемов начинается с отложения на его дне аморфного торфа и ила, называемого сапропелем. На этом слое, начиная от берегов, развивается и отмирает характерная растительность, зеленый (гипновый) мох, заполняя постепенно водоем. Кроме поверхностных вод, болото питается еще и грунтовыми водами, богатыми минеральными частицами грунта. Поэтому зольность (содержание минеральных частиц в процентах к сухому весу) низинного болота значительна и достигает 10-20%. Мощность торфа в низинных болотах колеблется в широких пределах 7-10 м.

В отличие от низинного, *верховые болота* (рис. 3.2.1) представляют собой выпуклую поверхность с бедной растительностью и белым мхом (сфагнум). Формируются верховые болота на повышенных участках - водораздельных плато, сложенных тяжелыми грунтами, в котловинах и западинах береговых террас в условиях увлажнения атмосферными осадками.

На эти болота не поступают питательные вещества с грунтовыми и поверхностными водами. Верховые болота являются самостоятельными образованиями или представляют заключительную стадию развития низинных болот по мере нарастания торфяной толщи и потери связи с грунтовыми водами. Торф верховых болот характеризуется низкой степенью зольности (2-5%), слабой степенью разложения, кислой реакцией, большой влагоемкостью. После осушения торф верховых болот используется на топливо или для подстилки в животноводческих помещениях, а после обогащения органическими веществами - для удобрений полей.

Переходные болота характеризуются свойствами, промежуточными между верховыми и низинными болотами. Здесь можно встретить зеленый и белый мох, багульник, клюкву, морошку. Зольность торфа в переходных болотах составляет 5-10%. После осушения, при сельскохозяйственном использовании земли этих болот, требуют внесения удобрений и известки.

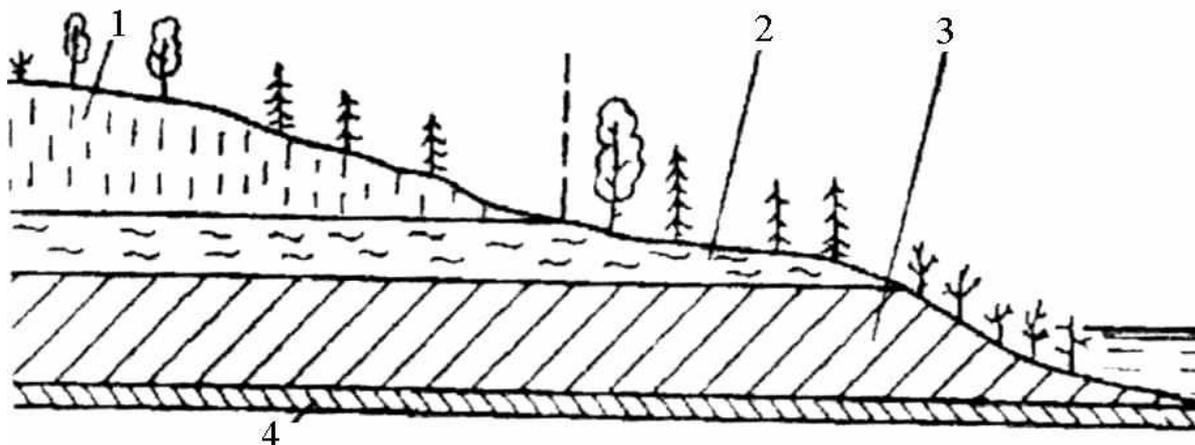


Рис.3.2.1. Типы болот: 1-верховое болото; 2 - переходное болото; 3 -низинное болото; 4 – сапропель

3.2.2. Требования сельскохозяйственного производства к водно-воздушному режиму почвы. Норма осушения сельскохозяйственных земель. Способы осушения

Для роста и развития сельскохозяйственных культур необходимы свет, тепло, воздух, вода и питательные элементы, причем ни один из этих факторов не может быть заменен другим. Свет и тепло являются космическими факторами, и человек не может управлять ими; остальными же факторами он может управлять, для чего необходимо знать условия, предъявляемые растением к внешней среде (продолжительность затопления, потребность в воде, воздухе и элементах пищи).

Затопление осушаемых земель весенним половодьем не допускается при использовании их под озимые культуры. Продолжительность затопления многолетних трав не должна превышать 20-25 суток. Чем меньше слой затопления и выше температура воды, тем короче допустимый срок затопления.

Затопление поверхности осушенных земель летними паводками в течение вегетационного периода без снижения урожайности сельскохозяйственных культур возможно не более чем на 0,5 суток для зерновых культур, 0,8 суток - для овощей, силосных культур, корнеплодов и 1-1,5 суток для многолетних трав на почвах тяжелого механического состава. Продолжительность отвода излишней воды из пахотного горизонта глубиной до 30 см в вегетационный период: для зерновых культур 1-2 суток, овощных 1-1,5 суток, трав 2-3 суток, из подпахотного слоя (30-50 см) независимо от культуры - за последующие 2-3 суток, а из горизонта 50-80 см - еще за 4-5 суток. Чтобы обеспечить аэрацию, необходимую для дыхания корней и разложения органического вещества, в почве должен происходить постоянный газообмен, при котором весь объем воздуха в активном ее слое мог бы обновляться в течение непродолжительного срока - 8 суток. Объем же воздуха, содержащийся в этом слое, должен составлять: для трав - не меньше 15-20% от скважности почвы или полной влагоемкости, для зерновых культур - не меньше 20-30 и для корнеплодов - не меньше 35-40%. Следовательно, наибольшая влажность почвы в активном слое для трав должна быть около 80-85% от полной влагоемкости, для зерновых культур 70-80 и для корнеплодов 60-65%. Влажность почвы зависит от уровня грунтовых вод, осадков, испарения, свойств почвы и агротехники.

Наиболее характерным показателем, от которого зависит влажность торфяной почвы, является уровень грунтовых вод. По определению А. Н. Костякова, уровень грунтовых вод, обес-

печивающий наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы для той или иной культуры в течение вегетационного периода, называется *нормой осушения*.

Норма осушения сельскохозяйственных земель зависит от вида культур, водно-физических свойств почво-грунтов, периода года и погодных условий. Для растений, менее требовательных к условиям аэрации, имеющих неглубокую корневую систему и большое водопотребление она меньше; меньше она и для почв, обладающих небольшой высотой капиллярного поднятия, а также для более сухих и теплых лет.

Таблица 3.2.1

Величины норм осушения в см

Культуры	Почвы			
	низинный торф	песчаная и супесчаная	суглинистая	глинистая
Луговые травы	70÷80	50÷60	60÷75	65÷55
Зерновые хлеба	70÷90	55÷65	65÷90	80÷75
Овощи	75÷100	60÷80	75÷100	90÷75
Глубококорневые культуры	80÷100	70÷85	80÷100	95÷85

Норма осушения для сельскохозяйственных культур зависит от типа культур, характера почв и достигает максимума в вегетационный период. В посевной период ее величину уменьшают на 20÷30%.

Способы осушения

Способы осушения - это технические и агротехнические приемы и средства, при помощи которых осуществляется тот или иной метод осушения. Способы осушения в зависимости от типа водного питания, почвенных, геологических условий и хозяйственного использования осушаемых земель рекомендуются следующие:

1. Осушение одиночными каналами и систематической открытой сетью на водопроницаемых минеральных почвах (пески, супеси, легкие суглинки).
2. Осушение открытыми каналами и закрытым горизонтальным дренажем в сочетании с агроулучшающими мероприятиями на слабопроницаемых минеральных почвах (тяжелые суглинки, глины).
3. Торфяники маломощные, подстилаемые слабопроницаемыми грунтами, осушаются под пашню и пастбища закрытым дренажем. Торфяники мощные (более 1,5÷2 м) предварительно осушаются открытыми каналами и кротовым дренажем, а затем после осадки торфа на них закладывается закрытый дренаж.
4. Торфяники безнапорного грунтового питания, подстилаемые водопроницаемыми грунтами ($k > 5$ м/сут), при использовании под пашню и пастбища осушаются открытыми каналами в сочетании с разреженным закрытым дренажем.
5. На объектах намывного водного питания (аллювиального и делювиального типов) применяется регулирование реки и устройство нагорно-ловчих и головных каналов. При нагонных водах применяется польдерный способ осушения.
6. Для борьбы с подтоплением при инфильтрационном питании применяют береговой, кольцевой и головной дренажи.
7. При грунтово-напорном водном питании применим вертикальный дренаж при соответствующих гидрогеологических условиях.

3.2.3. Осушение сельскохозяйственных земель открытым и закрытым способом. Условия применения. Кротовый и щелевой дренаж

1. Осушение сельскохозяйственных земель открытым способом - одиночными каналами и систематической открытой сетью на водопроницаемых минеральных почвах.

Этот способ осушения заключается в том, что воду, поступившую с нагорной стороны, перехватывают каналом, а выпавшую на осушаемый участок воду в виде атмосферных осадков удаляют при помощи открытой осушительной системы. Такой прием применяют главным образом на глинистых бесструктурных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод. Этот способ имеет место и на торфяных болотах, заливаемых рекой или поверхностным стоком с водосбора. При этом воду отводят с осушаемого участка в водоприемник (реку, озеро).

Для ускорения стока поверхностных вод при сплошном осушении территории устраивают систему открытых каналов (рис. 3.2.2).

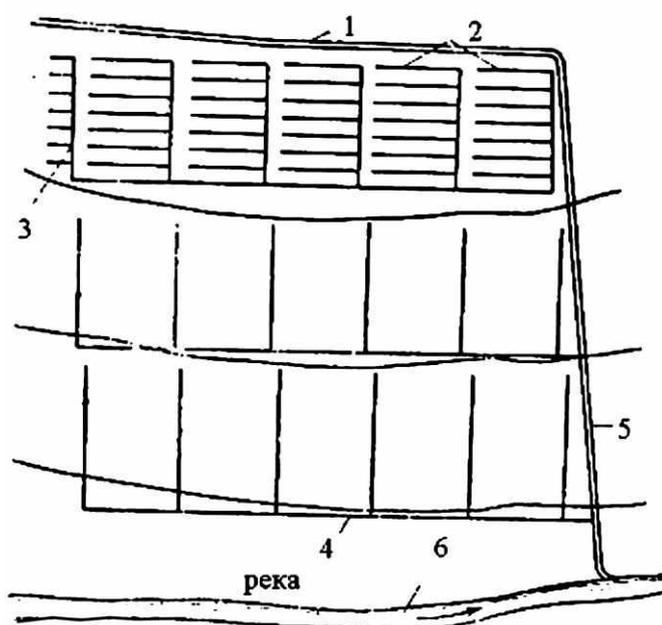


Рис. 3.2.2. Схема осушения открытой сетью

1- нагорный канал; 2- осушитель; 3- собиратель; 4- канал первого порядка; 5 - магистральный канал; 6 - река-водоприемник.

Состоит эта система из большого числа мелких каналов-осушителей, по которым отводят поверхностную воду, и более крупных каналов-собирателей, транспортирующих воду через магистральный канал в водоприемник. Каналы-собиратели могут быть первого и второго порядка в зависимости от осушаемых участков. Для небольших участков система осушения может быть двухступенчатой (осушители-собиратели и магистральный канал) и трех-четырёхступенчатой - для больших участков. С нагорной стороны устраивают нагорные каналы. Для того чтобы осушители перехватывали воду, стекающую по склону местности, необходимо их трассировать под малым углом к горизонталям. Чтобы избежать заиливания каналов, минимальные скорости воды в них должны быть более 0,2 м/секи соответственно уклоны дна не менее 0,0005. Чтобы избежать размыва, уклоны осушителей не должны быть больше 0,003-0,005. Поперечное сечение каналов в виде трапеции проектируют с разными заложениями откосов в зависимости от качества грунтов (в среднем): для песчаных $2,5 \div 2$; для глинистых грунтов $2 \div 1,5$ и для торфа $1,5 \div 0,75$.

Длину осушителей назначают в пределах 400÷1500 м. Что касается расстояния между осушителями L , то эта величина зависит от ряда факторов: необходимости не допускать в веге-

тационный период длительного затопления и переувлажнения почвы, создания соответствующих условий для механизации сельскохозяйственных работ, оптимальных условий стоимости работ по постройке и эксплуатации каналов.

Для разных уклонов местности величина L меняется в среднем $50 \div 250$ м.

Вынутую из осушителей землю распределяют по полосе между каналами, засыпая ею понижения местности.

Транспортирующий собиратель (коллектор) принимает воду из осушителей. Поэтому трассируют его по возможности перпендикулярно к горизонталям местности и располагают в пониженных местах рельефа. Исходя из условий незаиляемости, уклон дна канала делают большим $0,0005$. Ширину собирателей по дну делают больше, чем ширину по дну осушителей, соответственно увеличивают и их глубину.

Расчетный расход транспортирующих каналов, включая магистральные и нагорные, определяют в соответствии с СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» в зависимости от класса сооружения, определяемого по СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения».

Расчет оградительной и проводящей сетей, а также водоприемников производят на пропуск расходов обеспеченностью $10-25\%$ для следующих периодов: весеннего половодья, летне-осенних паводков, предпосевного и бытового.

Обеспеченности расчетных расходов по периодам работы принимают в зависимости от состава культур, видов сельскохозяйственного использования и экономического значения проектируемого объекта. Так, для яровых культур принимают предпосевной и летне-осенний периоды, а для полей с озимыми культурами - весеннее половодье и предпосевной период.

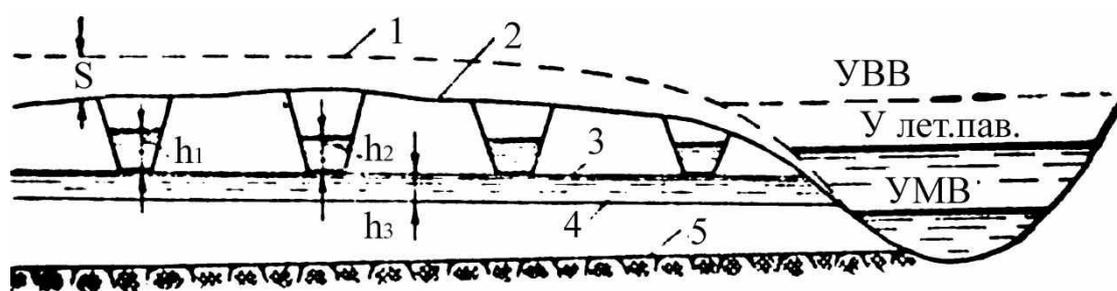


Рис. 3.2.3. Продольный профиль магистрального канала

1- поверхность земли до осушения; 2-поверхность земли после осушения и осадки торфа; 3- уровень воды в магистральном канале; 4- дно магистрального канала; 5- поверхность минеральногогрунта.

Поперечное сечение канала трапециевидальной формы рассчитывают методом подбора по формулам равномерного движения воды(п.2.3).

Положение расчетного уровня воды в каналах по отношению к поверхности земли (бровке канала) определяют учитывая следующие требования.

1. Расходы весеннего половодья летних и осенних паводков 10% обеспеченности могут пропускаться полным сечением канала с подъемом расчетного уровня до бровки канала.

2. При проходе предпосевных вод 25% обеспеченности уровень воды в канале должен быть ниже бровки на $0,5$ м.

3. Расчетные скорости течения воды в осушительных каналах не должны превышать предельных неразмывающих значений.

Сопряжение каналов в вертикальной плоскости выполняют составлением их продольных профилей. На рис.3.2.3 изображен продольный профиль магистрального канала. При проектировании продольного профиля учитывают возможную осадкугрунта. Особенно это касается торфов, осадка которых, как указано выше, значительно больше минеральных грунтов и может достигать 25% и более глубины канала. Уровень воды впадающего канала назначается на $10-20$ смвыше уровня воды в принимающем канале.

Сопряжение каналов в плане выполняют так, чтобы в принимающем канале не происходило размыва дна и берегов, а также отложения наносов. Примерно считают, что при

$Q < 0,1 \text{ м}^3/\text{сек}$ угол между каналами $\alpha = 90^\circ$, при $0,1 < Q < 0,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ $\alpha = 90 \div 60^\circ$ и при $Q > 0,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ $\alpha = 60 \div 45^\circ$. Угол впадения магистрального канала в реку-водоприемник обычно принимают $40 \div 60^\circ$.

Чтобы не было размыва дна и откосов осушительных каналов, их крепят.

Так как в засушливые периоды года влажность почвы на осушенных участках может оказаться недостаточной, то на каналах часто устраивают шлюзы со щитами, которыми регулируют сток воды и влажность почвы.

На системе открытых каналов строят дорожную сеть из местных материалов. Кроме того, на магистральных и крупных транспортирующих собирателях устраивают мосты. В СССР около 90% земель было осушено открытой сетью.

Осушение открытыми каналами и закрытым горизонтальным дренажем

Открытая система осушителей имеет ряд недостатков. Среди них наибольшее значение имеют затруднения при механической обработке полей. Поэтому для понижения уровня грунтовых вод в сельском хозяйстве применяют дрены, обеспечивающие норму осушения.

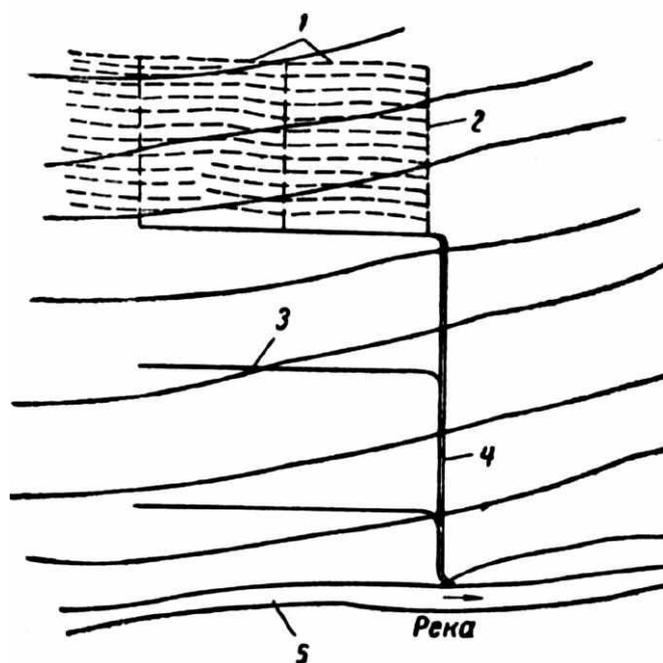


Рис. 3.2.4. Схема осушения траншейным дренажем

1-дрены; 2 - закрытый коллектор; 3- открытый отводящий канал; 4- открытый магистральный канал; 5- река

Дрены регулируют влажность почвы, принимают грунтовой поток, отдают его в большие водоотводящие закрытые коллекторы, которые в свою очередь изливают воду в открытые отводящие каналы, а далее через магистральный канал в реку-водоприемник (рис. 3.2.4).

Сопряжения дрен-осушителей с дренами-коллекторами проводят в смотровых колодцах. Смотровые колодцы делают диаметром не менее 70-80 см. Кроме того, смотровые колодцы ставят в местах изломов направления коллектора или дрены, а на прямолинейных участках на расстоянии 100-200 м от другого.

Расстояние между дренами и расход воды, притекающей к дренам-осушителям, определяют по формулам

$$L = 2(H - h_{HO}) \sqrt{\frac{k}{P}} \text{ м}; \quad (3.2.1)$$

где H – глубина осушаемого слоя (до водоупора);

$h_{НО}$ – норма осушения;

k – коэффициент фильтрации;

p – максимальное значение слоя инфильтрации в мм/сут.

$Q_{др} = pLl$; м³/сек;

где l – расстояние между дренами.

Расход воды в коллекторе подсчитывают по формуле

$Q_{кол} = nQ_{др}$; м³/сек;

где n – число дрен, впадающих в коллектор.

Зная максимальный расход в дренах и коллекторе, подбирают размеры труб с тем условием, чтобы обеспечить пропуск воды при неполном их заполнении $(0,7 \div 0,8)d$.

Чтобы трубы не заилились, минимальная скорость течения воды v должна быть не менее 0,25 м/сек в торфах и глинах и не менее 0,4 м/сек, если дрена проходит в слое мелкого песка. Для того чтобы не было размыва грунта в стыках, скорость воды в дрене не должна превышать 1 м/сек.

Агромелиоративные мероприятия проводят с целью повышения интенсивности регулирования водного режима осушаемых почв путем отвода избыточных количеств воды с поверхности и из корнеобитаемого слоя. К ним относятся мероприятия по ускорению поверхностного стока: бороздование, гребневание, грядование, профилирование, выравнивание и планировка; мероприятия по улучшению водно-физических свойств подпахотных горизонтов: глубокое рыхление, применение химических мелиорантов, кротование, а также пескование и глинование рекомендуется сочетать с осушительной сетью.

Ускорение поверхностного стока особенно важно при осушении слабоводопроницаемых почв системами закрытого дренажа с редкой сетью открытых проводящих каналов. Выбор агромелиоративных мероприятий зависит в основном от климатических условий и применяемой агротехники.

Кротовый и щелевой дренажи

Дрены на осушаемом участке можно выполнять механическим способом в виде кротовых и щелевых дрен.

Кротовыми дренами называются цилиндрические полости диаметром $6 \div 20$ см, похожие на ходы кротов. Прокладывают их в почве кротовыми плугами на глубину $0,5 \div 0,7$ м на расстоянии $2 \div 10$ м в торфах.

Кротовый плуг состоит из двух соединенных между собой лыж длиной 4 м, в средней части которых на стойках укреплен вертикальный нож, устанавливаемый на разные глубины. На нижнем конце этого ножа насажен дреноер с расширителем, который и прокладывает в почве кротовую дрину. Диаметр дрены колеблется $4 \div 20$ см, но чаще $10 \div 12$ см. Тягу осуществляет трактор.

Кротовый плуг можно навесить на трактор и он является основной частью дренажно-кротовой машины (рис.3.2.5).

В пластичных минеральных почвогрунтах кротовые дренажи сохраняются не менее $4 \div 5$ лет. В торфах кротовые дренажи также хорошо служат. В сыпучих грунтах (песок) кротовая дрена без крепления быстро осыпается, так как укрепленная дреноером почва при смачивании водой разрушается.

Уклон кротовых дрен берут $0,005 \div 0,01$. Длина их принимается в среднем $50 \div 200$ м.

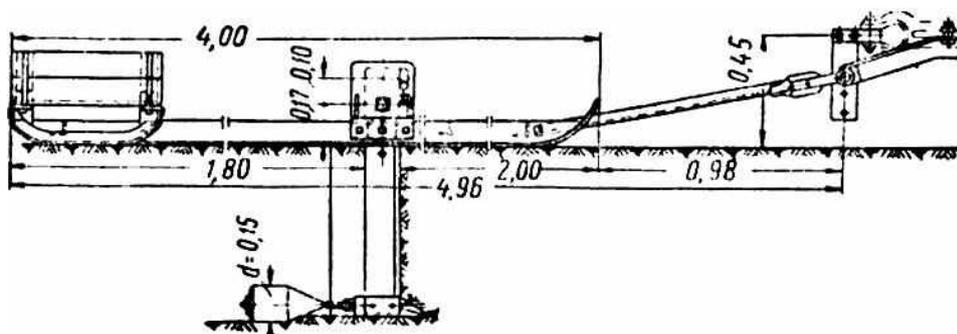


Рис. 3.2.5. Кротовый плуг

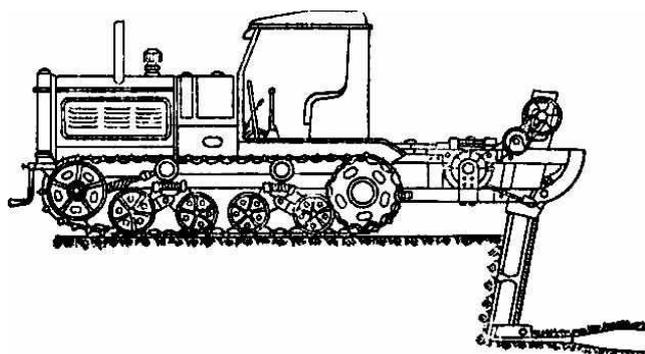


Рис. 3.2.6. Дренажно-кротовая машина ДКН-2

На плотных торфяных слаборазложившихся почвах с погребенными корнями устраивать кротовые дрены невозможно. В этих случаях вместо них делают щелевые дрены.

Щелевые дрены нарезают дренажно-дисковой машиной. Рабочей частью этой машины является дисковая фреза диаметром 2,4 м, с зубьями по окружности. Этот диск вращается на горизонтальной оси, укрепленной на основной раме машины, которая располагается у самой поверхности земли. Во время движения машины диску придаются колебательные движения, благодаря которым диск несколько отклоняется от вертикальной плоскости то вправо, то влево и прорезает в почве полость в виде щели на глубине 0,9 м, шириной по дну 16 и по верху 4 см. Верхнюю часть дрены закрывают и уплотняют на глубину 35-40 см узкими катками, расположенными в задней части машины.

Длина щелевых дрен может быть до 250-300 м, уклон не менее 0,0005, расстояние между дренами принимают обычно 25-50 м.

В плотных торфах щелевые дрены работают не менее 5 лет. Для удлинения срока их службы в дрены можно вводить гончарные трубы.

В зоне неустойчивого увлажнения может быть применен третий прием осушения участка - сочетание траншейного и кротового дренажа. Это бывает тогда, когда пахотный слой почвы временами переувлажняется, а нижний слой увлажнен недостаточно. В таком случае в засушливый период времени избыток воды в верхнем слое целесообразно перевести в нижний слой для доувлажнения нижних иссушенных слоев. Эту задачу выполняют прокладкой кротовых или щелевых дрен с собирателями из траншейных дрен, расположенных на 10÷15 см выше кротовых.

Вода из верхних слоев почвы по щелям попадает в кротовые дрены и инфильтрует из них в грунт. Если влажность почвы превышает предельную влагоемкость на всю глубину действия кротовых дрен, то дрены и щели переполняются водой, тогда вода уходит в траншейную дренажную систему и сливается в коллектор. Таким образом, корни растений используют только основную часть атмосферных осадков (к примеру мелкие дожди слоем менее 30 мм) без переувлажнения почвы. В промежутках между дождями кротовые дрены выполняют роль вентиляционных каналов в почве.

Кротовые и траншейные дренажи повышают урожай сельскохозяйственных культур на 20-25%.

3.3. Оросительные мелиорации

Оросительные мелиорации нужны на сельскохозяйственных землях, где наблюдается постоянный или периодический недостаток влаги для развития культурных растений. Помимо этого орошение влияет на температурный режим почв, несколько их остужая; на баланс питательных веществ и гумуса в почве, так как усиливает промываемость почвенного слоя; на воздушный режим почв. Орошение оказывает влияние на микроклимат, поверхностные и подземные воды, растительность и животный мир орошаемых и окружающих земель. При орошении крупных массивов могут существенно измениться местный климат и все компоненты природы на больших площадях. Поэтому при проектировании оросительных систем необходимы прогнозы влияния орошения на природные условия.

Орошение может быть регулярным и одноразовым. Регулярное орошение восполняет недостаток влаги в течение всего вегетационного периода. Одноразовое орошение проводят как весеннюю влагозарядку паводковыми и талыми водами.

3.3.1. Режим орошения земель. Суммарное водопотребление. Оросительная норма

Под *режимом орошения* понимают объемы и сроки подачи воды растениям. Он должен:

- обеспечивать потребность растений в воде во все фазы их развития;
- способствовать наилучшему сочетанию водного, воздушного, теплового, питательного и солевого режимов в корнеобитаемом слое почвы и приземном слое воздуха, т. е. получению высокого урожая возделываемых культур;
- способствовать повышению плодородия почв, не допускать их переувлажнения, заболачивания, засоления, размыва;
- не оказывать неблагоприятного влияния на прилегающие земли и водные объекты.

Иными словами, режим орошения должен обеспечивать благоприятный мелиоративный режим территории, назначать его надо, соблюдая принципы природообустройства.

На режим орошения растений влияют природные, биологические, хозяйственные, экономические факторы. К природным факторам относят климатические, почвенные, гидрогеологические условия, вид источника орошения, качество поливной воды. Биологическими факторами являются вид растений, их сорт, качество семян. К хозяйственным, мелиоративным, экономическим факторам относят уровень агротехники, оснащенность хозяйства, наличие трудовых ресурсов и их квалификацию, тип оросительной сети, способ и технику полива, производительность труда на поливе, требуемые капитальные и эксплуатационные затраты на осуществление намеченного режима. Режим орошения является основой для проектирования оросительных систем. Поэтому обоснование режима орошения - важная составная часть задачи оптимизации мелиоративного режима на орошаемых землях.

Климатические условия значительно изменяются по годам, следовательно, и режимы орошения растений в разные годы будут различными.

При составлении проектов оросительных систем режимы орошения разрабатывают для лет различной обеспеченности дефицита естественного увлажнения D , т. е. разности между потенциальным суммарным водопотреблением растений E_{nom} и количеством атмосферных осадков Oc :

$$D = E_{nom} - Oc. \quad (3.3.1)$$

Для сухих лет потребуются большие объемы оросительной воды, соответственно оросительная система для подачи этой воды будет дороже, зато прибавка урожая от орошения будет больше. Для выбора расчетного года проводят технико-экономическое сравнение вариантов проекта оросительной системы, составленных для разных лет. Более высокая обеспеченность орошения экономически целесообразна для влаголюбивых и ценных культур.

Режим орошения для условий расчетного года называют проектным. В период эксплуатации оросительной системы изменения климатических, мелиоративных, хозяйственных условий учитывают в эксплуатационных режимах орошения, которые составляют при сезонном и оперативном планировании водопользования на предстоящий сезон, декаду, неделю.

Основой для разработки режимов орошения служит суммарное водопотребление выращиваемых культур.

Суммарным водопотреблением (суммарным испарением) называют количество воды, расходуемой на транспирацию растениями и испарение почвой за расчетный период. Эту величину измеряют в кубометрах на 1 га или в миллиметрах слоя воды за период вегетации, месяц, декаду, неделю, сутки. В различных условиях и для разных культур суммарное водопотребление составляет 250... 1000 мм за вегетацию.

Суммарное водопотребление зависит от метеорологических условий, вида и фазы развития растений, состояния почвы, ее затененности листьями, уровня агротехники, обеспеченности элементами питания, степени оптимальности водного, теплового, солевого, воздушного режимов. С улучшением условий произрастания растения используют воду более экономно.

Показателем продуктивности использования воды растениями служит *коэффициент водопотребления* - количество воды, затраченной на транспирацию растениями и испарение почвой для образования единицы массы основной продукции. Он изменяется от 10 до 100 мм/т. При повышении плодородия почвы и улучшении агротехники суммарное водопотребление увеличивается медленнее, чем урожайность. Увеличение урожайности за счет повышения обеспеченности растений водой возможно лишь до определенного предела, дальше для повышения продуктивности земель требуется новый уровень агротехники и плодородия почвы. Так, при увеличении урожайности овощей в 2,9...3,2 раза суммарное водопотребление возрастает лишь на 17...25 %, а коэффициент водопотребления уменьшается в 2,4...2,7 раза.

Суммарное водопотребление определяют несколькими методами (полевыми, аналоговыми, расчетными), ориентировочные его значения можно найти в справочниках.

Суммарное водопотребление обеспечивается за счет природных факторов (запасов почвенной влаги, осадков, подпитывания грунтовыми водами). При недостаточности естественного увлажнения подают оросительную воду.

Количество воды, подаваемой на единицу орошаемой площади за вегетационный период с целью поддержания требуемой влажности почвы в расчетном слое, называют *оросительной нормой*. Ее измеряют в м³/га или в мм слоя воды.

При определении оросительной нормы расчетный слой принимают равным активному слою в конце вегетации (слою, содержащему 90 % корней), м: для зерновых и зерновых бобовых он равен 0,7...0,9; овощей - 0,5...0,6; картофеля - 0,7; капусты - 0,6; сахарной и кормовой свеклы - 0,8...0,9; многолетних трав - 0,9; хлопчатника - 1; плодовых деревьев - 2,0...2,5.

По предложению А. Н. Костякова оросительную норму определяют как дефицит водопотребления растений из уравнения водного баланса для расчетного слоя почвы за период вегетации. Схема элементов водного баланса в расчетном слое h показана на рис.3.3.1. Изменение запасов влаги в расчетном слое за период вегетации при орошении:

$$\Delta W = W_{нач} - W_{кон} = E - \alpha Oc - M - g_{op}; \quad (3.3.2)$$

где ΔW - количество воды, используемой растениями из запасов почвенной влаги, накопленной к началу вегетации; $W_{нач}$ и $W_{кон}$ - запасы влаги в расчетном слое в начале и в конце вегетации; E - суммарное водопотребление растений за период вегетации года расчетной обеспеченности; α - доля осадков, впитавшихся в почву; Oc - осадки за период вегетации расчетного года; M - оросительная норма; g_{op} - водообмен между расчетным и подстилающим слоями за период вегетации при орошении; при $g_{op} > 0$ наблюдается переток влаги из грунтовых вод в почву, при $g_{op} < 0$ - нисходящий переток влаги из почвы в подстилающий слой или в грунтовые воды.

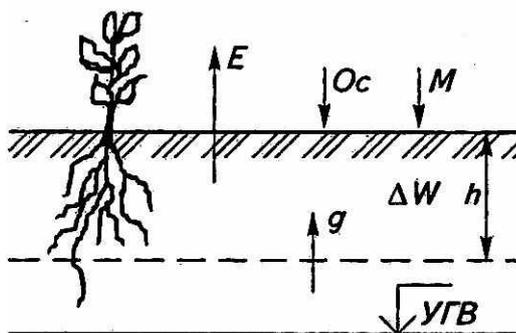


Рис.3.3.1. Схема элементов водного баланса в расчетном слое увлажнения h

Оросительные нормы для разных климатических зон, культур, почв, гидрогеологических условий различны. Так, для засушливой зоны $M = 500 \dots 1000$ мм, для зоны неустойчивого естественного увлажнения $M = 200 \dots 500$ мм, для зоны достаточного увлажнения $M = 50 \dots 200$ мм. Меньшие значения оросительной нормы относятся к засухоустойчивым культурам с коротким периодом вегетации.

3.3.2. Поливные нормы и сроки поливов. Невегетационные и дополнительные поливы. Графики гидромодуля. Особенности режима орошения риса

Поливные нормы и сроки поливов

В течение вегетационного периода оросительную норму подают частями в соответствии с изменением мощности корнеобитаемого слоя, потребностью растений в воде, естественным увлажнением, допустимыми пределами влажности. Чем чаще и меньше по величине поливы, тем точнее может быть выдержан требуемый режим влажности в расчетном слое, но при этом возрастают технические и организационные трудности и экономические затраты. Непрерывная подача воды, согласованная с режимом водопотребления, в настоящее время возможна только на автоматизированных системах капельного и подпочвенного орошения, которые пока не достигли достаточного уровня технического совершенства и не получили распространения из-за дороговизны. Традиционные способы полива (поверхностный и дождевание) позволяют осуществлять только периодические поливы.

Количество воды, подаваемой на 1 га поля за один полив, называют *поливной нормой* m , ее измеряют в $\text{м}^3/\text{га}$ или мм. Сумма поливных норм за период вегетации равна оросительной норме. Норму отдельного полива определяют как разность запасов воды в расчетном слое после и до полива, $\text{м}^3/\text{га}$:

$$m = W_2 - W_1; \quad (3.3.3)$$

где W_2 и W_1 - запасы влаги, $\text{м}^3/\text{га}$, до и после полива в расчетном слое $H, \text{м}$.

Предполивная влажность почвы определяется требованиями растений, при ее снижении возможно кратковременное угнетение растений; послеполивная влажность зависит от водоудерживающей способности почвы, обычно ее не доводят до ППВ (предельная полевая влагоемкость) во избежание потерь воды на просачивание.

Чем меньше диапазон регулирования влажности, тем меньше нормы, что благоприятно для растений и почвы, но поливы должны быть чаще. На поливные нормы влияют также мощность почвенного слоя и литологическое строение подстилающих грунтов. На маломощных почвах, подстилаемых хорошо проницаемыми грунтами, нормы уменьшают для снижения глубинной фильтрации оросительной воды. Оказывает влияние и рельеф местности: при больших укло-

нах поверхности земли поливные нормы принимают меньшими ввиду опасности эрозии почвы. На засоленных почвах поливные нормы больше, чем на незасоленных. Из опыта орошения земель установлены пределы поливных норм при разных способах полива: при поверхностном поливе 60... 100 мм, при дождевании - 20...70, при капельном — 5... 10, при подпочвенном - 40...80 мм.

Сроки и нормы поливов устанавливают различными методами. На работающих оросительных системах даты поливов назначают, измеряя влагозапасы в ключевых точках, или по состоянию растений, что менее точно; поливные нормы - исходя из опыта.

При проектировании оросительных систем разрабатывают проектный режим орошения для года расчетной обеспеченности. Нормы и сроки поливов определяют по балансовому методу А. Н. Костякова, в котором анализируются балансы запасов влаги в расчетном слое последовательно по коротким расчетным периодам - фазам развития растений, декадам, неделям. Определяют запасы воды в расчетном слое в конце каждого расчетного периода и, если запасы становятся меньше допустимых, назначают полив, это удобно делать графически.

Пример определения графическим методом норм и сроков полива по графикам зависимости влажности почвы и поливов по времени показан на рис.3.3.2.

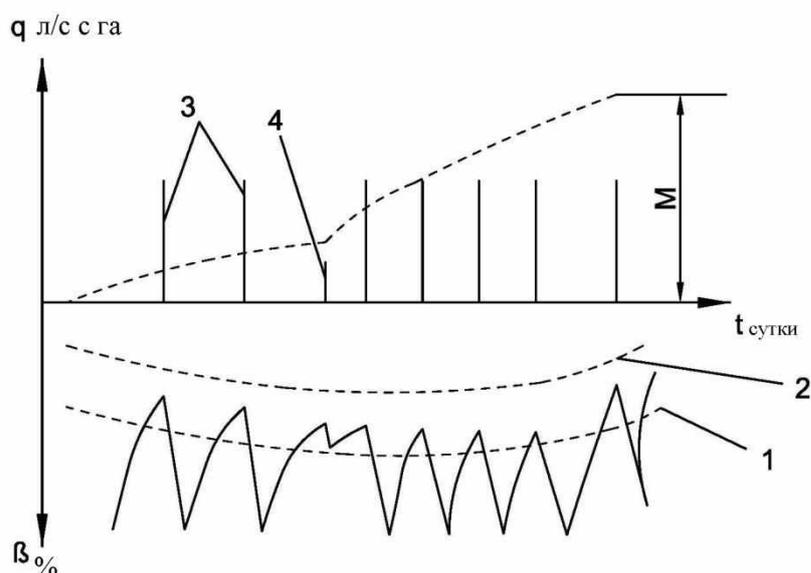


Рис. 3.3.2. График связи влажности почвы и поливов:

1 — линия оптимальной влажности W_{max} ; 2 — линия минимально-допустимой влажности для данной культуры W_{min} ; 3 — полив; 4 — осадки; q — интенсивность полива; β — влажность почвы; M — оросительная норма

В начале вегетационного периода влажность почвы обычно выше оптимальной, но постепенно она снижается (рис.3.3.2). В момент приближения к допустимому минимуму, следует дать первый полив, что увеличит влажность на некоторое время, пока не потребуются через промежуток времени t повторный полив если не выпадут осадки. Процесс продолжается до конца вегетационного периода.

Продолжительность одного полива, т. е. время от начала до конца полива, называют *поливным периодом*, который зависит от техники и технологии полива, организации и производительности труда, площади поливных участков, вида культур. Продолжительность поливного периода может быть от 3...5 до 12... 15 сут.

Невегетационные и дополнительные поливы

Кроме вегетационных поливов, регулирующих влажность в расчетном слое почвы в период развития растений, проводят поливы других назначений, которые должны быть учтены при

распределении водных ресурсов, проектировании оросительной сети, планировании мелиоративных, сельскохозяйственных и других работ.

Влагозарядковые поливы проводят в невегетационный период для создания требуемого запаса воды в расчетном слое к началу вегетации культур при недостаточном естественном увлажнении. Запас влаги создается в слое 1...1.5 м, норма влагозарядкового полива составляет 80... 150 мм.

Предпосевные поливы нормами 40...50 мм проводят в районах с сухой весной, где иссушение верхнего слоя почвы задерживает прорастание семян.

Послепосадочные поливы нормами 20...40 мм необходимы для культур, высаживаемых рассадой, для приживания рассады.

Освежительные поливы проводят в жаркие часы суток для овощей, чая, citrusовых. При поливах дождеванием достаточны нормы 5... 10 мм, при аэрозольном распылении воды над полем затрачивается 50... 150 л/га.

Противозаморозковые поливы нормами до 10...20 мм проводят в садах, на виноградниках и для других ценных культур в районах с прохладным или контрастным климатом, где в начале и в конце вегетационного периода наблюдаются ночные и утренние заморозки (отрицательные температуры воздуха). За счет высокой теплоемкости воды повышается температура на поверхности почвы и в приземном слое воздуха.

Удобрительные поливы проводят для внесения удобрений, микроэлементов, химмелиорантов в почву в растворенном виде. Нормы удобрительных поливов принимают в зависимости от требуемого количества внесения веществ и их растворимости. При возможности эти поливы совмещают с другими поливами.

Промывные поливы необходимы на засоленных или склонных к засолению землях для растворения и удаления из корнеобитаемого слоя вредных солей. При освоении засоленных земель для ликвидации существующего природного засоления проводят капитальные промывки, нормы которых обосновываются специальными расчетами и могут составлять 500...3000 мм и более. При орошении земель с близким залеганием минерализованных грунтовых вод или при плохом качестве оросительной воды возникает опасность вторичного засоления почв. Для предотвращения такого сезонного засоления проводят профилактические (эксплуатационные) промывки нормами 150...300 мм в невегетационные периоды.

Графики гидромодуля

Для проектирования оросительной сети и при ее эксплуатации необходимо знать расходы воды, пропускаемой каждым элементом сети и гидротехническим сооружением. Поэтому нормы поливов, представляющие собой объемы воды, переводят в расходы воды, подаваемой в течение определенного времени. При выполнении расчетов для участков различной площади удобно пользоваться удельным расходом, т. е. расходом воды, подаваемой на 1 га поливаемой площади данного поля с учетом доли этого поля в севообороте, который называют *гидромодулем*, л/(с · га):

$$q = \frac{\alpha m}{86,4 \beta t} ; \quad (3.3.4)$$

где α - содержание рассматриваемой культуры в севообороте или на орошаемом участке, доли единицы; m - поливная норма, м³/га; β - рабочее время, доли суток; t - поливной период, сут.

По значениям гидромодуля, подсчитанным для поливов всех культур на рассматриваемом участке, строят неукомплектованный график гидромодуля (рис. 3.3.3). Неукомплектованный график гидромодуля полностью соответствует расчетным режимам орошения всех культур, однако он имеет существенные недостатки. Неупорядоченность графика, сильная изменчивость ординат во времени требуют сложного режима эксплуатации мелиоративной системы, затрудняют или делают невозможной автоматизацию управления ее работой. Частые колебания расходов и перерывы в подаче воды ухудшают техническое состояние каналов, гидротехнических сооружений, трубопроводов. Наличие высоких кратковременных ординат требует большой про-

пускной способности оросительной сети и сооружений. Возможно также несоответствие полученного графика режиму источника воды для орошения.

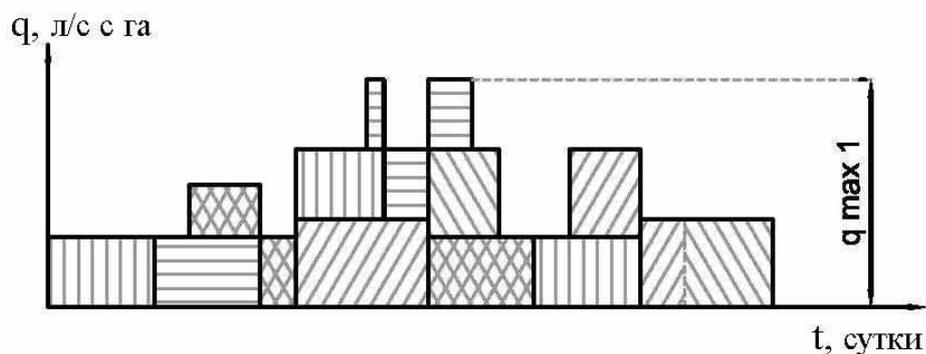


Рис. 3.3.3. Неукомплектованный график гидро модуля

Эти недостатки могут быть устранены за счет укомплектования графика гидро модуля. Укомплектованием называют некоторые допустимые изменения в графике гидро модуля за счет сдвига на 2...4 сут. средних дней поливов и изменения поливных периодов в возможных пределах. При этом обязательно сохраняют поливные нормы, для чего выполняют условие неизменности произведений qbt в неукомплектованном и укомплектованном графиках для каждого полива.

После укомплектования получают упорядоченный график гидро модуля без кратковременных высоких и низких расходов, без коротких перерывов в подаче воды. Примеры такого графика показаны на рис.3.3.4. С укомплектованного графика получают расчетные значения гидро модуля, по которым определяют максимальные значения расходов воды.

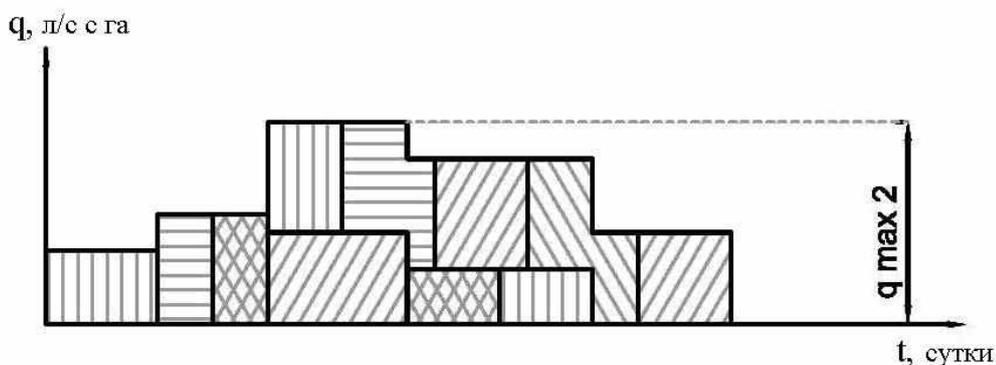


Рис.3.3.4. Укомплектованный график гидро модуля

Как видно из рисунков 3.3.3 и 3.3.4, в укомплектованном графике гидро модуля колебания расходов значительно меньше, т.е.

$$q_{max2} \ll q_{max1},$$

что говорит о рациональном использовании потребляемой на орошение воды в данном случае.

График гидро модуля позволяет сопоставить режим орошения с расходами воды, выделяемой из источника в различные по водообеспеченности годы и периоды, выявить периоды с дефицитами оросительной воды и возможные пути устранения дефицитов путем корректировки графиков поливов.

Особенности режима орошения риса

Рис, одна из наиболее распространенных сельскохозяйственных культур, - растение-гидрофит, которое не нуждается в кислороде почвенного воздуха, а получает его через листья и

стебли. Это дает возможность поливать рис затоплением, которое применяют для регулирования теплового и солевого режимов почвы, для борьбы с сорняками. Непрерывным или длительным затоплением поливают 76 % посевов риса на Земле.

В связи с необходимостью создания и поддержания слоя воды на поверхности земли при орошении риса воды затрачивается больше, чем для других культур. Оросительная норма риса

$$M = E - Oc + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6, \quad (3.3.5)$$

где E — суммарное водопотребление риса за период вегетации; Oc -атмосферные осадки за вегетацию; W_1 — объем воды, идущей на заполнение до полной влагоемкости слоя от поверхности земли до уровня грунтовых вод или до водоупора перед затоплением; W_2 - объем воды, требуемой для создания слоя на поверхности земли; W_3 - объем воды, расходуемой на боковую и глубинную фильтрацию; W_4 , - объем воды, теряемой в сооружениях и на фильтрацию через оградительные земляные валики; W_5 - объем воды, затрачиваемой на создание проточности воды в рисовых чеках; W_6 - объем воды, затрачиваемой на сбросы воды из чеков.

Оросительная норма риса в зависимости от природных условий, режима орошения, сорта риса, технического состояния оросительной системы изменяется в широких пределах. Она может составлять от 500 до 3000 мм и более. График гидромодуля риса составляют по периодам, соответствующим режиму подачи воды (первоначальное затопление, поддержание слоя воды, сбросы воды, увеличение слоя).

При длительном затоплении ухудшаются водно-физические свойства почвы, нарушаются химические и микробиологические процессы, снижается плодородие почвы, поэтому посевы риса не должны превышать 70...75 % состава севооборота. В рисовый севооборот вводят люцерну, клевер, кукурузу, сою, озимую пшеницу. График гидромодуля для рисового севооборота составляют по обычным правилам, складывая гидромодули отдельных культур с учетом их содержания в севообороте.

3.3.3. Способы и техника полива сельскохозяйственных культур. Поверхностный способ полива. Полив дождеванием. Типы дождевальных систем. Внутрипочвенный полив

Сельскохозяйственные культуры и другие зеленые насаждения поливают следующими способами: поверхностным самотечным, дождеванием, капельным (внутрипочвенным, подпочвенным). Дополнением к ним могут быть дисперсное и аэрозольное увлажнение. Каждому способу полива соответствуют элементы и устройства, переводящие воду из состояния сосредоточенных токов в состояние почвенной влажности, - это регулирующая оросительная сеть и техника полива.

Поверхностный способ полива

При поверхностном способе полива вода распределяется по поверхности земли - бороздам, полосам, чекам и поступает к корням растений путем гравитационного и капиллярного впитывания. Этот способ можно применять на территориях со спокойным рельефом, уклонами 0,0005...0,01, достаточной мощностью почв, при поливных нормах не менее 600 м³/га, промывках засоленных земель.

По *бороздам* поливают широкорядные пропашные, плодовые, кустарниковые культуры, виноградники, ягодники. Борозды нарезают в междурядьях по направлению благоприятного уклона параллельно сторонам поля. Ширина междурядий зависит от вида растений, проницаемости почв и может составлять 0,45... 1,5 м. Борозды имеют глубину 10...30 см, наполнение $h = 3...5$ см, ширину по дну $b = 3...5$ см, заложение откосов $m = 1$. Длину борозд рассчитывают, и она может составлять 60...400 м. Расход воды в борозду рассчитывают из условий подачи и впитывания поливной нормы, он составляет 0,2...2 л/с. Скорость течения воды по борозде не должна превышать размывающую.

Участок местности с уклоном 0,003 - 0,01 разбивается на поливные борозды, причем длина борозд 60 - 150 м. При этом образуются орошаемые участки с расстоянием между бороздами 50 - 80 (рис.3.3.5).

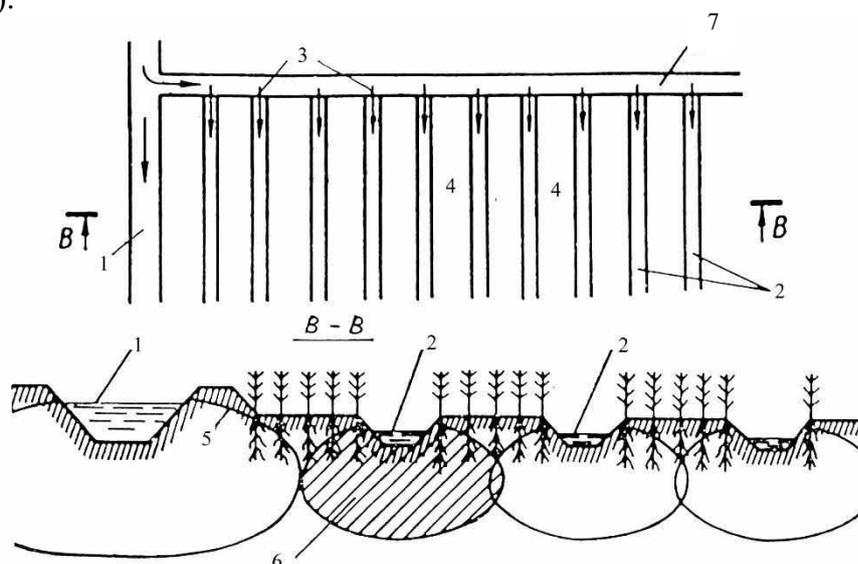


Рис.3.3.5. Схема полива по бороздам:

1 - временный оросительный канал; 2- поливные борозды; 3- земляные перемычки; 4- орошаемые участки; 5- уровень капиллярной воды; 6- зона увлажнения водой; 7- выводные борозды

Когда необходим полив, разбираются земляные перемычки и вода спускается по поливным бороздам. Вода поступает к корням растения не за счет просачивания сверху, а за счет капиллярного подъема и бокового просачивания. Необходимо заполнить водой поливные борозды на определенное время, необходимое для того, чтобы напитать орошаемый участок влагой. Концы борозд делают тупыми, сброса воды через них нет.

Полив по бороздам является наиболее экономичным из способов поверхностного орошения и обладает следующими достоинствами:

- почва на гребнях увлажняется капиллярно, поэтому структура почвы разрушается незначительно, почва сохраняет воздух во время полива;
- почва на гребнях уплотняется, скважность уменьшается мало и не образуется корка;
- частые рыхления борозд способствуют уничтожению сорняков;
- полив может быть произведен относительно малой поливной нормой;
- полив по бороздам можно применять на всех почвах, кроме засоленных, и для всех культур;

- полив дает более высокий урожай, чем напуск по полосам;
- меньше помех механизации сельскохозяйственным работам.

Недостатком полива по бороздам является опасность скопления солей в гребнях. Для предупреждения этого следует ежегодно на одном и том же участке чередовать положение гребней и борозд.

По *полосам* поливают культуры узкорядного и сплошного сева. Полосы устраивают по наибольшему уклону местности, поперечный уклон полос недопустим. Полосы разделяют продольными валиками высотой $h_v = 10... 15$ см. Ширина полос l_n зависит от выравниваемости поверхности земли и составляет 3,6... 18 м (рис.3.3.6). Слой воды в полосе $h_w = 5... 7$ см. Длина полос - в пределах 60...400 м и зависит от уклонов поверхности и проницаемости почв. Расход воды, подаваемой в полосу, - 2...5 л/с на 1 м ширины полосы.

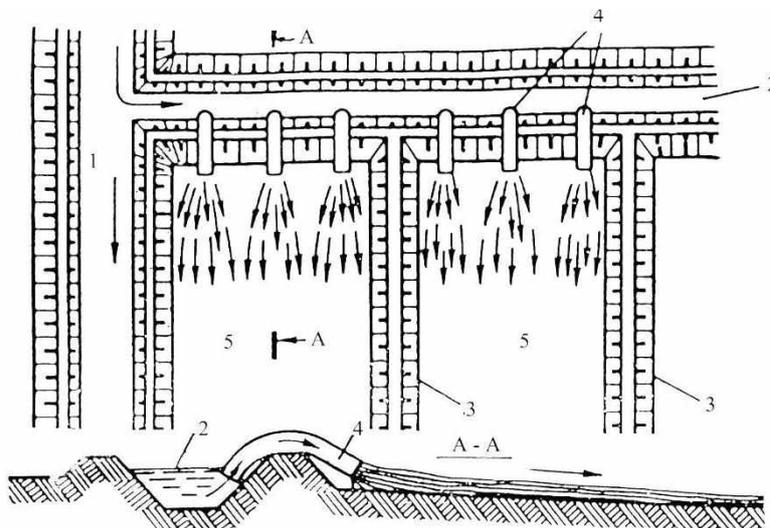


Рис.3.3.6. Схема полива напуском по полосам:

1- временный оросительный канал; 2- выводная борозда, труба или канава; 3- валики; 4- водовыпуски: прокоп в валике или сифон; 5 - полосы орошения

Достоинством этого вида полива является то, что при этом обеспечивается лучшая заделка семян при посеве и обеспечивается равномерный водовоздушный режим. Потери площади под поливную сеть при этом сведены к минимуму - 5 - 7%.

Существенные недостатки способа: происходит сильное разрушение структуры почвы, возникает опасность смыва почвы при поливе, и на длительное время прекращается аэрация почвы. Поэтому этим способом пользуются реже.

Чеки представляют собой горизонтальные площадки, окруженные валиками. По чекам поливают затоплением рис и проводят промывки засоленных земель. Площадь чека может быть от 0,2 до 20 га в зависимости от рельефа и возможностей проведения планировочных работ. Высота ограждающих валиков зависит от слоя воды в чеке: 0,05...0,25 м при поливе риса и 0,5...0,7 м при промывках(рис.3.3.7).

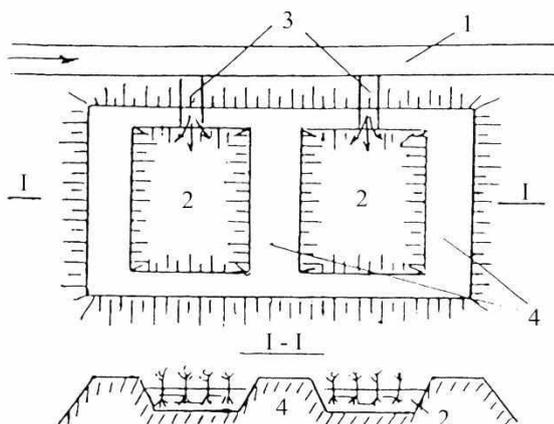


Рис.3.3.7.Схема полива затоплением по чекам:

1- временный ороситель; 2 -чеки; 3 -прораны; 4 – валики

Этот способ полива обладает существенными недостатками:

- требуются большие поливные нормы;
- легко разрушается комковатая структура почвы;
- на поверхности почвы поливного участка образуется корка большей мощности, чем при поливах по бороздам или по полосам;

- уменьшается скважность и аэрация почвы, что влечет за собой уменьшение азота в почве;
- затрудняется применение механизации работ из-за наличия ограждающих валиков;
- затрудняется планировка почвы, т.к. требуется высокая сложность планировки.

В последнее время внедряется выращивание риса при периодических поливах, когда периоды затопления в 5 - 7 дней чередуются с периодами полного отсутствия воды также в течение 5-7 дней.

Длины борозд и полос, ширина полос, площади чеков, расходы воды, подаваемой в них, влияют на производительность труда поливальщиков. Так, сменная производительность поливальщика на поливе по бороздам составляет 0,3...0,4 га при длине борозды 70... 100 м и 2...4 га - 300...400 м, при поливе по полосам - 6...8 га, при поливе затоплением - 8...25 га. Увеличение расходов воды сокращает время полива и соответственно повышает производительность труда, но ограничено экологическими требованиями. Увеличение подачи воды в борозды, полосы, чеки создает опасность размыва почв, поэтому оно возможно только в пределах допустимых скоростей воды. Кроме того, повышение подаваемых расходов увеличивает непроизводительные сбросы поливной воды в конце борозд и полос.

Увеличение длины борозд и полос, ширины полос и площади чеков возможно лишь за счет планировки поверхности земли, выравнивания ее и придания требуемого уклона путем срезов и подсыпок почвы. Такие работы существенно нарушают почвенный покров и снижают плодородие почв. Обоснование объема планировочных работ должно учитывать экологические требования по сохранению почвенного покрова и включать экономическое сравнение полученного эффекта от повышения производительности труда с затратами на мероприятия по восстановлению почвенного плодородия и ущербами от недобора продукции. При этом надо также учитывать, что при длинных бороздах или полосах неравномерность увлажнения почвы возрастает по их длине, приводя к перерасходу воды, увеличению глубинных сбросов и, как следствие, к подьему уровня грунтовых вод.

Достоинства поверхностного самотечного способа полива - большой опыт, накопленный с древних времен, небольшие энергетические затраты на выполнение поливных работ. Недостатки поверхностного способа полива: большие затраты ручного труда, трудоемкость работ, низкая производительность труда, необходимость значительных объемов планировочных работ, неравномерность полива по площади и глубине, существенные потери воды на поверхностные и глубинные сбросы, трудности механизации и автоматизации работ, регулирования поливных норм, невозможность частых поливов малыми поливными нормами, опасность эрозии почв. Поверхностное орошение по сравнению с другими способами полива негативно влияет на почвы (эрозия, вымыв питательных веществ), грунтовые воды (повышение их уровня, загрязнение агрохимикатами), поверхностные воды (загрязнение сбросами поливных вод с полей).

Поверхностный полив применяют в основном в засушливой зоне с высокими дефицитами водного баланса почв, где орошение сельскохозяйственных культур требует больших поливных норм (600... 1200 м³/га).

Полив дождеванием

Полив дождеванием заключается в разбрызгивании воды над поверхностью земли и образовании искусственного дождя. При этом увлажняются почва, надземные части растений и приземный слой воздуха. Для образования дождя используют дождевальное устройство - насадки и аппараты. Дождевальное устройство - это короткоструйные устройства, охватывающие дождем всю площадь одновременного полива. По конструкции они бывают дефлекторными (рис.3.3.8), спиральными, щелевыми и др., кругового и секторного полива. Для работы насадок требуются напоры воды $H=10...20$ м, расходы $Q = 2...10$ л/с. Радиусы полива $R = 5... 15$ м. Короткоструйные дождевальное устройство применяют на дождевальных машинах, работающих в движении, или ус-

танавливают на трубопроводах оросительной сети для полива газонов, клумб, а также в теплицах и оранжереях.

Дождевальные аппараты являются струйными устройствами, работающими в движении по кругу или сектору (рис.3.3.9). Они образуют струю воды, которая движется по кругу, постепенно поливая площадь круга или сектора. Аппараты бывают среднеструйные ($R=20...50$ м, $Q=1,2...5$ л/с, $H=20...50$ м) и дальнеструйные ($R=50...80$ м, $Q=20...100$ л/с, $H=50...80$ м). Дождевальные аппараты устанавливают как непосредственно на трубопроводах оросительной сети, так и на дождевальных машинах.

Качество дождя, создаваемого дождевальными устройствами, оценивают крупностью капель и интенсивностью дождя. Капли дождя должны быть не крупнее 2 мм, иначе они повреждают растения и разрушают структуру почвы.

Интенсивностью дождя называют слой дождя, выпадающего в единицу времени, который измеряют в мм/мин или в м/ч:

$$e = Q/F; \quad (3.3.6)$$

где F — площадь одновременного охвата дождем.

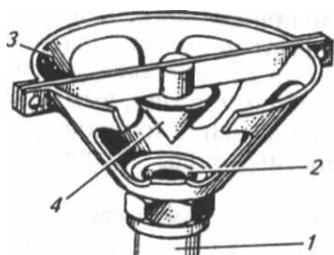


Рис. 3.3.8. Дефлекторная насадка:
1 - присоединительное устройство; 2-сопло, 3- направляющая стенка; 4 - дефлектор-рассеиватель струи

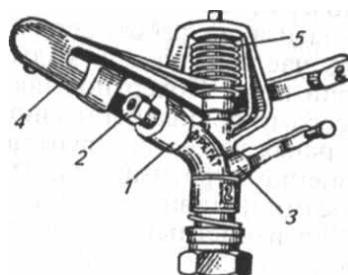


Рис. 3.3.9. Струйный дождевальный аппарат:
1 - ствол; 2 - сопло; 3 -вспомогательное сопло, 4-коромысло; 5-возвратная пружина

Интенсивность дождя не должна превышать скорость впитывания воды в почву в течение всего полива, иначе образуются лужи, поверхностный сток и создается опасность эрозии почв. Так, максимально допустимая интенсивность дождя, мм/мин, составляет на слабопроницаемых глинистых почвах 0,1...0,2, на среднепроницаемых суглинистых - 0,2...0,3, на почвах хорошей проницаемости (песчаных, супесчаных) - 0,5...1.

Для полива созданы дождевальные установки, машины, агрегаты, на которых используют различные насадки и аппараты. Установки получают воду под напором из оросительной сети и не имеют устройств для передвижения по поливаемой площади. Машины также поливают от напора в сети, но имеют свой привод для передвижения. Агрегаты имеют автономное насосно-силовое оборудование и привод для передвижения. Понятия «установка», «машина», «агрегат» часто для краткости объединяют одним - «дождевальная машина».

Дождевальные машины отличаются по конструкции, характеристикам, способу передвижения, типу оросительной сети, степени автоматизации полива и по другим показателям. Выбирают дождевальную машину для полива конкретного участка с учетом природных, хозяйственных и экономических условий. Для этого проверяют возможности применения различных машин:

- по допустимым скоростям ветра для короткоструйных, среднеструйных и дальнеструйных дождевальных устройств (из-за нарушения равномерности распределения дождя по площади захвата);

- допустимым уклонам поверхности земли, которые ограничены конструкциями машин и типом оросительной сети (трубчатая или открытая);

- водопроницаемости почвы: для позиционных машин интенсивность дождя должна быть меньше скорости впитывания воды в почву, а поливная норма не должна превышать так называем-

мую «достоковую норму», при которой начинается поверхностный сток; скорость машин, работающих в движении, должна быть такой, чтобы слой поданной воды не превышал слоя впитывания за время полива; для машин, подающих поливную норму за несколько проходов, слой дождя за один проход не должен превышать слой впитывания за время одного прохода;

- виду поливаемых растений, в основном по их высоте, которую сравнивают с возможностями машины;

- площади, конфигурации и размерам полей, которые должны быть согласованы с длиной и шириной захвата дождевальной машины;

- стоимости машин и оросительной сети, затратам энергии, наличию подготовленных кадров для эксплуатации машин, наличию в хозяйстве другой дождевальной техники.

Таким образом, дождевальную технику для полива конкретного участка выбирают на основе анализа экологических и экономических условий.

Достоинства полива дождеванием следующие:

- сохранение структуры почвы,
- возможность частых поливов малыми поливными нормами,
- снижение глубинной фильтрации поливной воды,
- равномерность полива по площади, увлажнение воздуха и самих растений,
- механизация и автоматизация полива,
- повышение производительности труда,
- снижение требований к планировке поверхности земли,
- повышение коэффициента земельного использования,
- высокие коэффициенты полезного действия закрытой сети,
- отсутствие препятствий для механизированных сельскохозяйственных работ,
- возможность внесения удобрений с поливной водой.

Недостатки дождевания:

- потребность в дорогостоящих машинах и заводах-изготовителях техники,
- электроэнергии и топливо-смазочных материалов, квалифицированном обслуживающем персонале,

- высокая стоимость закрытой трубчатой сети,
- влияние ветра на качество полива, необходимость очистки воды от наносов.

Дождевание применяют в зонах достаточного и неустойчивого увлажнения, где орошение является дополнением к естественным осадкам, на землях с неоднородным рельефом и сложным микрорельефом, при малых глубинах пресных грунтовых вод, при просадочных грунтах, при орошении культурных пастбищ, при необходимости частых поливов малыми поливными нормами.

Система дождевания состоит из основных четырех элементов:

- источника орошения,
- насосной установки,
- водоподводящего трубопровода,
- дождевальной установки.

Схема элементов системы дождевания представлена на рис.3.3.10.

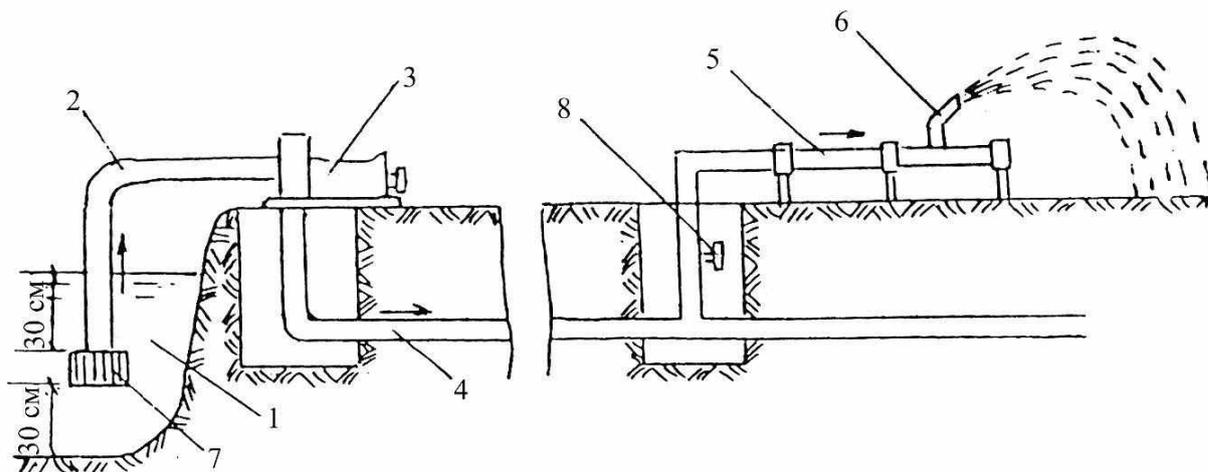


Рис.3.3.10. Схема элементов системы дождевания:

1 - источник орошения; 2 - всасывающая труба; 3 - насосная установка; 4 - постоянный трубопровод; 5 - переносной трубопровод; 6 - дождевальная установка; 7 - всасывающий клапан, 8 – гидрант

Источником орошения для дождевания может служить любой водоем с достаточным количеством пригодной для поливов воды.

Чтобы избежать размыва дна водоема и попадания грязи в насос, входное отверстие трубы располагают не менее 30 см от дна реки.

Чтобы не засасывался воздух, входное отверстие трубы располагают ниже уровня воды на 30 - 50 см.

Таким образом, в месте забора глубина воды должна быть не менее 80 - 100 см.

Необходима периодическая очистка водоема, т.к. водоросли и взвешенные наносы мешают нормальной работе насосной станции.

Насосы для дождевальных установок применяют центробежные производительностью 16 - 60 - 100 л/сек.

Всасывающий трубопровод располагают или на мостике из свай, или из асбестоцементных труб на соединительных муфтах. Диаметр труб применяют обычно 150 - 200 мм.

Напорный трубопровод, подающий воду от насосной установки к дождевателю, составляют из чугунных или асбестоцементных труб. Асбестоцементные трубы обладают рядом преимуществ перед чугунными - они дешевле, их легко собирать при помощи соединительных муфт, не подвергаются коррозии и благодаря меньшей шероховатости пропускают воду при одинаковых диаметрах на 10% больше. Недостатком этих труб является то, что они легко разбиваются, поэтому их следует закапывать в землю на глубину 70 см.

Для полива, в зависимости от организационно-хозяйственных и природных условий, используют три типа дождевальных систем:

- стационарные;
- полустационарные;
- передвижные.

Стационарные дождевальные системы отличаются тем, что все элементы их находятся в стационарном положении, т.е. насосная станция, трубопровод и дождеватель неподвижны.

Дождевание осуществляется дождевальными аппаратами с расходом воды около 80 л/с. Дождевателями в этой системе являются трубы с отверстиями на столбах высотой 3 - 3,5 м, расставленных по орошаемому участку. Процесс полива механизирован и автоматизирован. Однако вследствие очень высоких капитальных затрат такие системы не получили широкого распространения. Их применяют в основном на посевах высокорентабельных сельскохозяйственных культур.

Полустационарные дождевальные системы получили наибольшее распространение. Они характеризуются применением дождевальных машин, агрегатов и установок, получающих воду из постоянных распределительных трубопроводов на орошаемом массиве, т.е. в таких системах неподвижными являются насосная станция и трубопровод, а подвижными - распределительный трубопровод и дождеватель, перемещаемые по полю с одного места на другое. Такие системы более экономичны и потому наиболее применяемые при орошении.

Передвижные дождевальные системы характеризуются тем, что все элементы системы в процессе полива могут перемещаться с позиции на позицию: и насосная установка, и трубопровод, и дождеватель. Используют установки с быстроразборными алюминиевыми трубопроводами и среднеструйными дождевальными аппаратами. Быстроразборные трубопроводы обеспечивают распределение и регулирование подачи воды.

К передвижной системе относится двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100, смонтированный на движущемся комбайне (тракторе), так называемый «Фрегат», схема которого представлена на рис.3.3.11.

Агрегат состоит из передвигающихся насосной станции и дождевальной консольной фермы. Дождевальная ферма опирается на трактор и состоит из двух крыльев по 55 м каждое. Нижние пояса ферм имеют перфорированный трубопровод, или трубы диаметром от 100 до 50 ммс разбрызгивающими насадками, расположенные в шахматном порядке через 5 м друг от друга.

Оросительные каналы устраивают на расстоянии 120 м с глубиной 50-60 см.

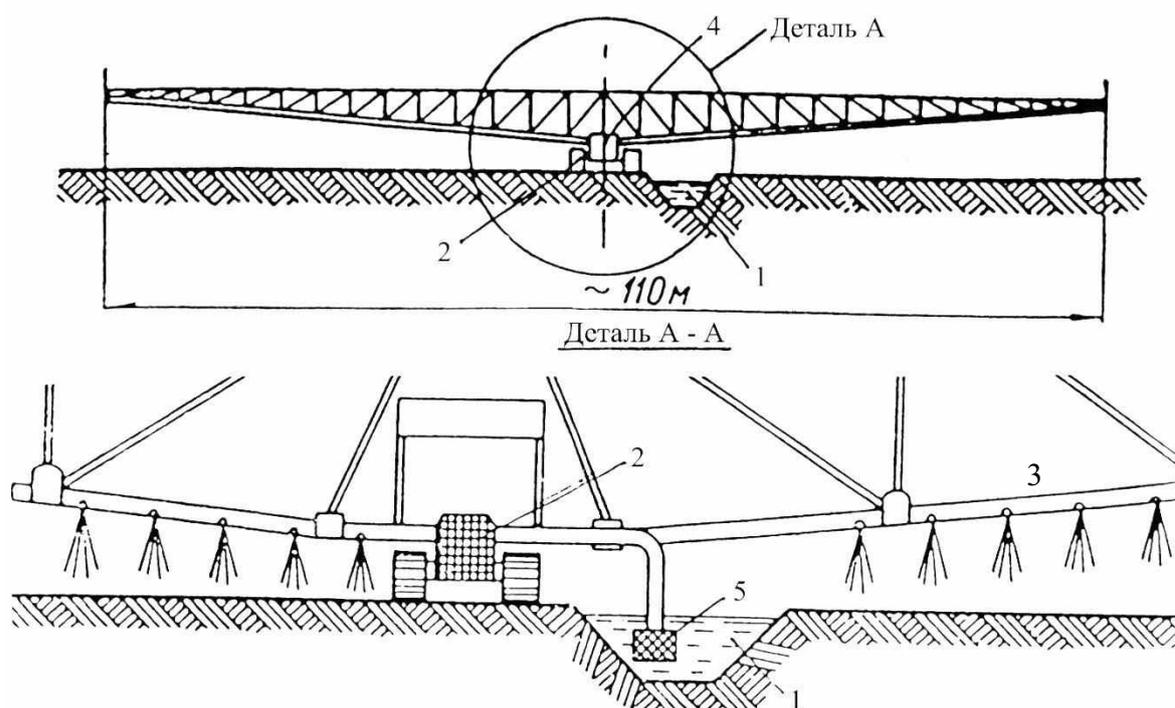


Рис.3.3.11. Схема дождевального агрегата ДДА - 100:

1 - источник орошения (канал); 2 - гусеничный агрегат (трактор); 3 - перфорированный подвесной трубопровод; 4 - насос; 5 - всасывающая труба

При движении агрегат поливает полосу шириной 120 м (по 50 м в каждую сторону) со скоростью 360м/час.

Производительность этого агрегата в среднем составляет 1 га/час.

По сравнению с поверхностным орошением дождевание обладает рядом преимуществ:

1. Расход воды на орошение меньше на 15 - 30 % (для получения одного и того же урожая). Возможность давать более частые поливы малыми нормами и проводить освежительные поливы в жаркую пору.

2. При дождевании приземный слой воздуха увлажняется больше, чем при других способах полива, что способствует уменьшению испарения.

3. При дождевании требуется менее тщательная планировка, чем при поверхностном орошении; отпадает сооружение валиков, выводных и полных борозд; возможность применять полив при сложном микрорельефе.

4. Оросительные каналы можно располагать в выемках, в то время как при поверхностном орошении каналы необходимо располагать в полунасыпях или насыпях.

5. При малой интенсивности дождя и небольших нормах полива дождевание незначительно разрушает почвенные комки.

6. При дождевании можно вносить в почву водорастворимые удобрения.

7. При дождевании почва увлажняется на меньшую глубину, что важно при орошении земель с близким залеганием грунтовых вод засоленных почв.

8. Существует возможность замены части оросителей переносными или гибкими трубопроводами и сокращения длины постоянной оросительной сети.

В то же время дождевание обладает некоторыми недостатками:

1. Строительные и эксплуатационные расходы при дождевании на малых участках выше, чем при поверхностном орошении.

2. Дождевание требует значительных затрат механической энергии. Так на один полив 1 га расходуется от 40 до 100 квт.ч.

3. Организация дождевания требует больших затрат металла (30 - 90 кг/га).

Внутрипочвенный способ полива

Внутрипочвенный (капельный) способ полива - индивидуальная подача воды растениям (как правило, плодовым деревьям и ягодным кустарникам) малым расходом в соответствии с их водопотреблением. Воду подают от насосной станции под напором по системе трубопроводов в поливные трубопроводы с капельницами. Поливные трубопроводы укладывают вдоль рядов растений, на которых устанавливают 1...4 капельницы на одно растение. Капельницы - устройства для равномерной подачи малых расходов воды (1...9 л/ч), суточная норма полива составляет 16...40 м³/га. Разработано много различных конструкций капельниц.

Капельное орошение применяют во многих странах мира, расположенных в засушливой зоне, при дефиците водных ресурсов, наличии энергии, выращивании ценных культур, высоком уровне агротехники. Капельный полив часто используют в теплицах, оранжереях.

При капельном способе полива воду подают непосредственно в корнеобитаемую зону по внутрипочвенным увлажнителям, и она поступает в почву за счет ее всасывающей силы или под небольшим напором (до 1 м). В увлажнители вода поступает из трубопроводов или каналов. Внутрипочвенные увлажнители устраивают постоянными или временными, а по конструкции - трубчатыми или кротовыми.

Постоянные трубчатые увлажнители выполняют из пористых труб, перфорированных пластмассовых или коротких гончарных трубок с зазорами в стыках. Глубина их укладки - 0,4...0,5 м, расстояния между увлажнителями - 0,7...2 м в зависимости от свойств почвы и вида растений, диаметр - 50...75 мм, длина - 50...200 м, уклон - 0,002...0,004. Временные увлажнители устраивают из микропористых полиэтиленовых трубок диаметром 16...20 мм, длиной до 100 м, которые прокладывают на глубине 15...30 см с расстоянием 0,3...0,5 м перед посевом на один сезон.

Кротовые увлажнители представляют собой цилиндрические полости в связном грунте, выполненные кротовыми машинами. Они имеют диаметр 30...50 мм, глубину 0,4...0,5 м, расстояние 0,7...2,0 м, уклон 0,002...0,004, длину 50...200 м.

Внутрипочвенный способ полива сохраняет структуру почвы, благоприятный воздушный режим, уменьшает число обработок почвы, процесс полива в значительной степени автоматизирован и менее трудоемок. По увлажнителям можно подавать растворенные удобрения. По санитарно-гигиеническим условиям внутрипочвенный способ полива является наилучшим при орошении сточными водами. Недостатки внутрипочвенного способа полива: недоувлажнение верх-

него 5...7-сантиметрового слоя почвы, что влияет на всхожесть семян; значительные потери воды на глубинную фильтрацию; при наличии солей в подпахотном слое возможно засоление верхнего слоя почвы; трудность контроля за работой увлажнителей; высокая стоимость.

Способ капельного орошения применяют преимущественно на осушаемых землях с хорошо проницаемыми грунтами. Он экономичный по потреблению воды, т.к. вода поступает к растению прямо под корешок (рис.3.3.12).

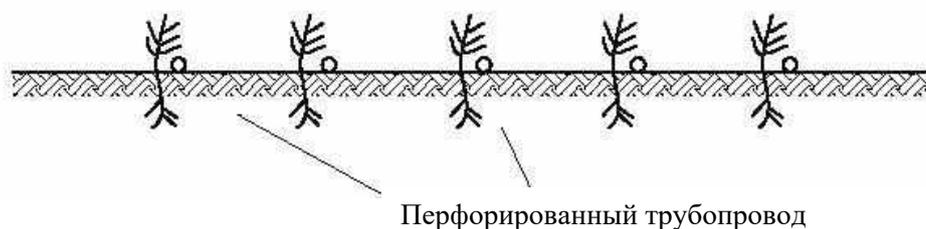


Рис.3.3.12.Схема капельного полива

Необходимо отметить, что способ очень дорогой и сложный в эксплуатации, поэтому его обычно применяют лишь для дорогих и редких плодоносных культур.

Подкорневой капельный полив

При этом способе полива трубопровод заглублен на 30 - 60 см в землю, поэтому не мешает сельскохозяйственным машинам, обрабатывающим землю (рис.3.3.13).

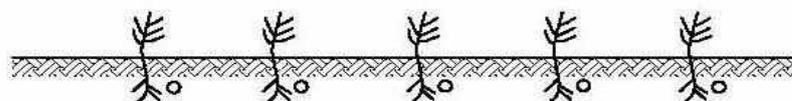


Рис.3.3.13. Схема прикорневого капельного полива

Объем воды на полив сокращается, но при этом становится более дорогим производство самого полива.

Подпочвенное орошение обладает рядом ценных качеств:

- 1) капиллярное увлажнение не разрушает структуру почвы;
- 2) аэрация почвы высока, что улучшает жизнедеятельность бактерий;
- 3) нормы полива малы, т.к. испарение с почвы незначительно, а утечки через осушитель можно отрегулировать;

4) отсутствуют помехи, затрудняющие движение машин по полю;

5) орошение выполняют при небольшой затрате ручного труда;

6) не требуется планировки поля;

7) на таких полях повышается урожайность;

Основные недостатки подпочвенного орошения:

- 1) засоление поверхностного слоя почвы постоянным восходящим током воды;
- 2) возможность заиливания подземных труб;
- 3) значительные оросительные затраты.

Дополнением к перечисленным способам полива могут служить *дисперсное и аэрозольное* увлажнение, применяемые для регулирования микроклимата над полем или в помещениях теплиц. Дисперсные распылители образуют капли диаметром менее 0,5... 1 мм, а туманообразующие

установки создают облако мелкораспыленной воды с диаметром капель 300...500 мк. Распыление над полем 100...400 л/га в жаркие часы суток за 1,5...2 ч на 6...12 °С снижает температуру воздуха, повышая его влажность. Так, дождевание чая, цитрусовых, табака вместе с дисперсным увлажнением дает прибавку урожайности 70...80 %.

3.3.4. Оросительные системы, основные элементы. Проводящая и регулирующая оросительная сеть. Конструкции и расчет оросительной сети

Для работы регулирующей оросительной сети и поливной техники необходимо создание оросительных систем. В общем случае они состоят из:

- головного водозаборного сооружения;
- проводящей оросительной сети;
- регулирующей оросительной сети и поливной техники;
- водосборно-сбросной сети;
- регулирующей, ограждающей и проводящей осушительной сети;
- дорожной сети;
- гидротехнических сооружений;
- лесных полос и насаждений;
- средств контроля мелиоративного режима земель, управления и связи;
- объектов сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения, энергетического назначения;
- производственных и жилых зданий и построек службы эксплуатации.

Оросительную систему привязывают к источнику воды, который в принципе не входит в ее состав, хотя для орошения небольших участков можно сооружать свои источники в виде небольших водохранилищ, прудов, копаней.

Основные элементы оросительной системы представлены на рис. 3.3.14.

Вся сеть каналов до временных оросителей является постоянной. Временные оросители и примыкающая к ним сеть каналов является временной, сооружаемой ежегодно после осуществления посевов и заравнивается вновь перед уборкой урожая.

Наличие временных элементов оросительной сети обусловлено необходимостью обеспечить участки земли, не пересеченные каналами, на которых могла бы эффективно использоваться сельскохозяйственная техника, а также стремлением более эффективно использовать орошаемые площади для возделывания сельскохозяйственных культур.

Оросительную сеть разделяют на *проводящую* и *регулирующую*.

Проводящая оросительная сеть

Проводящая оросительная сеть служит для подачи воды от головного водозаборного сооружения на источнике орошения к регулирующей оросительной сети и элементам техники полива. К ней предъявляют требования достаточной пропускной способности, надежности и долговечности. Ее расположение на территории увязывают с границами, коммуникациями, рельефом. Оросительная сеть должна по возможности иметь наименьшую протяженность, стоимость, учитывать потребности в воде других отраслей хозяйства (энергетика, рыбоводство, судоходство, водоснабжение, промышленность).

Расположение оросительной сети на плане зависит от организации территории, рельефа местности, типа сети, расположения регулирующей сети и техники полива.

Орошаемые земли разбивают на севооборотные участки, отдельные посевные участки, многолетние насаждения (сады, виноградники, ягодники), прочие угодья. По намеченным постоянным границам проектируют оросительную сеть, дороги, лесополосы, линии связи и другие коммуникации, для которых отводят полосы отчуждений. Площади полос отчуждений сокращают полезную площадь посевов и насаждений, поэтому целесообразно принимать максимально

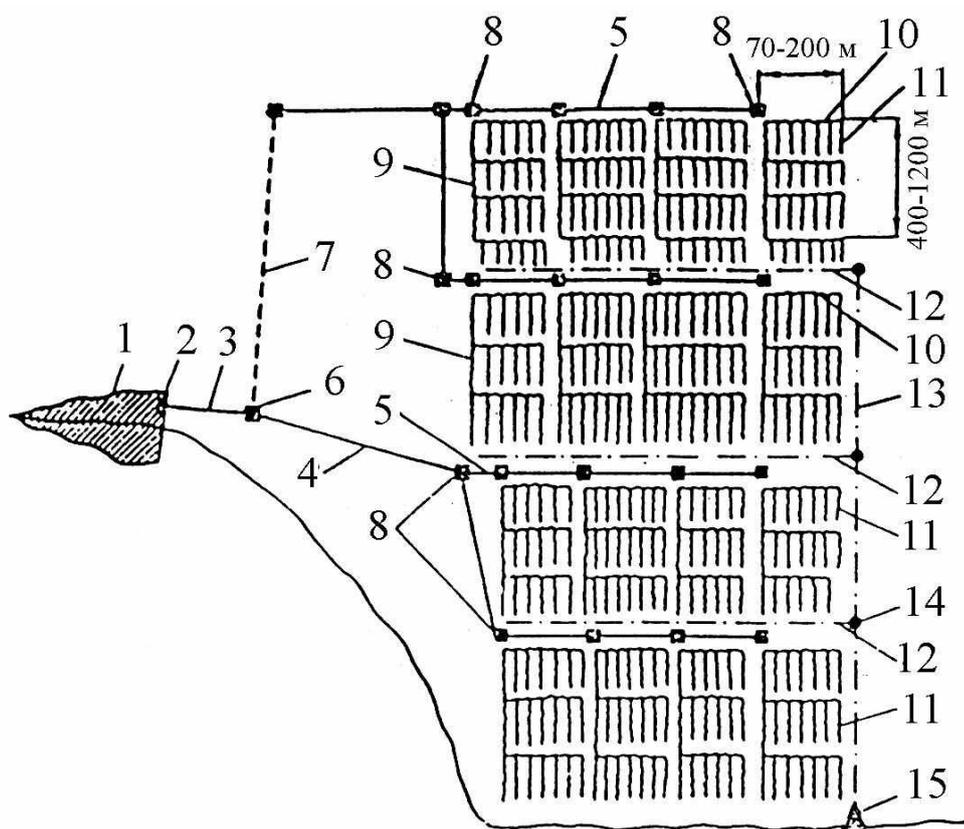


Рис.3.3.14. Основные элементы оросительной системы:

1- источник орошения (река, озеро, водохранилище); 2- головное или водозаборное сооружение, служащее для забора воды из источника орошения и для предохранения оросительной системы от проникновения в нее наносов, для чего в его состав входят отстойники; 3- магистральный оросительный канал, его холодная часть, где нет отбора воды; 4- рабочая часть магистрального канала, где от него отделяются водопроводящие каналы; 5 - распределительные водопроводящие каналы или лотки; 6- насосная станция, с помощью которой подается вода для орошения участков, расположенных выше уровня магистрального канала; 7- напорный трубопровод, идущий от насосной станции; 8- шлюзы-регуляторы в месте отвлечения от магистрального канала распределительных каналов; 9- временные оросители, в месте отвлечения их от распределительных каналов также имеются шлюзы-регуляторы; 10 - выводные борозды, отходящие от временных оросителей; 11 - поливные борозды; 12 - дренажи; 13 - коллекторы; 14- смотровые колодцы; 15- устье.

возможные по условиям рельефа площади полей. При этом уменьшается площадь полос отчуждений и повышается производительность техники.

По конструкции элементов проводящей оросительной сети различают открытую, трубчатую и комбинированную сеть.

Открытая проводящая сеть состоит из каналов различных конструкций: в земляном, облицованном, экранированном русле, лотковых. Особенность открытой сети - необходимость положительных уклонов по трассам каналов и командование (превышение) старших каналов над младшими. При поверхностном самотечном способе полива необходимо также командование уровня воды в канале над поверхностью земли.

Открытая проводящая оросительная сеть бывает постоянной и временной. *Постоянная сеть* проходит по постоянным границам угодий, а на полях проектируют временную сеть, которая не мешает сельскохозяйственным работам. Постоянная проводящая сеть включает магистральный канал, межхозяйственные и внутрихозяйственные распределители различных порядков, усадебные каналы. Все каналы проектируют по командующим (вышерасположенным) границам обслуживаемых площадей, с положительным уклоном по трассе, минимально возможной протяженности.

Временная сеть на поле состоит из временных оросителей и выводных борозд, которые устраивают с такими расстояниями, чтобы обеспечить подачу воды в регулируемую сеть (борозды и полосы расчетной длины) или к дождевальной технике.

Достоинства открытой проводящей сети: самотечная подача воды по сети; доступность для наблюдений, обслуживания, ремонта; меньшая стоимость по сравнению с другими типами сети. Недостатки: снижение коэффициента земельного использования из-за отчуждения площадей под каналы и вдоль них; строгие требования к рельефу и уклонам местности; потери воды на фильтрацию и испарение; трудности автоматизации управления работой сети.

Каналы являются препятствием при изменении границ угодий, устройстве транспортных и других коммуникаций. В то же время они улучшают безводный однообразный ландшафт, способствуют обводнению и озеленению территории, улучшая условия жизни населения. При проектировании крупных оросительных каналов учитывают потребности различных отраслей хозяйства и социальные нужды населения: водный транспорт, рыбоводство, местная промышленность, сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение, энергетика, здравоохранение, хозяйственные нужды.

Трубчатая проводящая оросительная сеть состоит из трубопроводов различных порядков: магистральный (или главный), распределительные, поливные. Трубчатая сеть бывает стационарной, передвижной и полустационарной.

Стационарная трубчатая сеть состоит из подземных трубопроводов. Это наиболее совершенная сеть, обеспечивающая полную автоматизацию управления, максимальный коэффициент земельного использования, отсутствие потерь воды и препятствий использованию земли. Стационарная трубчатая сеть требует высоких капиталовложений, но эксплуатационные затраты минимальны. Подземные трубопроводы не нарушают природных ландшафтов и не занимают площадь, однако вдоль них нужны дороги для строительства и ремонта трубопроводов, поэтому их обычно проектируют, как и каналы, по постоянным границам угодий. Поливные трубопроводы с гидрантами-водоотпусками проектируют на полях с расстояниями, зависящими от параметров регулирующей сети и техники полива.

Передвижная трубчатая сеть состоит из разборных трубопроводов, которые можно собирать, разбирать, перемещать с участка на участок. Эти трубопроводы монтируют на поверхности земли. Передвижную сеть целесообразно применять в зонах достаточного и неустойчивого естественного увлажнения, где орошение является дополнением к осадкам, поливы редки и нужны не для всех культур и не каждый год. Передвижная сеть наиболее дешева, но требует существенных затрат труда при эксплуатации.

Полустационарная трубчатая сеть состоит из подземных стационарных и наземных передвижных трубопроводов. Обычно передвижными устраивают трубопроводы младшего порядка. Это позволяет увеличить расстояния между дорогими подземными трубопроводами, уменьшить их протяженность и снизить стоимость сети.

Комбинированная проводящая сеть включает элементы различных конструкций, каналы и трубопроводы. Ее проектируют на площадях с разнообразными природными и хозяйственными условиями, разными способами полива. Сочетание способов полива и конструкций сети позволяет полнее учесть рельеф местности.

Регулирующая оросительная сеть

При поверхностном поливе регулирующими элементами полива являются поливные борозды, полосы, чеки, при почвенном орошении - почвенные увлажнители. При дождевании техника полива представлена различными дождевальными устройствами, при капельном орошении - капельницами.

Водосборно-сбросная сеть служит для организованного сбора и отвода с полей излишков поверхностных вод, образующихся от осадков, оросительных вод при опорожнении каналов и трубопроводов, скоплений поливных вод на пониженных участках полей. Обычно такие воды

собирают и отводят полевыми водосборами по нижним краям полей, участковыми, внутрихозяйственными и хозяйственными водосбросными каналами. Водосборно-сбросную сеть проектируют по постоянным границам, при возможности совмещая с кюветами дорог, коллекторами, оврагами, лощинами. Целесообразно предусматривать использование сбросных вод на нижерасположенных площадях.

Водоприемник. Это естественные и искусственные водотоки и водоемы, которые проверяют на возможность отвода или аккумуляции расчетных объемов воды. Кроме того, нужно прогнозировать изменения качества воды в водоприемнике под влиянием сбросов и определять необходимость очистки сбросных вод.

Осушительная (дренажная) сеть. На орошаемых землях осушительная сеть рассмотрена в разделе 3.3.8.

Дороги. На оросительной системе они служат для строительства и эксплуатации всех элементов системы. По возможности их совмещают с дорогами сельскохозяйственного и другого назначения. Дороги проектируют по постоянным границам, чтобы обеспечить подъезд ко всем объектам и полям.

Гидротехнические сооружения и арматура. На оросительных системах они обеспечивают функционирование и сопряжение отдельных элементов системы. Так, для подачи воды по открытой сети предназначены водовыпуски и перегораживающие сооружения, для освобождения каналов от воды - концевые и сбросные аварийные сооружения. На каналах также устраивают отстойники, бассейны-терморегуляторы, перепады, быстротоки и другие сооружения. При пересечениях каналов с дорогами строят мосты, трубчатые проезды, дюкеры.

Расходы подаваемой воды, скорости, уровни измеряют различными расходомерами, уровнемерами, водосливами и другими устройствами.

Лесные полосы и насаждения. На орошаемых землях они выполняют несколько функций: полезащитную, защитную, водоохранную, озеленительную. Проектируют их вдоль всех постоянных границ угодий, вокруг полей, вдоль оросительных и сбросных каналов, коллекторов, дорог, вокруг прудов и водохранилищ, у насосных станций и гидротехнических сооружений, в населенных пунктах, на неиспользуемых участках.

Полезащитные лесополосы располагают поперек преобладающего направления ветра. Ширину полос, расстояния между ними, состав деревьев и кустарников определяют из условия защиты почв от ветровой эрозии. Расположение лесополос учитывают в организации территории при назначении размеров и границ полей.

Почвозащитные лесополосы служат для защиты почв от водной эрозии и располагают их поперек эрозионно опасных склонов, увязывая с агротехническими и гидротехническими противоэрозионными мероприятиями.

Водоохранные, берегоукрепительные, дренарующие лесополосы располагают вдоль каналов и вокруг водоемов. Лесополосы и зеленые насаждения вдоль дорог, в населенных пунктах, у гидросооружений, на неиспользуемых участках служат для затенения и озеленения. Поливают лесные полосы и насаждения техникой, предусмотренной в проектах систем.

Средства контроля. К средствам связи относят различные приборы и устройства для измерения показателей мелиоративного режима земель:

- наблюдательные скважины и пьезометры для контроля уровней, напоров, минерализации и химического состава подземных вод,
- площадки для отбора проб почв для определения водно-физических и физико-химических свойств почв,
- датчики влажности, влагомеры, солемеры,
- гидрометрические посты на оросительных и сбросных каналах и коллекторах, метеопосты и другое оборудование.

Средства управления, автоматизации, связи. Они служат для эксплуатации системы, управления ее работой и включают пульты управления, линии связи с датчиками контроля за мелиоративными показателями и гидротехническими сооружениями. Современные автоматические системы управления оборудуют информационно-советующими и управляющими электронно-

вычислительными комплексами, позволяющими поддерживать на оросительных системах оптимальные режимы работы и оперативно учитывать изменения метеоусловий, состояние земель, элементов оросительной системы, организационно-хозяйственные условия.

Объекты энергетического хозяйства. Они входят в состав современных оросительных систем. Электроэнергия на оросительных системах нужна для работы насосных станций, подающих воду в оросительную сеть, создающих напоры для техники полива, откачивающих дренажные воды, для средств автоматического управления сооружениями, для средств связи, для производственных и жилых построек, ремонтных баз, мастерских, гаражей и прочих объектов.

Конструкции и расчет оросительной сети

При конструировании оросительной сети определяют: высотное положение элементов по отношению к поверхности земли, форму поперечного сечения каналов, наличие и материал покрытия, экрана или искусственного русла канала, материал труб.

Возможное высотное положение канала по отношению к поверхности земли показано на рис.3.3.15.

Сечение в неглубокой выемке устраивают, когда не требуется командование уровня воды в канале над поверхностью земли. Такие условия бывают на холостых (транзитных, без раздачи воды) участках магистральных и межхозяйственных каналов и на открытой сети при поливе дождеванием. Сечение в полувыемке-полунасыпи устраивают для рабочей части оросительных каналов при поверхностном способе полива, требующем командования уровня воды в канале над поверхностью земли. Сечение в насыпи необходимо для создания командования канала на малоуклонных местностях и при пересечении каналом пологих понижений. Сечение в глубокой выемке характерно для головных участков магистральных каналов и при пересечении каналом небольших возвышенностей, холмов. Канал на косогоре применяют при поперечном уклоне местности. Для повышения устойчивости таких каналов требуется крепление низовой дамбы и перехват поверхностных вод с верхнего склона.

Форму поперечного сечения каналов в земляном русле выбирают из условий устойчивости русла, экономичности сечения, возможности механизированного строительства и ремонта (рис. 3.3.16).

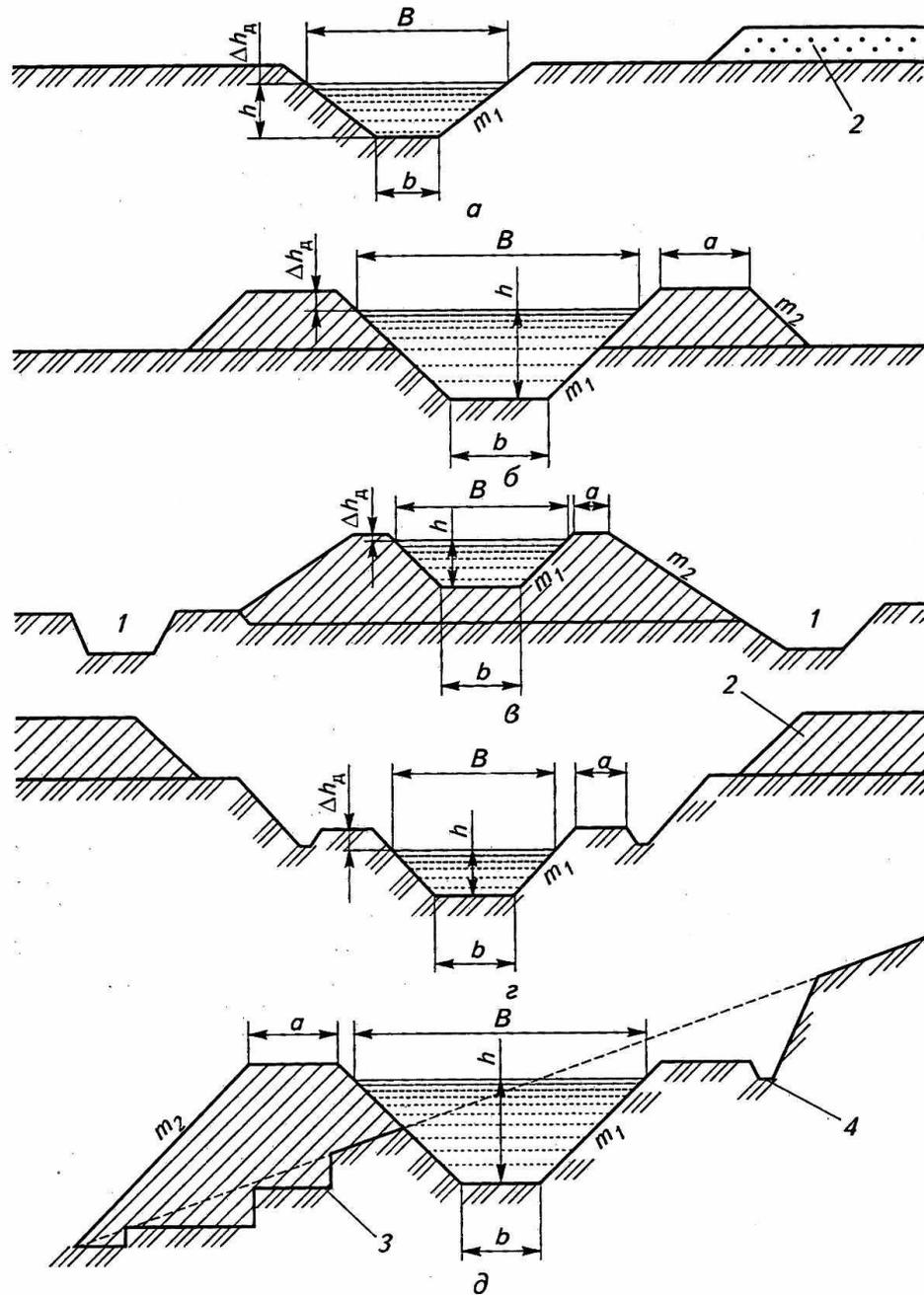


Рис. 3.3.15. Типовые сечения оросительных каналов:
a - в неглубокой выемке; *б*- в полувыемке-полунасыпи; *в* - в насыпи; *г*- в глубокой выемке;
д - канал на косогоре; 1 - резерв; 2 - кавальер; 3 - закрепляющие зубья; 4 - нагорный канал

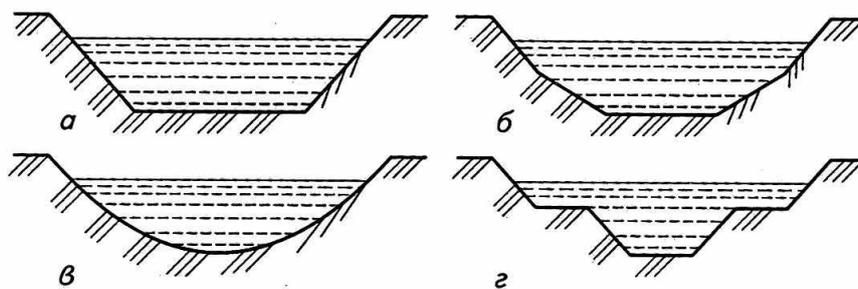


Рис. 3.3.16. Формы поперечных сечений каналов в земляном русле:
a — трапецидальное; *б* — полигональное; *в* — параболическое; *г* — сложное

Наиболее распространено трапецидальное сечение. Для крупных каналов применяют параболические и сложные сечения. В слоистых грунтах возможно полигональное сечение. Для временной сети иногда применяют треугольное сечение.

Каналы в земляном русле имеют наименьшую стоимость строительства, но у них есть существенные недостатки: неустойчивость русла, размывы дна и откосов, обрушения и оползания откосов, большие потери воды на фильтрацию в грунт. Поэтому экономически и экологически целесообразно применять на каналах защитные покрытия и экраны или искусственные русла. *Покрытием, облицовкой, одеждой канала* называют слой защитного материала, уложенного на дно и откосы канала. В зависимости от материала покрытия оно может укреплять русло, снижать фильтрацию воды из канала или выполнять сразу обе функции. *Экраном* называют слой непроницаемого материала, уложенного по периметру сечения под небольшим слоем грунта, защищающего экран. Экраны устраивают для снижения фильтрации воды из канала.

Крепление русла позволяет увеличить скорость течения воды и соответственно уменьшить площадь поперечного сечения канала; сделать откосы более крутыми, уменьшить ширину канала по верху и площадь отчуждений под канал. Для покрытий каналов чаще всего используют монолитный и сборный бетон и железобетон, синтетические пленки, реже - асфальт, асфальтобетон, битум, глинистые грунты, гравийные и щебеночные отсыпки, каменную наброску и мощение, бутовую и кирпичную кладку. Для экранов применяют глинистые грунты, синтетические пленки, асфальтовые и глинистые материалы.

Поперечное сечение облицованных и экранированных каналов выполняют в основном трапецидальной формы по условиям производства работ. Выбор защитного материала для канала зависит от его стоимости, прочности, долговечности, степени и надежности защиты, наличия местных материалов.

Часто оказывается технически и экономически целесообразным применение лотков. *Лотковые каналы* применяют для уменьшения фильтрации воды из канала, на участках в насыпи, на скальных грунтах, на неустойчивых, просадочных, пучинистых грунтах, на косогорах, при повышенных скоростях воды в канале, для устройства быстротоков и акведуков.

Лотковые каналы представляют собой сборные железобетонные конструкции, состоящие из отдельных лотковых звеньев длиной 5...8 м, установленных на опорах. Общий вид и примеры поперечных сечений лотковых каналов показаны на рис.3.3.17.

Достоинства лотковой сети: малые потери воды, отсутствие размыва русла и зарастания его, возможность обеспечить командование, индустриальные методы строительства. Недостатки: трудности транспортирования лотков, их хрупкость, несовершенство стыков между лотками, отсутствие средств механизации для очистки каналов от наносов.

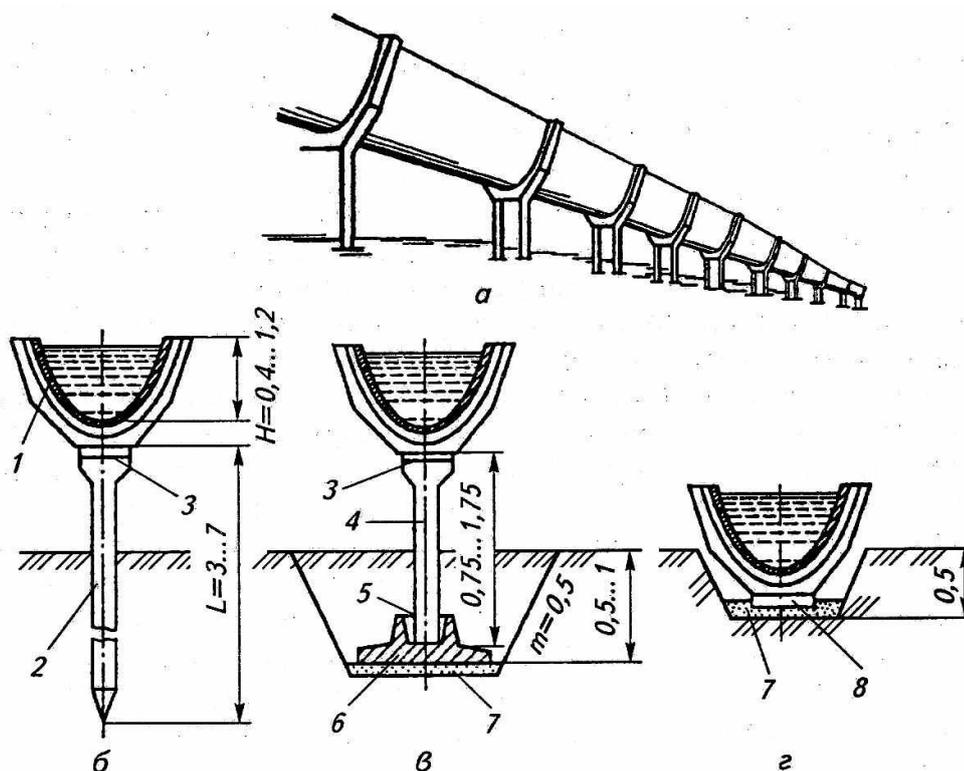


Рис.3.3.17.Общий вид и поперечные сечения лотковых каналов на рамных опорах (а), на сваях (б), на стойках (в), на плитах (г), размеры в м
1 – лоток; 2 – сваи; 3, 5 – цементный раствор, 4 – стойка; 6 – фундаментная плита; 7 – песчано-гравийная подготовка; 8 – опорная плита.

Трубчатую стационарную сеть устраивают из труб различных материалов: асбестоцементных, железобетонных, стальных, чугунных, пластмассовых. Выбор материала труб зависит от напора воды в сети и режима работы трубопроводов, района строительства, грунтов, стоимости труб, сложности монтажа.

По стоимости наиболее дешевы асбестоцементные и железобетонные трубы. Их широко применяют на оросительных системах. Все чаще используют железобетонные трубы со стальным сердечником и тонкостенные стальные трубы с различными антикоррозийными покрытиями. Пластмассовые трубы в наибольшей степени отвечают требованиям оросительных сетей, так как они прочны, долговечны, легки, не подвержены коррозии, имеют малые гидравлические сопротивления. Глубина укладки стационарной сети зависит от промерзания грунтов и сохранности труб при переездах техники.

Передвижную сеть монтируют на поверхности земли из облегченных труб с быстроразборными соединениями. Материал гибких переносных труб - капрон, полиэтилен, прорезиненная ткань. Для жестких передвижных трубопроводов применяют асбестоцементные, алюминиевые, тонкостенные стальные трубы.

Размеры конструктивных элементов оросительной сети, скорости, напоры, уклоны определяют из условий обеспечения требуемой пропускной способности, командования на всех водовыпусках, устойчивости и надежности, соответствия параметрам строительных машин и механизмов, возможности автоматизации управления работой сети. Для проведения соответствующих расчетов необходимо определить расходы воды, подаваемой в каждый элемент сети, которые называют расходами брутто $Q_{бр}$, они учитывают как потребности орошаемых сельскохозяйственных культур в воде (расход нетто $Q_{нт}$), так и потери воды в процессе ее подачи по сети $Q_{пот}$

$$Q_{бр} = Q_{нт} + Q_{пот}; \quad (3.3.7)$$

Основой для определения расходов нетто оросительной сети при поверхностном способе полива является график гидромодуля, построенный в результате разработки режима орошения

сельскохозяйственных культур. По максимальной и минимальной ординатам графика гидромодуля находят максимальный и минимальный расходы нетто в канале, обслуживающем орошаемый участок, для которого составлен график гидромодуля (севооборотный, садовый, виноградник и др.). Например, для севооборотного канала

$$Q_{\text{нт}}^{\text{max}} = q^{\text{max}} F_{\text{нт}} ; Q_{\text{нт}}^{\text{min}} = q^{\text{min}} F_{\text{нт}} ; \quad (3.3.8)$$

где $F_{\text{нт}}$ - площадь нетто севооборотного участка.

На крупных каналах кроме орошения могут быть и другие потребители воды, тогда соответственно учитывают подаваемые им расходы воды. Перечисленные выше каналы постоянно действуют в течение поливного сезона. Младшие каналы и трубопроводы обычно работают периодически в соответствии с графиком поливов отдельных полей. Расходы старших каналов распределяют на младшие каналы так, чтобы соблюдались сроки и продолжительность поливов, обеспечивалась работа поливной техники, выполнялись технологии поливов, допускались своевременные послеполивные обработки почвы и сельскохозяйственные работы.

При поливе дождеванием расход нетто на севооборотный участок определяют по числу одновременно работающих дождевальных машин. Расходы воды в распределительном трубопроводе, подающем воду к полям, обычно изменяются по участкам трубопровода, и определяют их в случае неблагоприятного расположения машин на участке. Расходы воды в поливных трубопроводах, проходящих по полям, из экономических соображений обычно принимают минимально возможными.

Потери воды из оросительной сети происходят на испарение, фильтрацию в грунт и различные эксплуатационные утечки. Потери на испарение и утечки составляют 4...8 % суммарных потерь, что находится в пределах точности определения потерь, и обычно их не учитывают. В трубопроводах нет потерь воды на испарение и фильтрацию, поэтому для трубчатой сети принимают запас (1...3 %) на случайные утечки.

В каналах основной объем потерь воды идет на фильтрацию в грунт через дно и откосы канала. Фильтрационные потери зависят от водопроницаемости грунта, размеров и формы поперечного сечения канала, расхода воды в нем, глубины уровня грунтовых вод или водопора под каналом. Расчетные формулы для определения фильтрационных потерь на единицу длины канала приведены в справочной литературе.

Потери оросительной воды снижают эффективность использования водных ресурсов. Полезное использование воды оценивают *коэффициентом полезного действия* оросительной сети (КПД):

$$\eta = Q_{\text{нт}} / Q_{\text{бр}}. \quad (3.3.9)$$

В $Q_{\text{бр}}$ должны быть учтены потери воды во всех одновременно действующих элементах сети.

Для отдельных элементов сети КПД составляет: для временных оросителей - 0,95...0,96; для выводных борозд и передвижных трубопроводов - 1; для стационарных трубопроводов - 0,98...0,99; для младших внутрихозяйственных (участковых) каналов в бетонированном русле - 0,97...0,98; в земляном русле - 0,9...0,92; для лотковых каналов на 1 км длины - 0,98...0,99. Для оросительной сети, состоящей из элементов разного порядка, КПД равен произведению КПД составляющих элементов.

В зависимости от протяженности для открытой сети с противифльтрационными мероприятиями ориентировочно КПД = 0,8...0,85, для трубчатой сети - 0,96...0,97.

Размеры поперечных сечений элементов оросительной сети определяют гидравлическим расчетом, для чего необходимы: расходы воды, уклоны каналов, отметки поверхности воды в них для обеспечения командования, требуемые напоры на водовыпусках из трубчатой сети, положение откосов каналов, коэффициенты шероховатости русл и труб.

Для постоянно действующих каналов в земляном и облицованном руслах расчетными расходами воды являются нормальные, форсированные и минимальные. Нормальным называют максимальный расход брутто в начале рассчитываемого канала или участка, полученный исходя

из максимальной ординаты графика гидромодуля. По нормальному расходу определяют размеры поперечного сечения, проверяют скорости воды, проектируют вертикальное сопряжение элементов сети.

Форсированный расход

$$Q_{\text{форс}} = Q_{\text{норм}} K_{\text{форс}}; \quad (3.3.10)$$

где $K_{\text{форс}}$ - коэффициент форсирования (запаса), определяемый нормативами.

По форсированному уровню воды в канале назначают высоту дамбы или глубину каналов.

Минимальным считают расход брутто, полученный расчетом по минимальной ординате графика гидромодуля. По минимальному расходу проверяют условия командования канала на водовыпусках в младшие каналы, если необходимо, устраивают подпорные сооружения.

Для каналов периодического действия расчетными являются нормальные расходы, для всех лотковых каналов - форсированные, для трубопроводов - нормальные.

Заложение откосов каналов зависит от угла естественного откоса грунтов или прочности покрытия канала, и определяют его по справочникам, нормативам или специальными расчетами. Коэффициент шероховатости влияет на скорости движения воды и потери напора и зависит от материала и состояния русла канала или трубопровода. Значения его приведены в справочниках.

Гидравлические расчеты каналов и трубопроводов проводят по формулам равномерного установившегося движения воды. Скорости течения воды в каналах и трубопроводах должны быть в допустимых пределах: $v_{\min} < v < v_{\max}$. Минимальный предел скорости установлен для предотвращения процессов зарастания и заиления. По условию зарастания русл каналов $v_{\min} = 0,3$ м/с. Предел скорости по условию заиления зависит от крупности наносов, содержащихся в воде. Для определения скорости начала осаждения наносов сравнивают мутность воды (содержание наносов в единице объема воды) и транспортирующую способность потока (количество наносов в единице объема воды, которые может транспортировать поток без их осаждения). Транспортирующую способность потоков определяют по формулам, приведенным в справочниках.

Для каналов минимальная скорость составляет 0,3...0,5 м/с. Для трубопроводов обычно принимается $v_{\min} = 0,8$ м/с.

Максимальную допустимую скорость в земляных руслах принимают из условия неразмываемости грунта. Для различных грунтов эти скорости приведены в СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» [41], в учебных и справочных изданиях [11, 26, 29, 48, 49 и др]. В облицованных и лотковых каналах максимальная скорость воды ограничена условием спокойного течения на поворотах и водовыпусках, обычно принимается $V_{\max} = 6$ м/с.

В трубопроводах максимальная скорость ограничена опасностью гидравлического удара и допустимыми потерями напора в трубчатой сети.

Необходимые напоры в сети могут образоваться за счет понижения местности по трассам трубопроводов. Такие трубчатые сети или отдельные трубопроводы называют самонапорными. В противном случае необходима насосная станция.

В период эксплуатации оросительной сети при нарушениях проектных условий или недостаточно детальном учете условий при проектировании возможны нарушения формы и размеров поперечных сечений каналов - деформации. Наиболее часто различные деформации происходят на каналах в земляном русле: заиление, зарастание, размыв, оползание и обрушение откосов, просадочные явления.

Заиление возможно при малых скоростях и большой мутности воды. Если при проектировании канала невозможно обеспечить достаточные уклоны и скорости, то в период эксплуатации требуется очистка каналов от наносов, т. е. выполнение больших объемов работ. Возможно также понижение мутности воды путем устройства в начале оросительной сети бассейна-отстойника или перехвата наносов в конструкции головного водозаборного сооружения.

При зарастании дна и откосов канала в период эксплуатации необходимо косить или сжигать (что нежелательно) растительность, применять ядохимикаты (что тоже нежелательно), разводить травоядные виды рыб. Последний способ приносит двойную пользу, но требует измене-

ния режима работы канала. Применение покрытий и экранов, при устройстве которых основание обрабатывают гербицидами, также предотвращает зарастание каналов.

Размывы русла можно предотвратить, если при проектировании уменьшить уклоны (путем устройства перепадов, быстротоков), предусмотреть облицовку канала или искусственную шероховатость русла.

Обрушения и оползания откосов происходят из-за нарушения угла естественного откоса грунта, из-за неоднородности грунтов по трассе каналов. Для предотвращения таких деформаций устраивают более пологие откосы, что увеличивает ширину канала по верху, или крепят откосы. Просадки грунтов проявляются в виде неравномерных осадок и трещин при увлажнении лёссовых грунтов. При строительстве каналов и сооружений на лёссовых грунтах нужны надежные противofильтрационные меры, предварительное замачивание грунта перед строительством, замена лёссового грунта на устойчивый, изменение размеров сечений и сооружений с учетом будущих просадок.

При выборе конструкций и расчетах каналов большое внимание уделяют снижению фильтрационных потерь из каналов, повышению их КПД. Отрицательные последствия таких потерь: излишние затраты воды, увеличение подаваемых расходов и размеров поперечных сечений каналов и сооружений, опасность подъема уровня грунтовых вод, заболачивания и засоления земель. Снизить фильтрационные потери из каналов можно, уменьшив водопроницаемость грунтов путем их уплотнения, кольматации, химической обработки, пропитывания битумом и др. Против фильтрации широко применяют облицовки и экраны, замену при реконструкции каналов в земляном русле на лотковые или на трубопроводы. При эксплуатации оросительной сети снижению потерь воды способствует четкое соблюдение планов водоподачи.

3.3.5. Источники воды для орошения. Качество оросительной воды. Орошение поверхностными и подземными водами. Лиманное орошение. Орошение сточными водами

Источниками воды для регулярного орошения могут быть:

- поверхностные водотоки и водоемы (реки, озера, моря),
- подземные воды, местный сток, сточные, сбросные, дренажные воды. Для одноразового орошения используют местный сток. При выборе источника воды для орошения анализируют его характеристики: качество, расходы и объемы, уровни и напоры воды, местоположение источника.

Качество оросительной воды

Качество оросительной воды должно отвечать агрономическим, экологическим и техническим требованиям, т. е. не оказывать отрицательного воздействия на почвы, растения, качество растительной продукции, санитарно-гигиеническую обстановку, сохранность элементов оросительной системы. Качество оросительной воды оценивают водородным показателем *pH*, температурой, механическими примесями, минерализацией и химическим составом, бактериологическими примесями.

Оросительная вода, имеющая *pH* 6,5...8, пригодна для полива всех сельскохозяйственных культур на всех типах почв, допустимо орошение водой с *pH* 6...8,4. Орошение водой вне этих пределов необходимо обосновывать.

Температура оросительной воды для сельскохозяйственных культур оптимальна в диапазоне 10...25 °С (допустимо 10...35 °С). При повышении температуры снижается активность кальция, может повыситься *pH* почвенного раствора. Температура поверхностных вод обычно благоприятна для орошения. Воды горных рек и подземные воды могут иметь пониженную температуру и требовать подогрева. Повышенная температура бывает у подземных и сточных вод. Регу-

лируют температуру воды в бассейнах-терморегуляторах или в каналах достаточной протяженности за счет естественного теплообмена с внешней средой.

Механические примеси -наносы - содержат воды рек, особенно горных, и сточные воды. Частицы размером менее 0,01 мм имеют удобрительную ценность, их целесообразно пропускать на поля. Более крупные наносы заиливают оросительную сеть, поэтому их необходимо задерживать в отстойниках и сооружениях в начале сети. На системах капельного орошения и для некоторых дождевальными устройствах воду очищают на специальных фильтрах.

Минерализация и химический состав оросительной воды могут создать опасность засоления, осолонцевания, содообразования в почве, отрицательно влиять на урожайность сельскохозяйственных культур и качество растительной продукции, сохранность материалов конструкций. Поэтому устанавливают содержание в воде ионов хлора, натрия, магния, карбонатов. Выделено четыре класса качества воды: от 1-го, не оказывающего неблагоприятного воздействия на почвы, урожайность сельскохозяйственных культур, качество продукции, окружающую среду, до 4-го, непригодного для полива.

Устойчивость сельскохозяйственных культур к минерализации оросительной воды зависит от вида растений, фазы их развития, влажности почвы. Солеустойчивые культуры снижают урожайность при минерализации более 2,5 г/л, среднеустойчивые - более 1,3, слабоустойчивые - 0,8 г/л. Наиболее устойчивы пшеница, рожь, ячмень, свекла сахарная и кормовая, хлопчатник, соя; слабоустойчивы зерновые бобовые, картофель, овощи, плодовые, ягодные.

Повышенную минерализацию имеют воды степных рек, подземные, сбросные и дренажные, сильно минерализована морская вода. При орошении водой повышенной минерализации необходимы прогнозы солевого режима почв и постоянный контроль содержания токсичных ионов в почвенном растворе, почвенном поглощающем комплексе (ППК), растительной продукции. В последнее время все больше внимания уделяют содержанию в оросительной воде тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов. Разработаны ПДК (предельно допустимые концентрации) этих элементов по различным лимитирующим показателям: фитотоксичному (воздействие на растения), транслокационному (накопление в растениях и продукции), водномиграционному (распространение по почвенному профилю и загрязнение подземных вод), санитарно-токсическому (действие на почвенную биоту и плодородие).

Химический состав оросительной воды не должен оказывать отрицательного действия на водопроводящую сеть, насосно-силовое оборудование, поливную технику и другие элементы оросительных систем. Например, содержание аммония более 15 мг/л, магния более 100, сульфатов более 200 мг/л вызывают коррозию металлических конструкций, щелочная реакция воды разрушает бетон.

Бактериологический состав воды требует контроля и регулирования при орошении сточными водами. Так, колииндекс не должен превышать 1000 бактерий в 1 л, содержание эпидемиологически опасных возбудителей тифа, паратифа, а также сальмонеллы и яиц гельминтов не допускается.

Орошение поверхностными и подземными водами

Доступные для орошения объемы воды в водоемах и расходы воды в водотоках определяют *оросительную способность источника* -площадь, которую можно оросить его водами в год расчетной обеспеченности при проектных структуре посевов, оросительной сети, способе полива.

Для повышения оросительной способности источника возможно перераспределение расходов и объемов воды во времени путем создания водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования.

Режим уровней и напоров воды в источнике имеет значение при определении типа и конструкции водозаборного сооружения. Местоположение источника и его удаленность от орошаемой площади определяют длину магистрального канала и главного трубопровода -наиболее дорогих элементов сети.

Из рек -основных источников орошения - получают воду более 95 % орошаемых площадей. Распределение стока рек по времени в течение года и по годам неравномерно. Режим расходов рек определяется источником их питания и географическим положением. По типу питания реки разделяют: на равнинные (атмосферного, грунтового и смешанного питания); горные (ледникового и атмосферно-ледникового питания); степные, являющиеся разновидностью равнинных и отличающиеся от них меньшей водосборной площадью и резко выраженной неравномерностью стока.

Большинство равнинных рек имеют паводок (максимальные расходы) весной, а межень (минимальные расходы) - летом, что не соответствует режиму орошения сельскохозяйственных культур. Для более полного использования стока рек возможно их сезонное и многолетнее регулирование, т. е. создание водохранилищ, наполняемых весенним стоком. Однако при создании водохранилищ на равнинных реках затопляются большие площади ценных земель; подтопляются соседние земли; изменяется режим стока ниже по течению реки; нарушаются условия существования рыбы, водоплавающей птицы, прибрежных животных и растительности; появляется опасность для населения в случае аварий на плотине. Поэтому регулирование стока равнинных рек требует экологического и экономического обоснования.

Горные реки имеют максимальные расходы воды летом от таяния снегов и ледников, что согласуется с режимом потребления воды для орошения. Создание водохранилищ на горных реках для более полного использования их стока для орошения и энергетики в основном экономически целесообразно и экологически допустимо, но представляет опасность для населения горных долин.

Степные реки обычно имеют 80...95 % стока в весенний паводок, а летом сильно мелеют и даже пересыхают, что обуславливает дефицит воды. Поэтому в степной зоне сооружают многочисленные водохранилища и пруды, которые вызывают подтопление окружающих земель.

Морские воды сильно минерализованы, поэтому ими можно поливать отдельные выносливые культуры на хорошо проницаемых почвах и грунтах, периодически промываемых пресной водой. Опыт орошения морской водой имеют районы с дефицитом пресной воды.

Подземные воды для орошения в России используют мало (менее 2 % орошаемых площадей), в основном из-за высокой стоимости их получения. Для орошения забирают эксплуатационные запасы верхних горизонтов подземных вод. Орошение подземными водами целесообразно при постоянных или периодических дефицитах поверхностных вод и при избытке подземных вод, требующем осушения земель. Для накопления получаемой подземной воды при отсутствии поливов в ночные часы и межполивные периоды можно устраивать бассейны суточного и недельного регулирования, а для сезонного и многолетнего регулирования запасов подземных вод использовать синклинали геологические образования - замкнутые прогибы водопроницаемых пластов, в которые фильтруется или закачивается вода в периоды отсутствия ее потребления.

При обосновании орошения подземной водой учитывают достоинства этого источника: получение воды вблизи поливного участка, сокращение длины оросительной сети, снижение потерь воды, отсутствие механических примесей в воде, частое совмещение целей орошения и осушения участка. Недостатки орошения подземными водами: высокая стоимость водоподъема, отсутствие в воде удобрительных илистых частиц, опасность истощения запасов подземных вод.

Местным стоком называют воды временных поверхностных водотоков, образующихся от весеннего снеготаяния и ливневых дождей, или малых рек, не имеющих самостоятельного хозяйственного значения без регулирования. Для местного стока характерны сильная изменчивость во времени и кратковременность больших расходов. Задержание поверхностного стока в периоды максимальных расходов снижает пик половодья в реках, выравнивает их режим, уменьшает опасность эрозии почв и роста оврагов. Создание водоемов улучшает ландшафт, имеет хозяйственное и оздоровительное значение. Оросительные системы, работающие на местном стоке, обычно бывают небольшие - несколько сотен гектаров.

Для *регулярного орошения* местный сток задерживают и накапливают в водохранилищах сезонного и многолетнего регулирования. Плотины и водохранилища целесообразно устроить в узком месте речной долины, в балках, оврагах, чтобы уменьшить длину плотины и площадь за-

топления. Фильтрационные потери из водохранилища будут меньше, если по его дну и под плотиной залегают слабопроницаемые грунты. Возможно также покрытие ложа водохранилища и верхового откоса плотины противofильтрационными материалами, под плотиной - устройство противofильтрационных стенок и завес, а в теле плотины - экрана или ядра. Для уменьшения затопленной площади и мелководий водохранилище может быть ограждено дамбами.

Расчетную обеспеченность стока при проектировании систем обосновывают технико-экономическим сравнением вариантов по стоимости системы, размерам орошаемой площади, получаемой продукции, экономической оценке затопленных земель, стоимости защиты подтопленных земель.

Гидрологические наблюдения и расчеты позволяют определить объем стока, собираемого в водохранилище в год расчетной обеспеченности, который составит полный объем водохранилища.

Полный объем ирригационного водохранилища сезонного регулирования состоит из мертвого, рабочего и регуляционного объемов.

Мертвый объем водохранилища зависит от высоты всасывания насосов при машинном водоподъеме, рыборазведения, санитарии и заиления. Последние два условия являются определяющими. По санитарным условиям глубина воды в водохранилище при мертвом объеме не должна быть менее 2 м.

Мертвый объем водохранилища определяют из условия его заиления за срок службы (30-50 лет): за период эксплуатации объем отложившихся наносов не должен превышать мертвый объем.

Рабочая вместимость водохранилища равна стоку заданной обеспеченности или части его, задержанному в водохранилище:

$$V_{\text{раб}} = S_p = K_p S_0; \quad (3.3.11)$$

где S_p – расчетный сток;

S_0 – средний весенний сток

Регуляционной вместимостью называют объем водохранилища между НПУ и ФПУ.

Полезная вместимость водохранилища равна разнице между рабочей вместимостью и объемом потерь. Ее устанавливают, исходя из потребности воды на орошение, водоснабжение, рыбоводство и прочие нужды.

Потребление воды зависит от характера использования водоема. При комплексном использовании его устанавливают в соответствии с нормами для водоснабжения населенных мест, нужд животноводства и потребности рыбного хозяйства.

Водопотребление на орошение определяют с учетом режима орошения сельскохозяйственных культур.

Потери воды на испарение относят к площади зеркала водохранилища.

К непроизводительным относят потери воды на фильтрацию через тело плотины и ложе водоема, которые зависят от геологического строения подстилающих пород, их гранулометрического состава и фильтрационных свойств.

Для уменьшения фильтрации применяют следующие приемы:

- уплотнение грунта - уменьшает потери в 15-30 раз, грунт укатывают послойно или уплотняют ударами на глубину 0,5-1 м;

- *солонцевание* – внесение в поверхностный слой грунта ложа водохранилища поваренной соли, сверху укладывается слой песка, фильтрация уменьшается в 1,5-2 раз;

- *кольматаж* (в поток вводятся глинистые или илистые частицы) - в 10 раз;

- *оглеение грунта*, т. е. создание условий для образования так называемого глея – слоя почвы, формирующегося в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий. Органические вещества вносятся в виде соломы, камыша, которые укладываются на откосы и дно водоема под слой грунта. В результате образуются газы, растворимые вещества, спирты, кислоты. Водонепроницаемый слой увеличивается в течение нескольких лет в 4-5 раз. Коэффициент фильтрации снижается в десятки и сотни раз. В южных районах процесс оглеения происходит наиболее полно и быстро.

Потери на льдообразование ($V_{\text{лед}}$, м³) определяют в зависимости от площади водоема в начале ледостава и толщины льда по формуле

$$V_{\text{лед}} = 0,9(F_1 - F_2)h_{\text{л}}; \quad (3.3.12)$$

где 0,9 - удельная масса льда;

F_1 - площадь зеркала водоема в начале ледостава, м²; F_2 — площадь зеркала водоема в конце ледостава, м²; $h_{\text{л}}$ — максимальная толщина ледяного покрова для данного района, м.

Таким образом, общие потери $V_{\text{потерь}}$, м³ составляют:

$$V_{\text{потерь}} = V_{\text{ис}} + V_{\text{ф}} + V_{\text{лед}}, \quad (3.3.13)$$

где $V_{\text{ис}}$ - потери на испарение;

$V_{\text{ф}}$ - потери воды на фильтрацию; $V_{\text{лед}}$ —потери на льдообразование.

Объем воды на орошение площади ($V_{\text{ов}}$, м³) определяют по формуле

$$V_{\text{ов}} = \frac{M_{\text{ср.вз.}} \omega_{\text{ор}}}{\eta}; \quad (3.3.14)$$

где $M_{\text{ср.вз.}}$ - средневзвешенная оросительная норма (м³/га), определяемая по формуле

$$M_{\text{ср.вз.}} = \frac{\alpha M_1 + \dots + \alpha M_n}{100}; \quad (3.3.15)$$

где M_1, M_2, \dots, M_n - оросительные нормы отдельных сельскохозяйственных культур, вычисленные для года 75%-ной обеспеченности по влажности;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$, - процент площади, занимаемой данной сельскохозяйственной культурой в севообороте на орошаемом участке;

$\omega_{\text{ор}}$ - орошаемая площадь, га;

η - КПД оросительной системы.

Объем воды, потребный для водоснабжения и обводнения, ($V_{\text{вод}}$, м³) равен:

$$V_{\text{вод}} = (Q_1 T_1 + Q_2 T_2 + \dots + Q_n T_n); \quad (3.3.16)$$

где n - количество водопотребителей;

Q - норма водопотребления, м³/сут;

T - продолжительность периода потребления воды из водоема, сут.

Пример системы орошения на местном стоке показан на рис.3.3.18. Она включает два орошаемых участка: с открытой оросительной сетью при поверхностном поливе и с трубчатой сетью при дождевании.

Лиманное орошение

Одноразовое орошение водами местного стока называют лиманным. Оно заключается в задержании весеннего стока на пологих склонах путем устройства ограждающих валов, как показано на рис. 3.3.19. На обвалованной площади - лимане происходит одноразовое увлажнение собранной водой. Лиманы устраивают на склонах с уклонами менее 0,005 с площадью водосбора, достаточной для обеспечения поливной нормы, увлажняющей слой не менее 1,5 м.

Лиманы наполняют водой за счет склонового стока, паводковых вод рек, сбросными водами водохранилищ и оросительных систем. Расчетную обеспеченность лиманного орошения принимают 25...50 %, т. е. ниже обеспеченности регулярного орошения, что объясняется небольшими затратами на устройство лиманов.

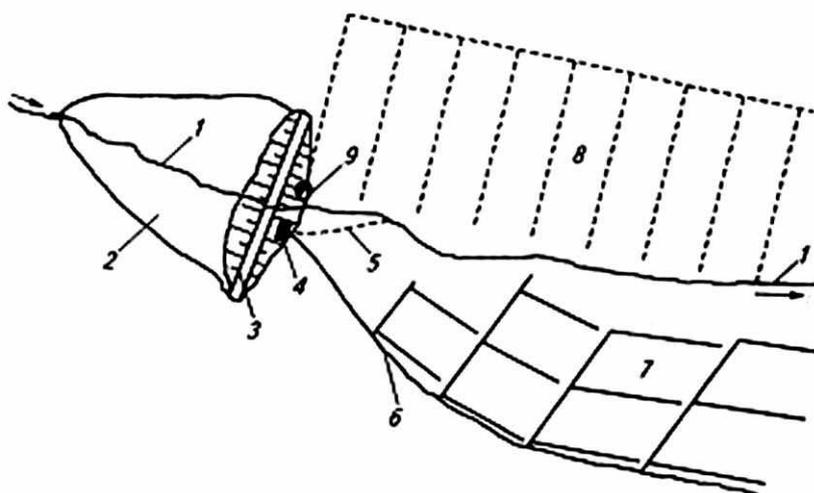


Рис.3.3.18. Схема системы регулярного орошения на местном стоке.

1 – река; 2 – водохранилище; 3 – плотина; 4 – самотечный водозабор; 5 – водосбросное сооружение; 6 – магистральный канал; 7 – участок самотечного полива из открытой сети; 8 – орошаемый участок с поливом из трубчатой сети; 9 – насосная станция

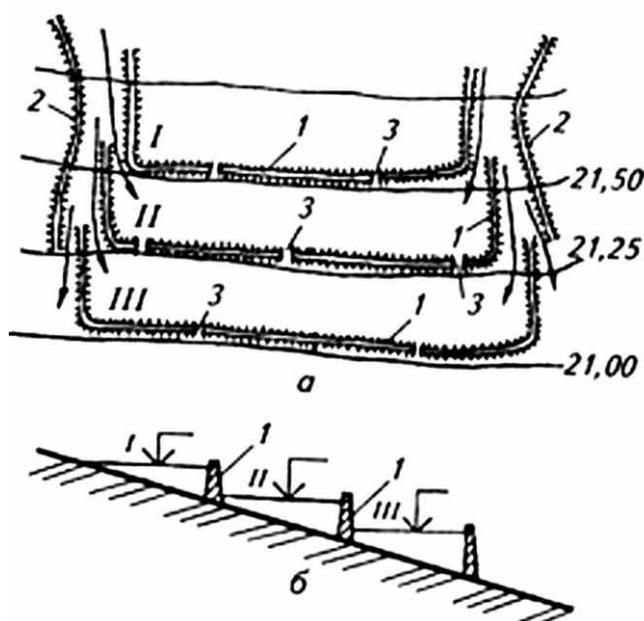


Рис.3.3.19. План участка лиманного орошения (а) и разрез по ярусам лиманов (б)
1 и 2 – ограждающие и направляющие вала; 3 – водовыпускные сооружения; I...III – лиманы соответственно 1...3 ярусов.

Слой воды в лимане изменяется по уклону лимана от 0 на верхнем урезе воды до максимальной глубины воды у нижнего вала. Расчетной норме и глубине увлажнения соответствует только середина лимана. Выращиваемые в лимане сельскохозяйственные культуры либо должны выдерживать затопление, либо их высевают после впитывания воды.

Достоинства лиманного орошения: простота и дешевизна строительства и эксплуатации, не требуется энергии и машин, уменьшается образование оврагов и эрозии почвы. Недостатки: одноразовость увлажнения, неравномерность глубины увлажнения по площади лимана, изменение объема стока и площади увлажнения по годам, опасность подтопления нижерасположенных земель.

Орошение сточными водами

Сточными водами называют стоки разных отраслей хозяйства, образующиеся после использования воды в производственном процессе. Сточные воды бывают промышленные, хозяйственно-бытовые, животноводческие, ливневые, смешанные. Орошение ими позволяет экономить чистую воду природных источников, снизить загрязнение рек и водоемов от сброса в них сточных вод, использовать содержащиеся в стоках полезные почвам и растениям вещества. Почвы и грунты очищают фильтрующиеся воды от многих вредных веществ. Орошение сточными водами имеет большой экономический и природоохранный эффект.

Так как в сточных водах содержится много вредных веществ, то перед использованием их подвергают механической, химической и биологической очистке. Химический состав промышленных стоков зависит от вида и технологии производства. Наибольшую удобрительную ценность имеют сточные воды пищевой промышленности, текстильных, бумажных, азотно-туковых предприятий.

Хозяйственно-бытовые стоки содержат много азота, фосфора, калия, органических веществ. Вредными в их составе являются щелочные вещества, болезнетворные бактерии, яйца гельминтов. Животноводческие стоки содержат много органических веществ и являются ценным удобрением, однако требуют обеззараживания.

Ливневые воды - это стоки городской сбросной сети от осадков и поливов. Они содержат механические примеси, нефтепродукты, тяжелые металлы и другие загрязнения от транспорта.

Участки для орошения сточными водами выбирают так, чтобы не было опасности загрязнения поверхностных и грунтовых вод, окружающих земель, создания антисанитарных условий для населения и животного мира. Орошение осуществляют с соблюдением мер предосторожности и под постоянным контролем за состоянием почв, поверхностных и грунтовых вод. Поливают сточными водами травы, кормовые корнеплоды, зерновые культуры.

Орошение сточными водами может быть круглогодичным и вегетационным. При вегетационном орошении для приема стоков в зимний период устраивают пруды-накопители или поля фильтрации. В период вегетации воду из прудов-накопителей используют на орошение, а осадок - на удобрения. На полях фильтрации сельскохозяйственные культуры не выращивают, на них сточные воды очищают за счет фильтрации через почву и грунт.

При орошении сточной водой поливные нормы определяют по потребности растений в воде с учетом баланса питательных веществ. Если содержание отдельных веществ превышает допустимое, то сточные воды разбавляют чистой водой.

При поливе сточными водами применяют поверхностный способ, дождевание, подпочвенный. По экологическим и санитарно-гигиеническим условиям наиболее подходящий - подпочвенный способ полива, но он пока дорог и несовершенен.

Возможность использования *дренажных вод* на орошение зависит от их качества. При отсутствии в воде токсичных солей и агрохимикатов дренажные воды можно подавать в оросительную сеть. Чаще всего такая возможность бывает при откачках подземных вод вертикальным дренажем. Горизонтальный дренаж, работающий на засоленных землях, отводит воду высокой минерализации, которую можно только добавлять к оросительной воде.

3.3.6. Головные водозаборы. Типы водозаборов, особенности применения

Головные водозаборы – сооружения для забора воды из источника и подачи ее в оросительную сеть. Конструкции водозаборов должны быть устойчивыми и надежными, иметь водомерные устройства, средства автоматического управления, обеспечивать возможность удобного ремонта, задерживать крупные наносы и плавающие предметы, защищать оросительную сеть от паводковых вод.

Тип головного водозабора зависит от вида источника орошения, уровней и напоров воды в нем, высотного положения головного участка оросительной сети. При заборе воды из реки в от-

крытую сеть наиболее экономичен самотечный бесплотинный водозабор. Он возможен, если в течение всего периода работы оросительной сети уровень воды в реке превышает уровень воды в голове магистрального канала на значение, не меньшее, чем потери напора в сооружении.

Типы бесплотинных водозаборов

1. Нерегулируемые водозаборы.

Под нерегулируемым водозабором понимают водозабор, при котором вода из реки поступает в канал при бытовом состоянии ее уровней. При минимальном уровне воды в реке в канал должен поступать расчетный расход, соответствующий графику водопотребления (рис.3.3.20).

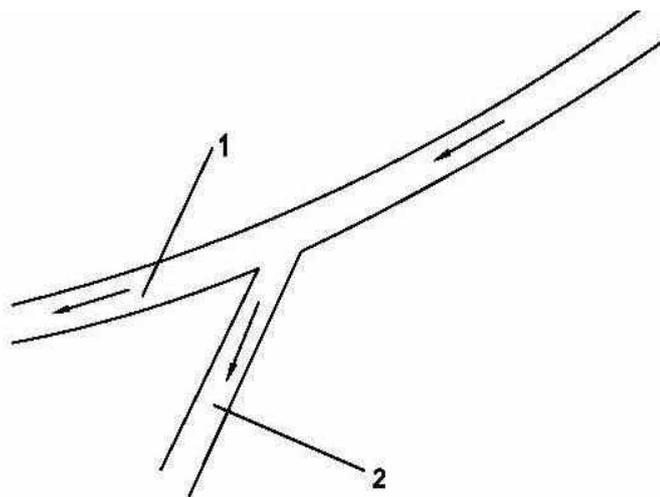


Рис.3.3.20. Схема бесплотинного нерегулируемого водозабора
1 - река; 2 - магистральный канал

Недостатки нерегулируемого водозабора сводятся к следующему:

- 1) несовпадение поступающих в канал расходов с расходами потребления, так, например, при минимальном потреблении воды в канал могут поступить максимальные расходы;
 - 2) необходимость пропуска излишка воды по сравнению с потреблением по всей системе каналов и сброса его в их концевой части;
 - 3) необходимость назначения размеров канала с учетом пропуска не расходов потребления, а максимальных расходов, поступающих через водозабор;
 - 4) сокращение пропускной способности канала из-за быстрого заиления его головной части, что препятствует обеспечению расходов потребления;
 - 5) необходимость в непрерывном удалении наносов, откладывающихся в головной части канала;
 - 6) необходимость в выполнении срочных работ по устройству дополнительных прокопов при изменении положения головы водозабора вследствие изменения планового очертания русла.
- Из-за всех этих недостатков этот тип водозаборов мало применим.

2. Многоголовые нерегулируемые водозаборы.

Переход к нескольким головам для забора воды из реки значительно повышает обеспеченность поступления воды в магистральный канал (рис.3.3.21).

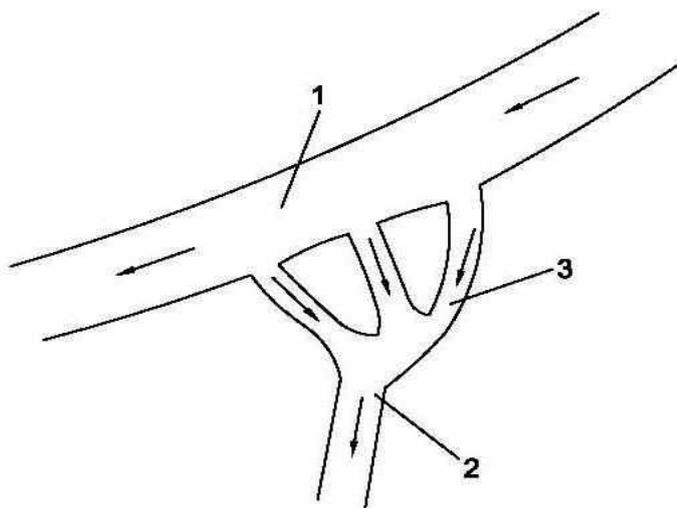


Рис.3.3.21. Схема многоголового нерегулируемого водозабора:

1 - река; 2 - магистральный канал; 3 - каналы-прокопы, используемые как ирригационные отстойники

Головы многоголовых водозаборов располагают на различных отметках и на различных расстояниях вдоль реки, что обеспечивает поступление воды из реки при разных уровнях в ней:

- при низких уровнях воды в реке вода поступает через несколько голов или через наиболее удаленную вверх по течению реки голову;
- при высоких уровнях используют головы, расположенные ниже по течению реки.

Использование многоголовых водозаборов позволяет:

- 1) обеспечить непрерывную подачу воды в магистральные каналы в необходимом количестве путем включения в работу резервных голов после заиливания работающих голов и каналов-прокопов, к ним примыкающих;
- 2) повысить командный уровень воды путем использования расположенных выше по течению реки голов;
- 3) не прекращать подачу воды в период очистки заилившихся каналов-прокопов;
- 4) забирать из реки любые расходы, включая в работу несколько голов.

В многоголовом водозаборе используют до шести голов. Расстояние между головами принимают 1 - 3 км в зависимости от уклона реки.

Для выключения голов из работы используют грунтовые перемычки, намываемые земснарядами или насыпаемые землеройными машинами.

При включении голов в работу перемычки разбирают или разрушают взрывом.

Каналы-прокопы целесообразно использовать и как отстойники, принимая в них небольшие скорости, при которых уменьшается мутность потока. Очищают их средствами гидромеханизации или землеройными машинами.

3.Регулируемые водозаборы

Такие водозаборы называют ошлюзованными, т.к. в них используют шлюзы-регуляторы, при помощи которых осуществляют изменение подаваемых в магистральный канал расходов в соответствии с графиком водопотребления.

Применяются две схемы расположения шлюзов-регуляторов;

- на берегу реки у уреза воды (рис.3.3.22);
- в некотором удалении от реки (рис.3.3.23).

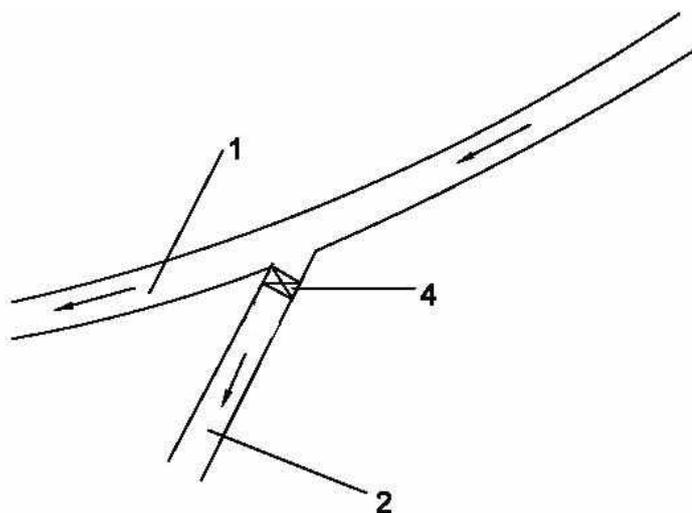


Рис.3.3.22.Схема бесплотинного регулируемого водозабора со шлюзом-регулятором у уреза воды:
1 - река; 2 - магистральный канал, 4 - шлюз-регулятор

Эта схема применима на реках, имеющих прочные и устойчивые берега и незамываемые русла.

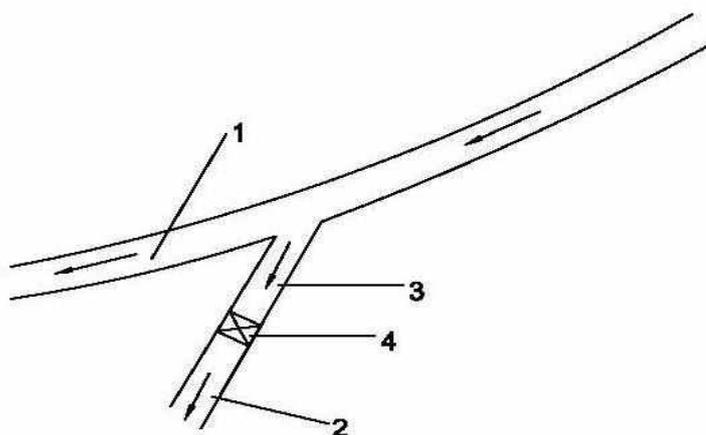


Рис.3.3.23. Схема бесплотинного регулируемого водозабора с удаленным расположением шлюза-регулятора:
1 - река; 2 - магистральный канал; 3 - канал-прокоп, 4 - шлюз-регулятор

Схема, приведенная на рис.3.3.23,используется на реках с блуждающими руслами и легкоразмываемыми берегами. В этой схеме воду к шлюзу-регулятору подают от реки каналом-прокопом, для которого свойственны все недостатки нерегулируемого одноголового водозабора, но его использование в качестве отстойника улучшает условия подачи воды в магистральный канал.

Преодолевают недостатки такого водозабора многоголовый регулируемый водозабор, представленный на рис.3.3.24.

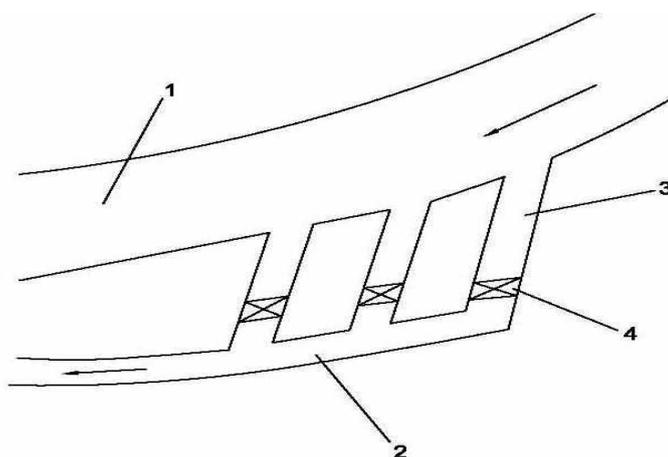


Рис.3.3.24. Схема многоголового регулируемого водозабора с удаленными шлюзами-регуляторами:

1 - река, 2 - магистральный канал; 3 - канал-прокоп, 4 - шлюз-регулятор

Многоголовый водозабор с централизованным управлением рекомендуется применять на участках рек с неустойчивыми размываемыми берегами и блуждающим руслом (рис.3.3.25).

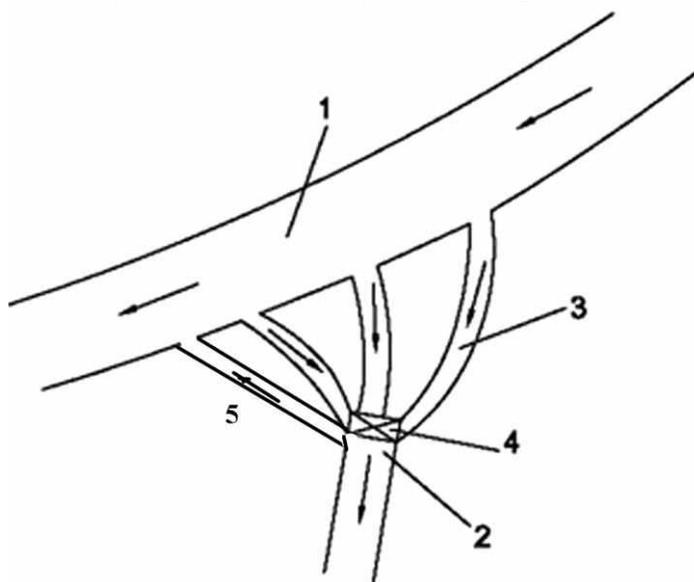


Рис.3.3.25. Схема бесплотинного регулируемого многоголового водозабора с централизованным управлением:

1 - река, 2 - магистральный канал; 3 - канал-прокоп, 4 - шлюз-регулятор, 5 - промывной канал

Водозабор состоит из нескольких каналов-прокопов, шлюза-регулятора, удаленного от реки, и примыкающего к нему промывного канала, по которому сбрасывается гидросмесь во время промывки каналов-прокопов.

В шлюзе-регуляторе для каждого канала-прокопа предусматривается самостоятельное отверстие, что позволяет подавать воду потребителю как из одного канала, так и из нескольких в любом сочетании.

Шпорные водозаборы

Низкие уровни воды в реке при небольших расходах в ней осложняют работу бесплотинных водозаборов.

В такие периоды переходят к водозаборам шпорного типа, являющимся переходной ступенью к плотинным водозаборам (рис.3.3.26).

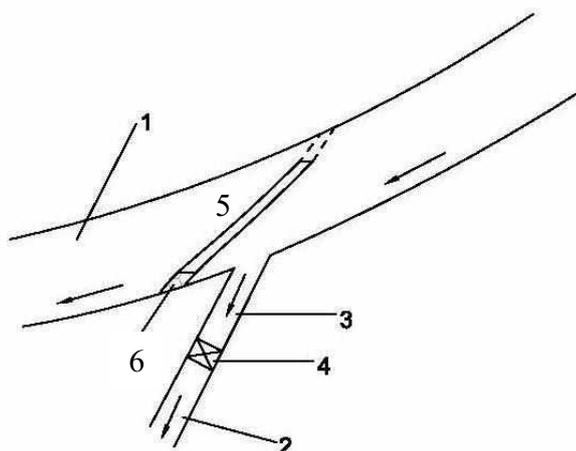


Рис.3.3.26. Схема шпорного водозабора:

1 - река, 2 - магистральный канал, 4 - шлюз- регулятор; 5 - шпора, 6 - отверстия для смыва наносов

На рис.3.3.27 представлена схема шлюза-регулятора, представляющего в гидротехническом отношении небольшую плотину с низким флютбетом и затворами.

Для гидравлического смыва отложившихся наносов в пороге шлюза-регулятора предусматривают донные промывные отверстия, через которые гидросмесь поступает в промывной канал.

Гидравлический смыв наносов обеспечивается при пропуске по каналу-прокопу повышенных расходов.

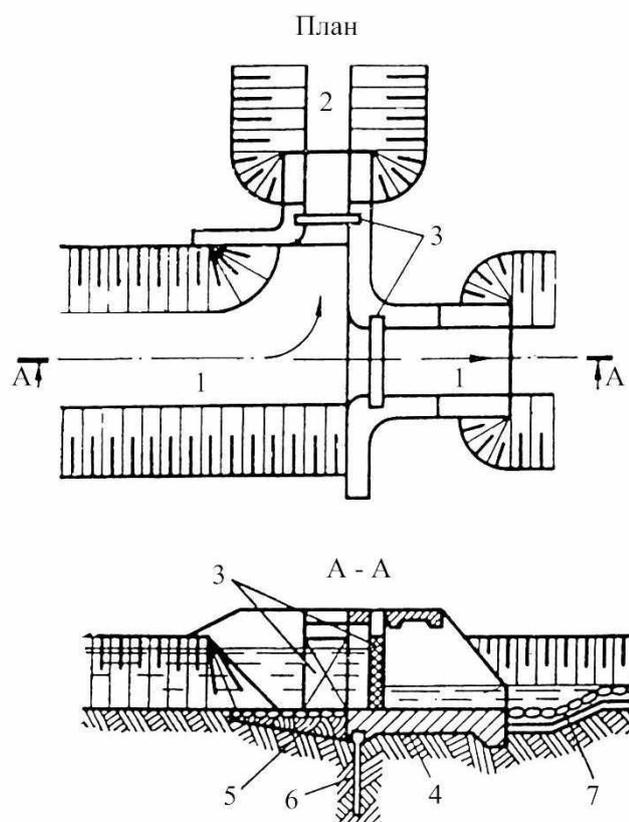


Рис. 3.3.27. Схема шлюза-регулятора:

1 - магистральный канал; 2 - распределительный канал, 3 - затворы, 4 - флютбет и водобой; 5 - глиняный понур, 6 - шпунт; 7 - рисберма с креплением из камней и обратным фильтром

Если расчетный уровень воды в реке в месте предполагаемого водозабора ниже требуемого для самотечной подачи воды в магистральный канал, то рассматривают другие варианты водозаборов, например, плотинный водозабор.

Плотинные водозаборы

Плотинные водозаборные гидроузлы устраивают для обеспечения постоянства уровней в источнике орошения (реке), при которых гарантируется забор воды по графику водопотребления в любое время.

Принципиальная схема плотинного водозабора представлена на рис.3.3.28.



Рис.3.3.28. Схема плотинного водозабора: 1 - плотина, 2 - головной регулятор

При заборе большого процента расхода воды необходимо осуществление дополнительных конструкций - специальных порогов, расслаивающих поток по вертикали на два, донных щелей, через которые наносы попадают в промывные галереи, а оттуда в нижний бьеф.

При совпадении гидрографа реки с графиком водопотребления плотинные водозаборы возводятся *без регулирования стока*. В качестве примера плотинного водозабора с водохранилищем многолетнего регулирования стока можно привести Кайракумский гидроузел на р.Сырдарье, объем водохранилища 4,2 млрд. м³. Гидроузел используется для орошения и гидроэнергетики.

Основные типы плотинных водозаборов

На горных, предгорных и равнинных участках рек применяются различные типы водозаборов. По уклонам дна реки выделяются участки: горный $i > 0,05$, предгорный $i = 0,05 - 0,001$, равнинный $i < 0,001$):

- *боковой водозабор* – располагают на прямолинейных участках рек с подачей воды на один берег водоотбор из источников под углом к оси потока. Применяют его в основном на предгорных и равнинных реках, реже – горных. Достоинство бокового водозабора – простота конструкции и эксплуатации, недостаток – пропуск значительного количества наносов;

- *фронтальный водозабор* – забор происходит по направлению основного потока воды, особенность – водоотбор из верхних слоев воды. Используется преимущественно на равнинных реках, допускаются предгорные участки рек;

- *решетчатый водозабор* - забирает воду с определенной глубины или со дна (горные, селеносные и неселеносные) недостаток – пропуск наносов в водоприемники, забивка решеток мусором.

Проектирование водозаборов ведется согласно СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и Пособия к нему.

Компоновка ирригационного гидроузла с водохранилищем определяется главным образом условиями борьбы с наносами.

На рис.3.3.29 представлена схема плотинного водозабора с применением промывного шлюза. В этой схеме вода, поднятая плотиной в реке, движется самотеком по магистральному каналу.

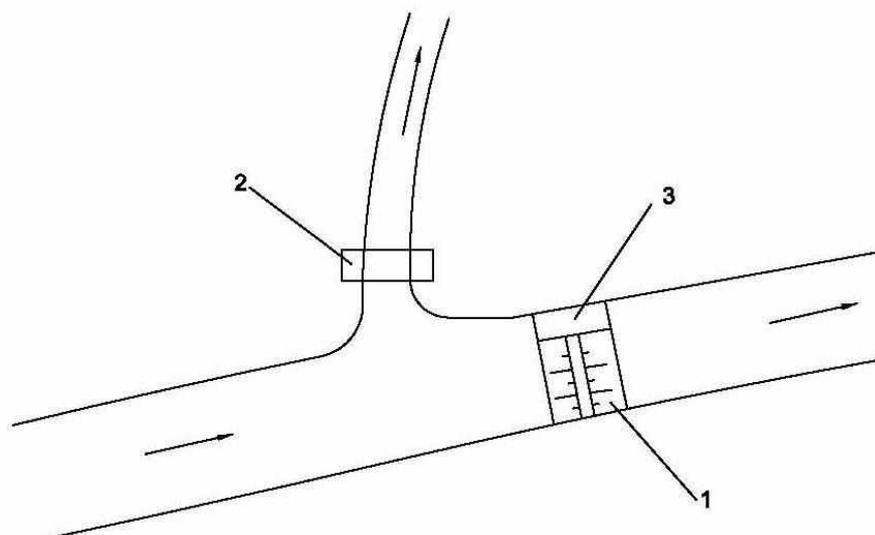


Рис.3.3.29. Схема плотинного водозабора с промывным шлюзом:
1 - плотина, 2 - головной регулятор, 3 - промывной шлюз

На рис.3.3.30 приведена конструкция плотинного фронтального водозабора, при котором как сам водозабор, так и промывные устройства расположены в теле плотины, что, конечно, усложняет и удорожает ее конструкцию.

Вместе с тем мы получаем вход потока по прямой с минимальными потерями напора, промывные отверстия имеют минимальную длину, что обеспечивает большие скорости промывки и эффективное удаление скапливающихся перед плотиной наносов, вода поступает в канал из верхних осветленных слоев водоема.

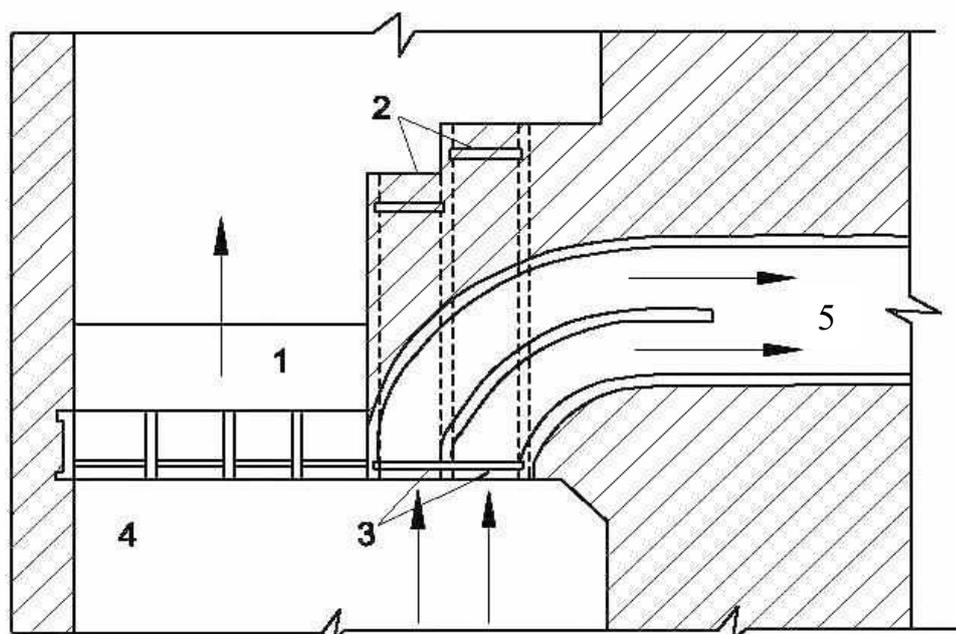


Рис.3.3.30. Схема плотинного фронтального водозабора:
1 - плотина, 2 - промывные отверстия; 3 - водозаборные отверстия канала, 4 - водохранилище;
5 - канал

Для защиты водоприемного отверстия от поступления в него наносов устраивают приподнятые пороги высотой от $1/3$ до $1/2$ глубины потока или напора перед плотиной при заборе воды меньшего 25% расхода воды.

Водозаборы с насосной станцией

Водозаборы с насосной станцией с машинным водоподъемом состоят из двух основных частей: водоприемника и насосной станции.

В зависимости от взаимного расположения их водозаборы разделяются на: отдельные и совмещенные; а по месту расположения в речном потоке водоприемных устройств – на береговые и русловые, плавучие.

Береговые водозаборы тоже могут быть совмещены с насосной станцией. Преимущество совмещения состоит в меньшей стоимости всего водозабора по сравнению с отдельным типом.

Схема водозабора с насосной станцией приведена на рис.3.3.31.

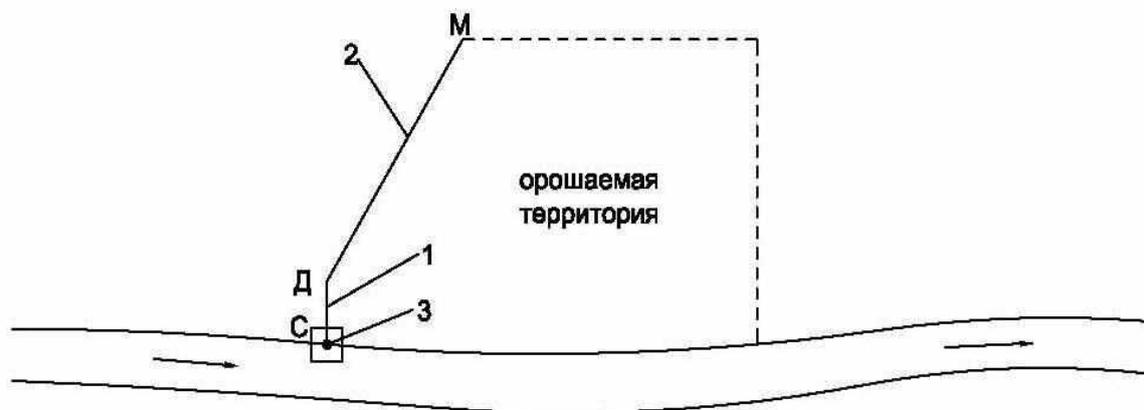


Рис.3.3.31 Схема водозабора с насосной станцией:

1 - напорный трубопровод; 2 - магистральный канал, 3 - насосная станция

В данном случае, воду берут насосами из реки в точке С и по напорному трубопроводу СД подают ее в точку Д, откуда вода самотеком идет по магистральному каналу ДМ.

При орошении из водоемов, не имеющих командования над орошаемой территорией и наличии значительного колебания уровней в источнике орошения, применяют плавучие водозаборы.

Наиболее распространенными являются русловые плавучие водозаборы отдельного типа, так как их можно устраивать при любых колебаниях уровня воды в реке и наличии слабых грунтов в основании сооружения.

Сооружение состоит из водоприемника в виде затопленного оголовка, самотечно-всасывающей линии и насосной станции. От оголовка вода поступает самотеком в береговой колодец, в котором устанавливают всасывающие трубы насосной станции.

Русловые водозаборы совмещенного типа отличаются тем, что водоприемник и насосная станция располагаются в русле реки.

Схема плавучего водозабора совмещенного типа с насосом приведена на рис.3.3.32.

Оросительные насосные станции, забирающие воду из открытых водоемов (реки, озера, водохранилища), называются головными станциями или станциями первого подъема.

Насосные станции, забирающие воду из магистральных оросительных каналов, называются зональными - перекачивающими станциями или станциями второго, третьего и т.д. подъема.

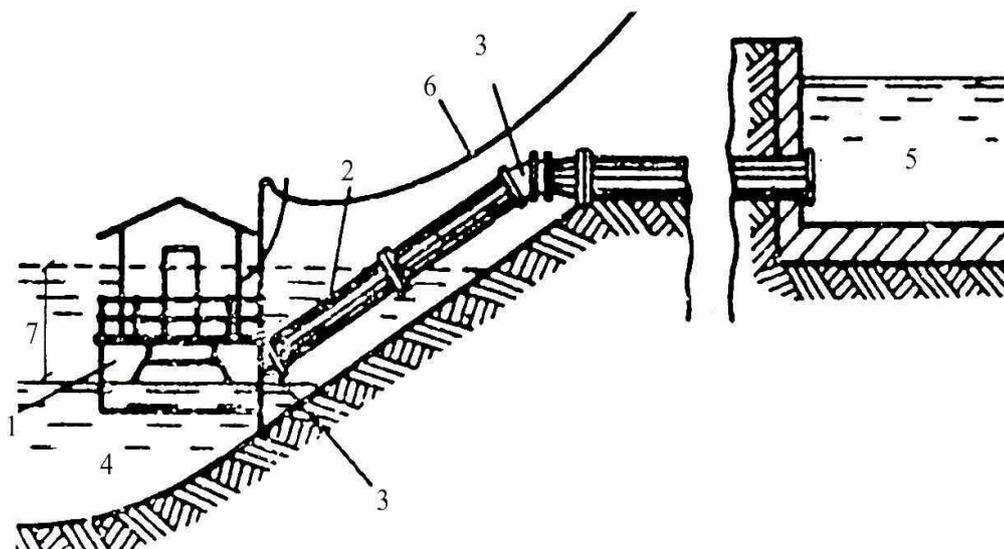


Рис.3.3.32. Схема плавучего водозабора с насосом

1 - понтон с насосной станцией, 2 - напорный трубопровод, 3 - шаровые соединения, обеспечивающие шарнирное сочленение элементов трубопровода, 4 - водохранилище - источник орошения; 5 - канал, питаемый насосной станцией, 6 - линия питания энергией, 7 - амплитуда колебания уровней в водоеме

При орошении *подземными водами* тип и конструкция водозаборов зависят от глубины залегания водоносного пласта и напора в нем. При неглубоком залегании безнапорного водоносного пласта возможен самотечный водозабор с помощью закрытого коллектора или галереи, выводящих воду на нижерасположенные земли. При наличии артезианских водоносных пластов с напором выше поверхности земли используются самоизливающиеся скважины.

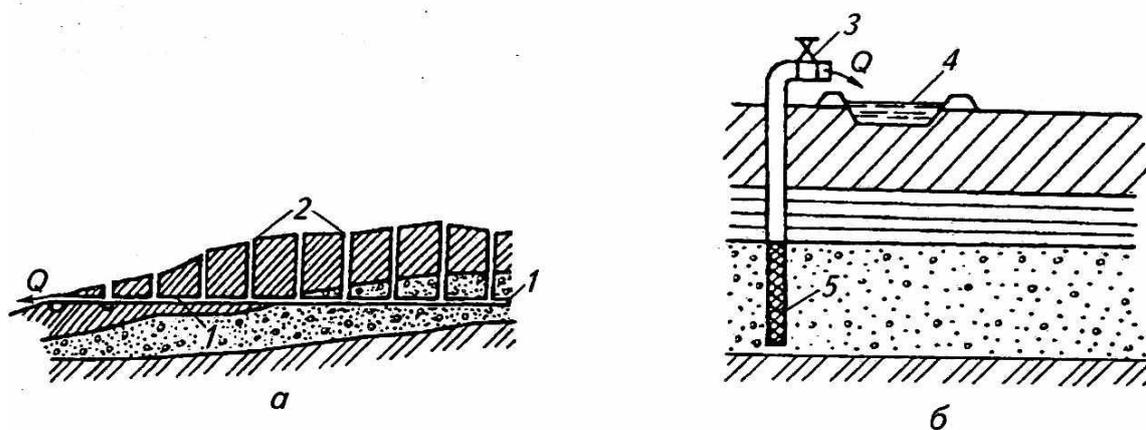


Рис. 3.3.33. Схемы самотечных водозаборов подземных вод

а - водосборная галерея; б - артезианская скважина; 1 - водосборная галерея или коллектор; 2 - смотровые колодцы; 3 - задвижка; 4 - регулируемый бассейн; 5 - фильтр скважины; Q - расход получаемой подземной воды.

Эти два типа водозаборов не требуют затрат энергии для водоподъема, недороги по конструкции, экологичны.

Для подъема подземных вод устраивают насосные скважины, шахтные колодцы и лучевые водозаборы. Эти водозаборы требуют больших капитальных и эксплуатационных затрат. При подаче воды непосредственно в трубчатую сеть насосы должны обеспечивать как подъем воды из скважины, так и необходимые напоры в сети. Схемы водозабора подземных вод с помощью насосной скважины и лучевого водозабора показаны на рис.3.3.34.

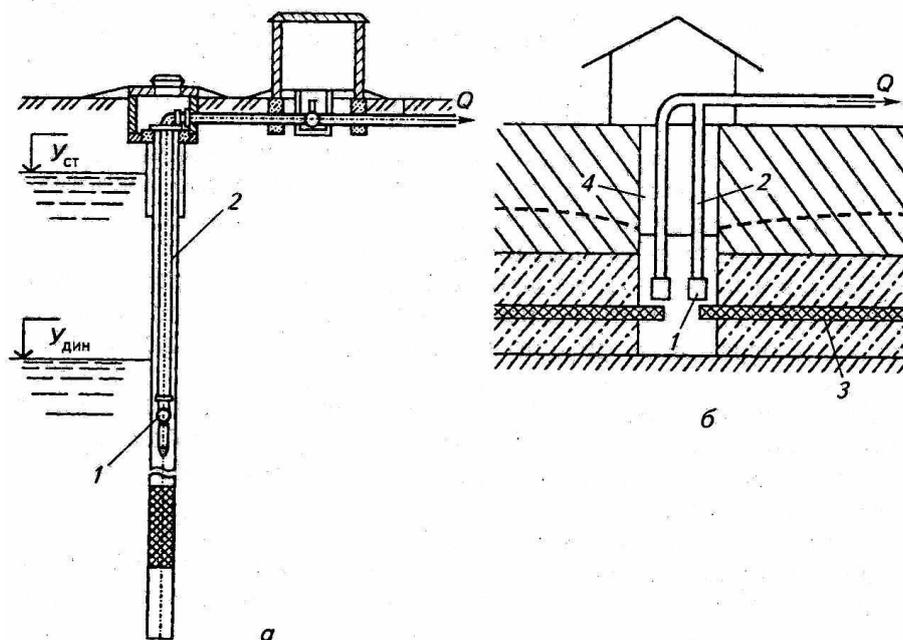


Рис.3.3.34. Машинные водозаборы подземных вод.

а – скважина; б – лучевой водозабор; 3 – перфорированные лучи-водосбросы; 4 – шахтный колодец; $U_{ст}, U_{дин}$ – статический и динамический уровни воды в скважине. Q – расход откачиваемой воды.

Головные водозаборы - наиболее крупные и дорогие гидротехнические сооружения на оросительной системе, поэтому выбор их типа и конструкции требует сравнения вариантов по экологическим и экономическим показателям.

3.3.7. Отстойники на водозаборных сооружениях. Характеристики взвешенных наносов. Расчеты отстойников. Соросудерживающие решетки

Поток воды, насыщенный взвешенными наносами, через водозаборные сооружения поступает в канал мутностью, соответствующей мутности речной воды. Так как скорости в каналах обычно меньше скорости в реке, взвешенные наносы частично осаждаются, приводя к заилению каналов. Для предотвращения заиления устраивают *отстойники* - бассейны, в которых при движении потока с малыми скоростями часть наносов осаждается.

Задача отстойников состоит в осветлении воды и выпуске ее в канал с мутностью, при которой оставшиеся наносы транспортируются во взвешенном состоянии.

В отстойниках может также отстаиваться шуга при режиме задержания ее перед водозабором. Как правило, организуют многоступенчатую защиту от наносов.

От крупнозернистых наносов освобождаются обычно на гидроузле. Наносы сбрасывают в нижний бьеф гидроузла через водосбросы.

Однако сосредоточенное освобождение от всех вредных фракций наносов часто бывает нецелесообразным. Полностью очищенная от наносов вода может размывать подводящие каналы, вызывать деформацию каналов и вторичное насыщение воды наносами.

Отстойники чаще всего устраивают:

- выше входных отверстий-сифонов, труб, желобов, засорение которых песком особенно опасно;
- ниже головного регулятора на незначительном расстоянии от него;
- на канале в местах перехода от больших скоростей к малым;
- там, где удобно промывать канал от наносов по естественным условиям.

Отстойники подразделяются:

- по способу удаления осевших наносов -
- с гидравлической промывкой;
- с механическим удалением наносов;
- комбинированные;
- в зависимости от системы гидравлической промывки наносов:
- отстойники с периодической промывкой;
- отстойники с непрерывной промывкой;
- по месту расположения:
- в составе гидроузла;
 - в удалении от него;
 - внутрисистемные;
- по числу камер:
 - однокамерные;
 - многокамерные.

В большинстве типов отстойников предусмотрена непрерывная промывка, однако в последнее время применение преимущественное находят отстойники с периодической промывкой.

В оросительных системах возможны следующие основные схемы расположения отстойников, которые представлены на рис.3.3.35.

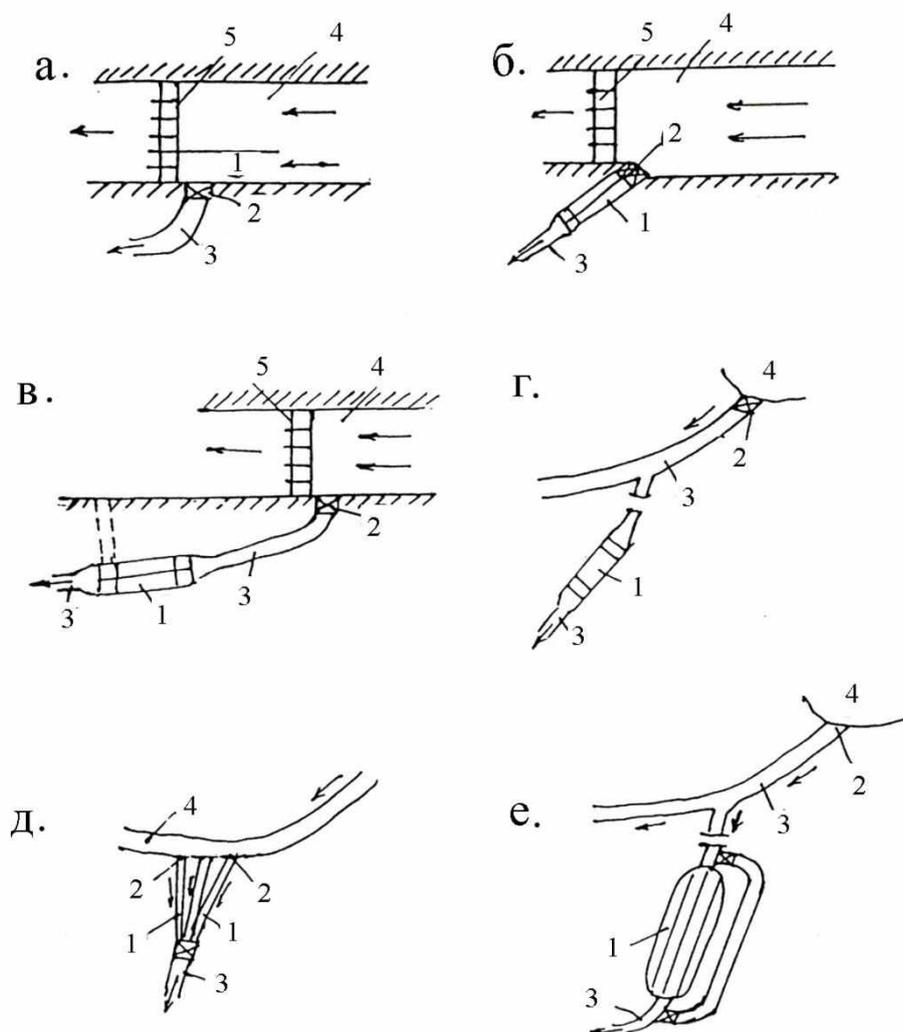


Рис.3.3.35. Расположение отстойника в оросительных системах:

1 – отстойник; 2- водозабор; 3 – канал; 4 – река; 5 – плотина

Здесь можно выделить следующие случаи.

а) Расположение отстойника в составе гидроузла перед водозабором в верхнем бьефе. Отстойник является составной частью водозабора и предназначается для осаждения только крупных фракций наносов - 0,5 мм и более.

б) Расположение отстойника в составе гидроузла на берегу. Такая схема применима при плотинных водозаборах, на предгорных и равнинных участках рек при сравнительно больших напорах для обеспечения самотечного гидравлического смыва наносов из отстойника.

в) Отстойник находится на канале вблизи гидроузла. Схема применима при низконапорных плотинах, а отнесение отстойника от гидроузла связано с условиями гидравлической промывки.

г) Отстойник устраивается на канале в значительном удалении от гидроузла. Такая схема применима при двух-трехступенчатом осветлении воды.

д) Отстойники находятся на каналах-прокопах при бесплотинных водозаборах. На схеме представлен водозабор с централизованным управлением, отстойник служит для осаждения мелких фракций наносов, удаление их комбинированное.

е) На канале или в стороне от него вдали от водозабора; здесь в качестве отстойника используются озерные отстойники

Отлагающиеся в отстойниках наносы удаляются периодической или постоянной автоматической промывкой или механическим путем - землесосами и другими машинами.

Отстойники с промывом наносов применяются в тех случаях, когда могут быть созданы достаточно большие скорости течения в камере отстойника, в промывных галереях.

Характеристики взвешенных наносов

Для расчетов осаждения наносов в отстойниках, необходимо первоначально дать определение основным характеристикам взвешенных наносов.

Гидравлическая крупность наносов – скорость осаждения взвешенных наносов в спокойной воде, ω , см/с; мм/с; реже м/с. Зависит от размеров и формы частиц, удельного веса, температуры воды.

Мутность – содержание взвешенных частиц грунта в единице объема воды.

Может быть выражена через *весовую мутность* ρ (кг в 1 м³), *объемную мутность* μ (л взвешенных наносов в 1 м³ воды).

Транспортирующая способность потока – предельное весовое количество перемещаемых потоком взвешенных наносов, $\rho_{тр}$, выражается в единицах мутности. Зависит от гидравлических характеристик потока (уклона, скорости, глубины) и состава наносов. Поток в размываемом русле насыщается наносами до величины транспортирующей способности, если мутность больше, наносы осаждаются. Критическая мутность зависит от уклона, скорости, глубины потока и состава наносов.

Взвешивающая скорость потока - вертикальная составляющая скорости в потоке, обеспечивающая перемещение твердых частиц. Наносы перемещаются вверх, если $v_B > \omega$. При $v_B < \omega$ наносы перемещаются вниз и осаждаются на дно - происходит процесс заиления русла. Взвешивающая скорость v_B зависит от продольной скорости.

Распределение взвешенных наносов по глубине потока подчиняется определенной закономерности. При расчетах отстойников обычно применяют некоторую модель, в какой-то степени отвечающую условиям фактического распределения наносов по глубине потока. Чаще всего при расчетах отстойников часто применяют прямоугольную эпюру. Такая эпюра хотя и не всегда соответствует фактическому распределению наносов, однако позволяет значительно упростить расчеты, а для отстойников, в которых преобладают мелкие наносы, практически отвечает действительному распределению наносов по глубине потока.

Расчеты отстойников

Расчеты отстойников различных конструкций имеют свои особенности и достаточно сложны. При проектировании сооружений предварительно выполняются поверочные расчеты,

цель которых определить основные габариты конструкции для осветления требуемого объема воды. Затем, с учетом выбранной конструкции проводят более детальные расчеты, ход выполнения которых можно найти в специальных справочниках по гидротехническим сооружениям.

Приведем порядок предварительных расчетов отстойников.

Исходные данные.

При расчете отстойников должны быть заданы:

- 1) расход водопотребления;
- 2) расчетная мутность речной воды;
- 3) гранулометрический состав взвешенных наносов;
- 4) диаметр частиц взвешенных наносов, подлежащих осаждению в камерах;
- 5) уровни верхнего бьефа плотинных гидроузлов и уровни нижнего бьефа у устья промывного водовода.

Учитывая, что при расчете отстойников переменных величин больше, чем имеется уравнений для их определения, некоторые из этих переменных задают, руководствуясь нормативными указаниями и опытом проектирования. К числу задаваемых переменных величин при проектировании головных отстойников, предназначенных для осаждения крупных фракций, относятся:

- 1) средняя глубина воды в камерах отстойника, принимается в пределах $3 \div 5$ м;
- 2) средняя продольная скорость потока при осаждении взвешенных наносов V , принимается в пределах $0,2 \div 0,4$ м/с;
- 3) промывной расход при гидравлическом смыве наносов $Q_{пр}$, принимается равным $(1 \div 1,5) Q_{к}$.
- 4) гидравлическая крупность наименьших осаждающихся частиц наносов $\omega_{min} = 0,05$ м/с.

Отклонение от приведенных величин при надлежащем обосновании допускается в обе стороны.

Движение воды в отстойнике происходит со скоростями, при которых турбулизирующие возмущения обладают малой энергией. Расчет осаждения наносов в этих условиях выполняют как при ламинарном режиме течения.

Объем камеры отстойника в первом приближении принимается

$$W_{отст} = Q_{макс} / v, \text{ м}^2; \quad (3.3.17)$$

где $Q_{макс}$ – расход максимального водопотребления;

v – средняя продольная скорость потока при осаждении взвешенных наносов $v_{ср}$, принимаемая в пределах $0,2 \div 0,4$ м/с;

Ширина камеры отстойника $B_{отст}$ зависит от ширины водозабора (подводящего канала), для уменьшения скорости в отстойнике принимается больше np раз (на практике $n = 2 \div 3$).

Глубина отстойника

$$h_{ср} = W_{отст} / B_{отст}, \text{ м}. \quad (3.3.18)$$

Одна из важных характеристик отстойника – его *проточность*, определяемая отношением объема воды в отстойной камере к расходу

$$t_0 = W_h / Q_h, \text{ с}. \quad (3.3.19)$$

Это время, в течение которого вода в камере будет полностью заменена другой и происходит отстаивание наносов.

Длину камеры отстойника определяют по расчетному наиболее мелкому осаждающемуся зерну наносов ω_{min} . Время для осаждения такого зерна

$$t_0 = h_{ср} / \omega_{min} = W_k / Q_k = lb_k h_{ср} Q_k, \text{ с}; \quad (3.3.20)$$

$$l_{max} = \frac{Q}{b \omega_{min}} = vt_0, \text{ м}. \quad (3.3.21)$$

где Q – расход воды; b – ширина камеры; ω_{min} – гидравлическая крупность осаждающихся частиц, $h_{ср}$ – средняя глубина камеры v – скорость потока.

Если сделать камеры длиной l_{\max} то после небольшого времени осаждения объем ее за счет заиливания уменьшается и в канал будут поступать наносы с крупностью больше $\omega_{\text{минг}}$.

Поэтому объем камеры обычно делают больше на величину допустимого объема заиливания

$$L = kl_{\max}, \text{ где } k = 1,2 \div 1,5. \quad (3.3.22)$$

Степень осветления воды - отношение мутности потока на выходе из отстойника к мутности его на входе. Она зависит от требований водопотребителя. Мелиоративные отстойники предназначены для осаждения мелких фракций взвешенных наносов (диаметр которых не превышает 0,1 мм), составляющих значительную долю общей мутности потока (до 70% и даже больше). В соответствии с поставленными условиями о степени осветления воды рассчитывают и размеры отстойника. Длина головных отстойников, предназначенных для осаждения крупных фракций наносов, получается сравнительно небольшой - около 100 м. Оросительные же отстойники, в которых осаждаются мелкие фракции наносов с целью уменьшения мутности, имеют длину 3÷4 км и более. Значительная длина ирригационных отстойников составляет одну из их особенностей.

Для полива мутность должна быть не более 0,04 г/л (СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»).

Соросудерживающие решетки

Соросудерживающие решетки служат ограждающей конструкцией, недопускающей в канал плавающие предметы.

В зависимости от назначения решетки выполняют наклонные, вертикальные, горизонтальные; подвижные и неподвижные.

Установка решеток требует постоянной их очистки, чтобы они не забивались соломой, травой, иначе забитая решетка может создать подпор.

Решетки устанавливаются в специальных проемах, расположенных в несколько рядов, могут быть и вертикально, и горизонтально, чтобы не допустить плавающие предметы в водоприемник. Они устраиваются литыми или сварными железными, с расстоянием между прутьями от 4 до 10 см.

3.3.8. Дренаж на орошаемых землях. Мелиорация засоленных земель

Необходимость отвода грунтовых вод с орошаемых земель дренажем возникает, когда уровень грунтовых вод изначально стоит высоко, вызывая заболачивание и засоление земель, ожидается их подъем с началом орошения земель или когда орошение вызывает подъем уровня грунтовых вод на соседних землях или на рассматриваемом участке уровень грунтовых вод поднимается в результате орошения соседних земель.

Дренажи различают по продолжительности действия (постоянный и временный), по расположению на территории (систематический и ограждающий), по конструкции (горизонтальный, вертикальный, комбинированный).

Постоянный дренаж предназначен для работы в течение всего срока эксплуатации системы. Его проектируют на среднегодовую интенсивность отвода подземных вод в год расчетной обеспеченности орошения.

Временный дренаж нужен в период освоения засоленных земель, продолжающийся 1...3 года, когда проводят капитальные промывки и постоянный дренаж не обеспечивает необходимые скорости отвода промывных вод.

Расположение дренажа на территории зависит от вида дополнительного питания грунтовых вод.

Систематический дренаж устраивают, если подъем уровня грунтовых вод вызван фильтрацией оросительных и поверхностных вод. Этот дренаж располагают равномерно по орошаемой территории.

Ограждающий дренаж необходим при существенном притоке по водоносному пласту с соседних земель для перехвата этого притока. При наличии обоих видов питания грунтовых вод применяют оба вида дренажа совместно.

Конструкцию дренажа выбирают в зависимости от гидрогеологических условий и экономического сравнения вариантов: горизонтальный, вертикальный или комбинированный.

Горизонтальный дренаж применяют в однородных или мелкослоистых грунтах при отсутствии напорных вод. Он бывает открытым и закрытым. Открытый горизонтальный дренаж представляет собой каналы, врезанные дном в водоносный пласт и получающие воду из грунта через дно и откосы.

Закрытый горизонтальный дренаж - наиболее распространенный постоянный дренаж. Он представляет собой проницаемые трубопроводы, уложенные в грунт с уклоном. Глубина постоянных дрен до 3...4 м, чтобы обеспечить минимально допустимую глубину грунтовых вод, максимальное междренное расстояние обычно 200...500 м. Трубопроводы выполняют из гончарных, пластмассовых, асбестоцементных труб. Вода в них попадает через зазоры между короткими трубками, через отверстия, прорези, щели в трубах.

Для предотвращения вымывания грунта в дрены их защищают фильтрующими материалами - стеклохолстом, стеклотканью, песком, гравием и др.

Расстояния между дренами вычисляют в соответствии со СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» по формулам, которые выбирают в зависимости от строения гидрогеологического разреза.

Ограждающую горизонтальную дренажную трубу располагают по границе притока грунтовых вод по линии наименьшей их глубины, врезая в водоносный пласт не менее чем на 0,5...1 м, для получения достаточного перехватывающего действия. Глубина такой дрены доходит до 5...6 м, что при строительстве довольно сложно и дорого.

Вертикальный дренаж представляет собой скважины, фильтры которых установлены в водоносном пласте, вода откачивается насосами. Он наиболее эффективен в водоносных пластах с высокой водопроницаемостью ($kT > 100 \text{ м}^2/\text{сут.}$, где T - мощность пласта) и при наличии напорности подземных вод. Расстояния между скважинами, их дебиты, понижения динамического уровня в скважинах определяют фильтрационными расчетами и экономическим сравнением вариантов параметров дренажа.

Обычные параметры вертикального дренажа следующие: расстояния между скважинами 300...1500 м, дебит 20...100 л/с, понижение динамического уровня в скважинах 5... 15 м, диаметр фильтра 300...500 мм.

Достоинства вертикального дренажа: возможность регулирования его работы, автоматизация управления, применимость в условиях напорности подземных вод, малые площади отчуждений. Недостатки: сложность и высокая стоимость строительства и эксплуатации, потребность в энергии, сильное воздействие на подземные воды, вовлечение в геохимический круговорот большого количества растворенных в них солей.

Комбинированный дренаж представляет собой горизонтальные дрены с вертикальными скважинами-усилителями. Комбинированный дренаж можно применять в качестве систематического и ограждающего там, где неэффективны горизонтальный и вертикальный дренажи: слабопроницаемый пласт мощностью более 4 м подстилается напорным водоносным пластом малой мощности (<10 м). Горизонтальные дрены могут быть открытыми и закрытыми, скважины-усилители являются самоизливающимися, без насосов.

На орошаемых землях возможно применение *лучевого дренажа*, который представляет собой шахтный колодец большого диаметра с горизонтальными лучами-дренами. Воду из колодца откачивают насосами. Лучевой дренаж можно применять в условиях, когда покровные слабопроницаемые грунты имеют мощность более 5 м, а подстилающий водоносный пласт - малую мощность и водопроницаемость, так что применение других типов дренажа малоэффективно. В этих условиях лучевой дренаж может быть экономически целесообразен ввиду большой площади обслуживания одним колодцем (100...400 га и более), заменяя 10..20 скважин вертикального дренажа.

Вода, собираемая дренами любого типа, поступает в коллекторы, обычно открытые, реже трубчатые, и отводится самотеком. Сбрасывают дренажные воды в естественные понижения, водотоки, водоемы. Ввиду значительных объемов и плохого качества дренажных вод состояние водоприемников может существенно ухудшиться. Сброс дренажных вод - крупная и пока нерешенная проблема в орошаемом земледелии. При обосновании орошения земель учет влияния дренажного стока на состояние природной среды обязателен.

Мелиорация засоленных земель

К засоленным и подверженным засолению относят земли, на которых в почвах, грунтах или грунтовых водах содержатся соли, вредные для развития растений или свойств почв. Проблема засоления земель актуальна для значительных (более половины) площадей орошаемых земель во всем мире.

Засоление земель вызывается избыточным содержанием растворимых солей натрия, магния, кальция (хлоридами, сульфатами, карбонатами, гидрокарбонатами). Высокое содержание солей угнетает растения, снижает урожай и даже приводит к их гибели. Устойчивость культур к засолению зависит от их вида, типа солей, водного режима почв. Содержание различных солей в почве влияет на ее водно-физические и физико-химические свойства, реакцию почвенного раствора, растворимость и содержание гумуса.

Засоленные земли классифицируют по степени, типу и химизму засоления. По степени засоления различают незасоленные, слабо-, средне- и сильнозасоленные земли. По типу засоления различают: солончаки и солончаковые земли, содержащие легкорастворимые подвижные соли; солонцы и солонцовые земли, содержащие ионы натрия и магния в почвенном поглощающем комплексе. Солончаки и солончаковые земли бывают нейтрального засоления (хлориды и сульфаты) и щелочного (карбонаты и гидрокарбонаты).

Химизм засоления определяют преобладающие ионы, например: натриево-магниевохлоридное, натриево-сульфатное, карбонатное (содовое) и т. д.

Причины засоления могут быть первичными и вторичными. Первичное (природное) засоление возникает в определенных климатических и гидрогеологических условиях: в областях с жарким и сухим климатом, на слабодренированных территориях с малой глубиной минерализованных грунтовых вод, в результате испарения которых соли накапливаются в верхних слоях почвы. Вторичное засоление земель происходит в период использования орошаемых земель при неправильном режиме орошения, больших потерях оросительной воды на глубинную фильтрацию и недостаточной дренажности территории, плохом качестве поливной воды.

Перед началом использования земель первичное засоление должно быть ликвидировано или снижено до допустимых пределов. При солончаковом типе засоления легкорастворимые соли вымывают из почвы большим количеством воды - капитальными промывками. Норма капитальной промывки зависит от вида и количества солей в почве, мощности промываемого слоя, проницаемости почв и грунтов, условий отвода промывной воды.

Промывают земли обычно в невегетационный период, когда освобождаются водные и трудовые ресурсы, минимально испарение. Отводят промывную воду с помощью дренажа.

Промывают земли путем затопления чеков без сброса воды. В зависимости от расстояний между временными оросителями, временными дренами и уклонов поверхности земли размеры чеков принимают от 20 x 20 до 50 x 50 м.

При солонцовом засолении перед капитальными промывками нужны химические мелиорации. В пахотный горизонт вносят вещества (химические мелиоранты), способные вытеснить натрий и магний из почвенного поглощающего комплекса почвы, заместив их кальцием, и нейтрализовать щелочность почвы. В качестве мелиорантов, содержащих кальций, применяют гипс, хлорид кальция, известняк, фосфогипс; окисляющих мелиорантов - серу, сульфат железа, серную кислоту. Продукты обменных реакций удаляют капитальной промывкой.

В период эксплуатации земель необходимо поддерживать такой водно-солевой режим почв, при котором не произойдет вторичного засоления, а промытый слой будет увеличиваться,

поэтому воды на орошение подают на 8...20 % больше, чем требуется растениям, чтобы создать опресняющий фильтрационный переток оросительной воды через почву в грунтовые воды. Такой режим орошения называют промывным. Чаще всего эту воду подают в невегетационный период в виде эксплуатационных промывок, иногда требуется увеличение и вегетационных поливных норм.

Промывной режим орошения способен препятствовать вторичному засолению конкретного участка, но это повышает объемы и минерализацию дренажных вод. При сбросе этих вод в реки - источники орошения последние загрязняются, а ниже расположенные орошаемые земли засоляются. Ухудшение экологической обстановки может быть лавинообразным и приводить к катастрофическим последствиям, как в бассейне р. Сырдарьи и Амударьи, что привело к деградации Аральского моря. Орошение в таких условиях необходимо проводить с минимальным воздействием на подземные воды: строительство совершенных оросительных систем, строгое дозирование поливов.

3.4. Мелиорация в садово-парковом хозяйстве. Особенности мелиоративных мероприятий на малых площадях

В парках, садах, на спортивных площадках и в местах отдыха населения применение дренажа имеет свои особенности. После осушения корни древесных растений, углубляясь, могут врастать через стыки дренажных трубок и закупоривать дрены. На спортплощадках и площадках для отдыха необходимо обеспечивать как быстрое освобождение их от воды, так и понижение грунтовых вод. Это следует учитывать при строительстве дренажа.

При устройстве обычного дренажа дрены рекомендуется закладывать в парках на расстоянии 15-20 м от деревьев и кустарников, в садах - в 4-5 м от яблонь. Глубину заложения дрен и уклона дренажных линий необходимо увеличивать. Стыки дренажных трубок следует покрывать рубероидом и засыпать дрены крупным щебнем или гравием слоем 20-50 см.

Наиболее эффективным является строительство дренажа специальных конструкций, например таких, как дренаж Реролле.

Дренаж Реролле выполняют в виде сплошной трубы, изготовленной из дренажных трубок, стыки которых закрыты цементом, а для поступления воды через 3-5 м снизу к основной дрене присоединяют короткие вертикальные дренажные трубки (рис.3.3.36,а). Перекрестный дренаж выполняют в виде пересекающихся дрен, соединенных в местах пересечения между собой. При такой конструкции закупорка дрен в одном и даже нескольких местах позволяет отводить воду (рис.3.3.36,б). Двойной дренаж устраивают путем укладки дренажных трубок меньшего диаметра в трубки большего диаметра, при этом стыки внутренних и наружных трубок не должны совпадать (рис.3.3.36,в).

При такой конструкции корни растений, врастая в стыки трубок дрен большего диаметра, оказываются на воздухе и прекращают рост.

Дренаж спортивных площадок. На спортивных площадках, стадионах осушение проводят с использованием гончарного дренажа. Для дрен-осушителей применяют трубки диаметром 50 и 75 мм, для коллекторов - 75 и 100 мм, для кольцевого коллектора - 100-150 мм. Для обеспечения быстрого сброса ливневых осадков расстояние между дренами уменьшают в 2 раза. Дрены-осушители делают сквозными через все поле стадиона (рис.3.3.37) с отводом воды в обе стороны. Глубина закладки дренажа 0,7-1,0 м. Дренажные траншеи целесообразно на 2/3 глубины засыпать крупнозернистым песком.

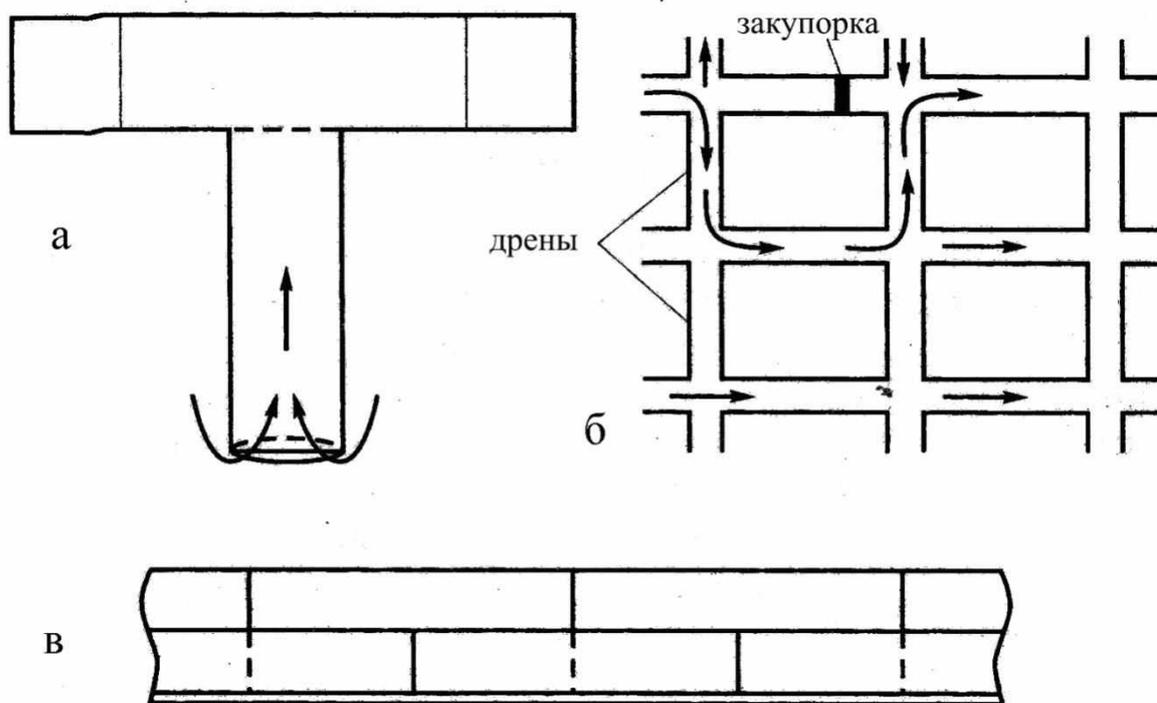


Рис.3.3.36. Схемы дренирования садов и парков.
а – дренаж Реролле; б – перекрестный дренаж; в – двойной дренаж

Дренаж площадок для отдыха. Площадки для отдыха нужно осушать тщательно, поэтому расстояние между дренами следует уменьшать на 20-30% в зависимости от грунта. Глубина дрен должна составлять 0,9-1,1 м.

Следует обращать особое внимание на тщательность засыпки дренажных траншей. В условиях возможного притока воды на поверхность траншеи необходимо заполнять материалом, хорошо фильтрующим воду (гравием, крупнозернистым песком и др.).

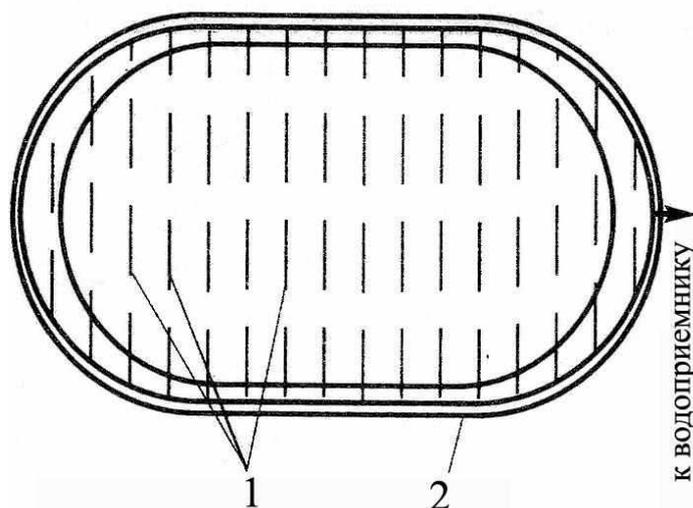


Рис.3.3.37Схема дренирования стадиона:
1- дрены-осушители; 2 - коллектор

Дренаж бульваров и зеленых разделительных полос. Бульвары и разделительные полосы городских дорог, имея относительно узкую, вытянутую вдоль улиц форму, интенсивно посещаемые населением и животными, требуют особого подхода к обеспечению сохранности зеленых насаждений.

При интенсивном движении транспорта на зеленые насаждения попадает грязная, а при снеготаянии часто насыщенная солью вода.

Для обеспечения устойчивости и сохранности бульваров и зеленых насаждений разделительных полос желательно со стороны насаждений, примыкающих к проезжей части, создавать узкую (0,7-0,9 м) защитную полосу из плит (типа тротуара) с уклоном $0,02-0,015^\circ$ в сторону дороги (рис.3.3.38).

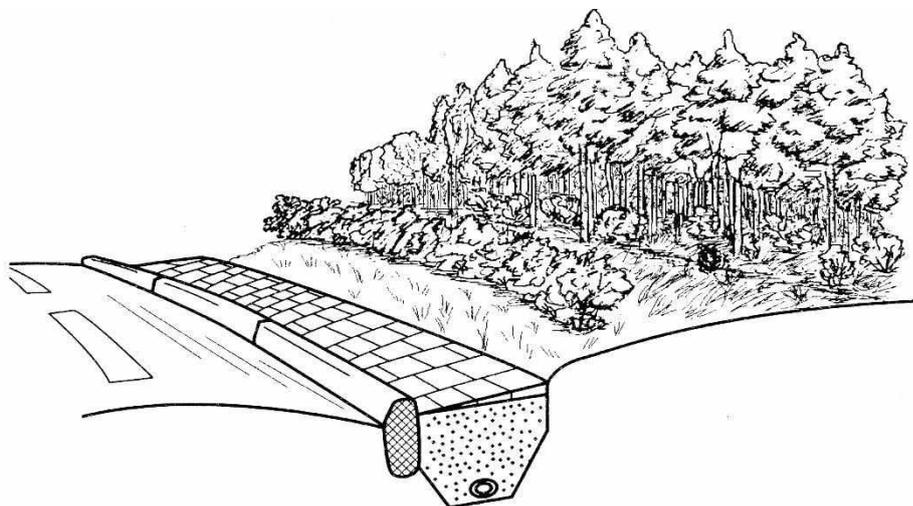


Рис.3.3.38. Дренажная зона с дренажем вдоль бульвара

Орошение садовых и дачных участков

Существует несколько способов орошения садовых и дачных участков. При организации системы орошения рекомендуется предварительно составить проект. Это позволит правильно выбрать способ полива с учетом всех индивидуальных особенностей отдельных участков и рационально использовать воду. При проектировании систем орошения дачных и садовых участков делается оценка качества воды для полива, расчет необходимого ее количества.

Расчет делается на основе норм полива на 1 га орошаемой земли. Нормы зависят от рельефа местности, на которой расположены участки, характеристики почвы в данном регионе, запаса воды в почве, от климата в данной местности, от типа выращиваемых растений и возраста сада. Так, косточковым растениям необходимо меньше воды, чем яблоням, чем моложе сад, тем меньше воды для его полива требуется. С помощью расчетов определяется необходимое сечение оросительных каналов при открытом способе полива и насосы соответствующей мощности при поливе с помощью закрытой сети.

Системы полива для садового участка

Системы автоматического полива представляют собой инженерно-технический комплекс, при помощи которого осуществляется автоматический полив участка.

Чтобы использовать системы автоматического полива не существует ограничений по площади участка: они могут с одинаковой эффективностью применяться и на участках меньших площадей, где выращиваются разные группы растений, для которых требуются разные нормы воды. Добиться оптимального снабжения водой каждого растения можно путем специальной настройки систем полива для каждой группы растений. Для полива могут применяться дождевальные установки и системы капельного орошения.

Особенностью системы капельного орошения является то, что при помощи нее вода подается в необходимом и точном количестве для цветов, плодовых деревьев, декоративных кустарников в соответствии с графиком, установленным системой автоматического полива. Система капельного полива работает практически в автономном режиме.

Системы автоматического полива могут использоваться в различных сферах: для обеспечения орошения территории частных коттеджей, элитных ландшафтов, городских парков и скверов, полей, тепличных хозяйств, цветников, спортплощадок и др.

В современных садах системы автоматического полива выступают как необходимый элемент благоустройства и озеленения дачных участков. Чтобы газоны имели свой привычный внешний вид, они должны регулярно орошаться, особенно это актуально в неблагоприятные периоды. Закладка газонов и уход за ним – два неразрывные понятия. Чтобы добиться главной цели – озеленения, за газонами должен осуществляться тщательный уход.

ГЛАВА 4. ПРИРОДООХРАННОЕ ОБУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ

4.1. Защита земель от водной эрозии и оврагов

Водная эрозия почв и грунтов наносит огромный ущерб природе и экономике. Она возникает и развивается в тех случаях, когда мощность поверхностного потока превышает силы сопротивления почв и грунтов смыву. Эти силы зависят от сцепления отдельных агрегатов почв, содержания в них солей, влажности почвы ко времени начала движения эродирующего поверхностного потока, органических примесей, степени разрыхления и многих других факторов. Завершение прохода эродирующего потока (ливневого или снегового) сопровождается образованием на полях промоин и русел ручьев, обнажением корней трав после смыва верхнего слоя почвы на пастбищах, возникновением и развитием балок и оврагов.

Процесс водной эрозии почв, как и все процессы на Земле, совершается с затратой энергии. Различают два основных фактора, определяющих ход этого процесса. Активным фактором является энергия поверхностного потока, движущегося относительно тонким слоем по поверхности почвы или грунта. Этот поток формируется из дождевых капель или вследствие таяния снегов. Непременные условия генерирования энергии этого потока – силы гравитации и уклон поверхности почвы. Пассивным фактором является энергия сопротивления почв размыву – их противозерозионная устойчивость. Все виды растительности, живущие на почве и получающие из нее питание, защищают почву от размыва.

Под действием силы тяжести дождевые, поливные или талые воды фильтруются внутрь слоя почвы, впитываются. По мере насыщения почвы водой начинается горизонтальная фильтрация внутри почвы, а затем, когда скорость поступления воды превышает скорость впитывания, образуется слой свободной воды на поверхности почвы и формируется ее горизонтальный поток, вызывающий смыв почвы. Движение воды начинается по микроуглублениям на поверхности почвы. Агрегаты почвы, оказавшиеся полупогруженными, взвешиваются архимедовой силой. Как только уровень воды достигает верха агрегатов, течение воды по поверхности почвы ускоряется. При этом агрегаты начинают испытывать силы лобового давления потока, а также силы, возникающие за счет образования перепада уровней при обтекании каждого из агрегатов.

Дальнейшее увеличение глубины и скоростей поверхностного потока сопровождается срывом агрегатов и сносом их потоком. При этом оказывается, что потоку труднее сорвать агрегат с места, чем транспортировать его в направлении течения. По мере сноса первых агрегатов обнажаются и становятся «поверхностными» агрегаты нижележащего слоя, которые также смываются, и процесс эрозии продолжается. Такая картина имеет место, например, на распаханной почве.

Различают два основных вида мероприятий по защите почв и грунтов от эрозии:

- увеличивающие противозерозионную устойчивость почв;
- уменьшающие мощность эродирующего воздействия потока воды.

Эффективно сочетание этих мероприятий.

К первому виду относят организационные и агротехнические мероприятия, которые реализуются в основном на пашне, где проявляется площадная, или поверхностная, эрозия. Увеличение противозерозионной устойчивости в этом случае достигается:

- правильным использованием земель с учетом их противоэрозионной стойкости;
- дифференцированным применением севооборотов с учетом эрозии почв;
- правильным размещением линейных рубежей на склонах (границ полей севооборотов, рабочих участков, лесных и травяных полос, террас, водозадерживающих валов, водоотводных каналов, дорог), обеспечивающим обработку почв и посев сельскохозяйственных культур поперек склона или по горизонталям в районах водной эрозии;
- обоснованным назначением глубины вспашки или заменой вспашки поверхностными способами обработки – дискованием, лункованием, щелеванием, обработкой почв специальными веществами;
- кулисными посевами и т. п.

Все перечисленные мероприятия, как правило, не требуют изъятия площадей из сельскохозяйственного использования.

Наиболее простым противоэрозионным мероприятием является посев трав и посадка кустарников, но они начинают эффективно защищать почву от эрозии после достаточного развития. Лесомелиоративные мероприятия в виде древесно-кустарниковых полос воздействуют на эродирующий поверхностный поток, уменьшая его мощность. Эти мероприятия требуют изъятия некоторой части пашни (особенно при большой длине склонов). Различают рассеивающие кустарниковые посадки, полезащитные, стокорегулирующие, прибалочные и приовражные лесные полосы; насаждения на откосах оврагов и балок; донные насаждения.

Рассеивающие кустарниковые посадки устраивают в тех случаях, когда необходимо устранить эрозию по тальвегам промоин на склонах. В этих местах посадкой кустарников создается искусственная объемная шероховатость, снижающая скорость движения поверхностного потока (7...15 саженцев на 1 м²) и рассредоточивающая поток на большую площадь.

Полезащитные лесные полосы предотвращают ветровую эрозию почв, способствуют уменьшению вредного воздействия суховея, а также накоплению и равномерному распределению снега на полях. Их располагают перпендикулярно преобладающему направлению наиболее опасных ветров, но при этом стремятся учитывать и опасность водной эрозии.

Стокорегулирующие полосы выполняют функции перехвата поверхностного стока дождевых и талых вод, перевода его полностью или частично во внутрпочвенный сток и предотвращения смыва почвы в межполосном пространстве. Для повышения противоэрозионного значения стокорегулирующих полос их сочетают с водозадерживающими валами, создаваемыми по нижнему краю лесной полосы, и канавами в последнем междурядье, а также с глубоким щелеванием междурядий. Стокорегулирующие полосы, совмещенные с простейшими гидротехническими сооружениями, могут в среднем задерживать на серых лесных и каштановых почвах слой талой воды около 15 мм, а на черноземах - до 30...35 мм.

Прибалочные и приовражные лесные полосы размещают вдоль балок и оврагов как можно ближе к бровке, на расстоянии 3...5 м. Их создают для задержания снега на прилегающих склонах, поглощения стока, ослабления смыва и предупреждения размыва берегов балок и откосов оврагов. В приовражных полосах в опушечный ряд, идущий вдоль бровки, высаживают один-два ряда корнеотпрысковых кустарников, которые закрепляют откосы оврага и предохраняют их от обрушения. Наряду с кустарниками рекомендуют высаживать деревья, дающие корневые отпрыски (айлант, белую акацию), а также легкообсеменяющиеся породы (клен ясенелистный).

Лесопосадки на откосах оврагов и балок начинают, когда они сформируют свой устойчивый профиль и станут зарастать. В первую очередь посадки ведут в устье оврага, где откосы уже приобрели заложение, соответствующее углу естественного откоса, а затем начинают продвигать их к вершине.

В местах сосредоточения поверхностного стока в вершинах лощин, в верховьях оврагов, при наличии перепадов, промоин лесополосы неэффективны, поэтому применяют специальные гидротехнические сооружения: распылители стока, водосборные, водоотводящие, вершинные овражные, донные овражные и др.

Водосборные сооружения перехватывают склоновый сток в периоды выпадения ливней и снеготаяния. Их трассируют аналогично лесополосам, т. е. используя принцип ограничения пути

движения склонового потока и его эродирующей способности. Как правило, ось водосборной канавы располагают выше прогнозируемой верхней границы эродируемой площади склона.

Водоотводящие собиратели (коллекторы) предназначены для отводов воды из нескольких водосборных каналов. Обычно их располагают в четко выраженных понижениях рельефа склона.

Вершинные сооружения в оврагах (рис.4.1.1) предназначены для того, чтобы остановить продвижение вершины оврага по склону. Вершина в естественных условиях обычно представляет собой обрыв-уступ высотой 1,5...3м и более. При поверхностном стоке вершина обычно напоминает водопад, в подножии которого грунт интенсивно размывается и сносится вниз. Обрыв-уступ постоянно подмывается, его стенки теряют устойчивость и вновь обрушиваются. В итоге вершина постоянно «продвигается» вверх по течению, т. е. происходит регрессная, или попятная, эрозия грунта.

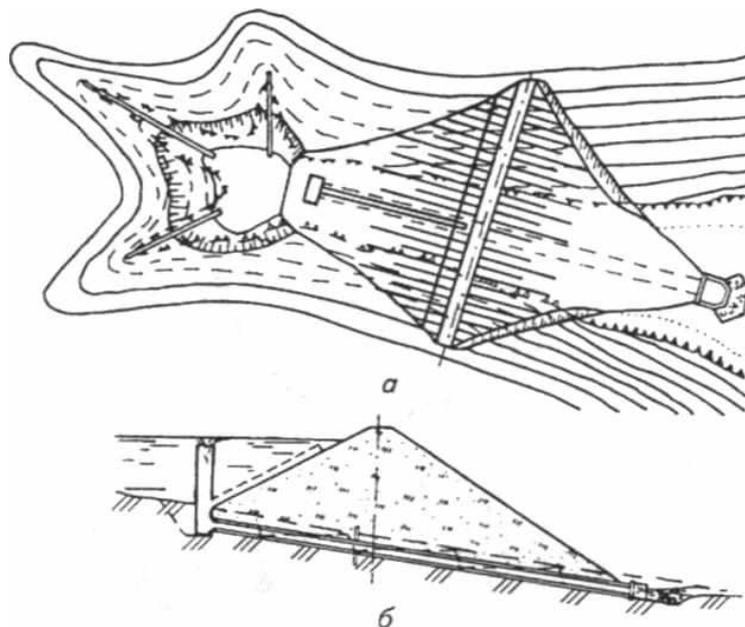


Рис. 4.1.1. Вершинное подпорное сооружение:
а- план; б-разрез по оси

В ряде случаев заросшие овраги (балки) используют для создания прудов различного назначения. Для этого в балках возводят перегораживающие подпорные сооружения или два-три вершинных сооружения при многоотвершковом овраге. Необходимость в подпорных сооружениях может также возникнуть в тех случаях, когда овраг предполагают использовать для создания наносохранилища или как емкость для ссыпания в нее отвалов грунта или шахтной пустой породы.

Обычно в составе подпорных узлов сооружений в оврагах необходимо предусматривать два водопропускных сооружения - водосброс и водовыпуск (рис. 4.1.1).

Для предупреждения разрастания оврагов их необходимо крепить не только в вершине, но и по длине и ширине, а также по их дну. Крепление сводится к уположению дна оврага и к снижению скорости потока. Для этого либо устраивают закрепленные ступени, либо создают в ложе оврага повышенное гидравлическое сопротивление посадкой на его дне и склонах трав и кустарников.

Строительство постоянных овражных сооружений осуществляют с помощью традиционных строительных материалов в пределах городов и других обжитых зон, а также в особо ответственных случаях. Широкого применения заслуживает биологическое крепление дна и склонов оврага - обсадка его черенками или саженцами многоствольных кустарников или посев крупно-стебельных трав. Но при разрушении склонов и дна оврага посадки и посевы почти не приживаются, поэтому их надо проводить через 1...1,5 года после закрепления дна временными кон-

струкциями. Они также создают на дне ступени с сосредоточенным падением и уменьшают уклон дна до прекращения эрозионных процессов.

Дно и склоны оврагов обсаживают черенками кустарников из местных пород толщиной 3...5 см. Во влажных оврагах следует сажать кустарниковые ивы. Через несколько лет дно оврага становится ступенчатым, а временные запруды сгнивают; для того чтобы по возможности сохранить ступени в створах запруд, надо сажать деревья, выполняющие роль кольев. Не все посаженные черенки приживаются, к тому же первый год может оказаться засушливым, поэтому все последующие осенние и весенние сезоны проводят посадку до полного закрепления оврага.

4.2. Борьба с затоплением земель и наводнениями

Под *затоплением* понимают любое естественное или искусственное покрытие обычно свободного участка поверхности земли слоем воды. Наводнением считают затопление, приводящее к значительному ущербу природе, человеку, инженерным сооружениям, посевам и т. п. Наводнение - стихийное бедствие, последствия от которого зависят как от времени, продолжительности и глубины затопления, так и от освоенности прибрежных территорий, уровня их социально-экономического развития, своевременности выполнения прогнозов, эвакуации и т. п. Отличительная черта наводнений - наличие затопления и ущерба.

Затопление в отличие от наводнения может быть не опасным, например, когда природа к нему «привыкла». Периодические разливы рек образуют поймы и дельты, являющиеся в естественных условиях средой обитания разнообразной флоры и фауны, в них формируются плодородные аллювиальные почвы, являющиеся ценными кормовыми угодьями, порой единственными в засушливых районах. Приливы и отливы - нормальные явления для морских побережий. Муссонные дожди в Юго-Восточной Азии дают возможность выращивать рис на глинистых почвах даже на возвышенностях. Человек давно освоил регулируемое искусственное затопление поверхности полей как простой способ их увлажнения: рисовые плантации, лиманное орошение. Промывку засоленных земель осуществляют с помощью затопления и строительства дренажа. На пойменных системах в поймах рек допускают контролируемое затопление сельскохозяйственных земель весной для влагозарядки почв, обогащения их ценным наилком.

Краткосрочное вредное затопление сельскохозяйственных земель на повышенных местах ликвидируют с помощью осушительных мелиорации. Поймы рек обваловывают, русла прочищают, строят пойменные мелиоративные системы. Это обычная практика осушения сельскохозяйственных земель.

Польдеры составляют значительную часть территории Голландии - почти четверть страны, находящаяся ниже уровня моря. Самая низкая точка Голландии относительно уровня моря -7 метров, и это мировой рекорд (рис.4.2.1).

Большое значение процесса осушения земель для Нидерландов привело к тому, что такие голландские слова как *польдер*, *шлюз*, *дамба* ит.д. стали использоваться в других языках.



Рис.4.2.1. Польдер в Голландии

Гораздо большую опасность представляют наводнения. Они происходят по разным природным причинам и в различные периоды:

- открытого русла из-за значительного притока талых (весеннее половодье), дождевых или тало-дождевых вод (весенне-летнее половодье на больших реках Восточной Сибири, смешанные паводки на горных реках);

- стесненного русла из-за заторов или зажоров льда (заторы льда - нагромождение льдин во время ледохода в сужениях и излучинах русла реки, на мелях и в других местах, где проход льдин затруднен, из-за этого уровень воды резко повышается, иногда на несколько метров, большие заторы наблюдаются весной на крупных реках, текущих с юга на север; зажор - скопление масс внутриводного льда и шуги в русле реки в период осеннего ледохода и в начале ледостава);

- из-за переформирования русел больших рек (размывы, блуждание русла, образование отмелей);

- из-за возникновения селей на малых реках и в сухих логах, т. е. грязекаменных потоков (до 75 % расхода потока);

- вследствие завалов в руслах небольших горных рек из-за схода оползней, снежных лавин, «странствующих» ледников, из-за прорыва горных озер;

- в лесной зоне после обильных дождей из-за завалов из стволов подмытых деревьев и лесного мусора;

- в устьях рек и на низких морских побережьях из-за нагона воды в виде длинных волн (цунами), ветровых нагонов (например, в устье Невы), сейшей, т. е. стоячих волн большого периода, возникающих в более или менее замкнутых водоемах (морях, озерах, заливах) в результате интерференции волн, образовавшихся под действием резкого изменения атмосферного давления, ветра, сейсмических явлений, и волн, отраженных от берегов водоема (в Азовском море наблюдают сейши с периодом до 23 ч и амплитудой 10...25 см, а в Женевском озере - с периодом 1 ч и амплитудой до 2 м).

Наводнения могут иметь техногенный характер: при прорыве плотин - самые катастрофические наводнения; при больших сбросах воды из водохранилищ; при прорыве дамб обвалования; в городах - при сильных дождях и плохой работе водостоков.

Продолжительность наводнений зависит от природы их формирования, климатических условий, размеров и характеристик водосборного бассейна, от размера и формы русл. Они могут быть кратковременными - от нескольких часов до нескольких дней, наблюдаются на малых реках с водосбором менее 2000 км²; длительными (от нескольких недель до нескольких месяцев) - на средних и крупных реках, особенно текущих с юга на север, и в местностях с муссонным климатом; многолетними - при тектонических явлениях, землетрясениях (завальные наводнения). Степень опасности наводнений приведена в табл.4.2.1.

Таблица 4.2.1

Степень опасности наводнений

Наводнение	Продолжительность, сут.	Вероятность превышения максимальных расходов, %	Затопленная площадь, %
Катастрофическое	>7	<5	>50
Опасное	3...7	6...10	25...50
Высокое	1...3	11...25	10...25
Незначительное	<1	26...40	<10

В XX в. во всех странах мира в мероприятия по защите территорий от наводнений вложены огромные средства. Казалось, еще немного - и эта проблема, по крайней мере в развитых странах, будет решена. Однако этого не произошло. Более того, ущербы от наводнений продолжают повсеместно расти. Это объясняется тем, что для организации эффективной системы защи-

ты необходим глубокий анализ не только причин затопления местности, но и причин роста ущербов вследствие усиливающего воздействия человека на окружающую природную среду. Они обусловлены глобальным или локальным антропогенным воздействием на окружающую среду, ростом среднемноголетних расходов паводков и половодий, прохождением максимальных расходов при более высоких уровнях воды, интенсификацией русловых процессов.

Антропогенные воздействия на водосбор приводят к изменению факторов формирования стока: уменьшению слоя аккумулируемой воды на поверхности бассейна, замедлению инфильтрации воды в почву, сокращению времени добегающего поверхностного стока до постоянной гидрографической сети и др. Все это снижает паводкорегулирующую способность водосборов, что проявляется в изменении режима рек. Наиболее неблагоприятное воздействие оказывают сведение лесов, переуплотнение почв при сельскохозяйственном использовании, урбанизация территорий, отдельные виды осушительных мелиораций и т. д.

Повышение уровней воды по сравнению с естественными нередко наблюдается при стеснении речных русел оградительными дамбами, насыпями дорог и мостами, при засыпке старичных проток, увеличении шероховатости русел и пойм вследствие их зарастания, засорения, обмена.

Наводнения также возникают из-за разрушения объектов, находящихся вблизи береговой полосы, и стеснения русла из-за строительства мостов, трубопроводов, плотин, русловыправительных сооружений, карьеров в русле реки.

Значительную потенциальную опасность представляют глобальное потепление как результат «парникового эффекта» и связанный с ним рост температур и количества осадков в некоторых районах, усиливающий паводковый сток. По мнению ряда экспертов, катастрофические наводнения 1996 г. в Китае во многом объясняются именно этой причиной.

Причина роста ущербов от наводнений - все более широкое вовлечение в хозяйственный оборот приречных, пойменных территорий. Объективно освоение речных долин требует меньших капиталовложений, что обусловлено удобством создания транспортных и инженерных коммуникаций, легким составом грунтов, более высоким плодородием земель.

Статистика свидетельствует о более частой повторяемости катастрофических наводнений в регионах позднего освоения. Например, в Сибири и на Дальнем Востоке, где у населения отсутствует многовековой опыт приспособления к гидрологическому режиму рек, ущерб причиняют даже паводки 20...30%-й обеспеченности.

Площадь территорий, подверженных наводнениям, на земном шаре составляет около 3 млн. км². На этих территориях проживает не менее 1 млрд. чел. За последние годы наибольшее число наводнений отмечалось в Азии (от 39 до 43 %).

В современной России наводнения угрожают нескольким десяткам городов и тысячам поселков и сельских населенных пунктов. На Урале - это Орск, Златоуст, в Западной Сибири - Омск, Тюмень, Тобольск, Кемерово. Наводнения на реках Дальнего Востока порой являются национальным бедствием. Суммарную площадь земель, периодически затапливаемых речными и озерными водами, оценивают в нашей стране более чем в 500 000 км², или около 4 % всей ее территории.

Долгое время мероприятия по предупреждению наводнений осуществляли, как правило, изолированно для одиночных населенных пунктов и территорий. Необходимы комплексные мероприятия, обеспечивающие сохранение природной среды и повышение экологического и социально-экономического потенциала больших территорий:

Адаптационные и компенсационные мероприятия:

- перенос населенных пунктов из зон затопления; реконструкция авто- и железнодорожных путей, расположенных в речных долинах, с заменой земляных насыпей эстакадами;
- совершенствование системы земледелия, повышение плодородия почв и интенсификация сельскохозяйственного производства;
- трансформация сельскохозяйственных угодий (замена пашни на сенокосы и луга) или вынос их из зон затопления;

- ограничение рубок главного пользования и сплошных рубок леса, а также лесовосстановление на водоразделах;

Защитные мероприятия:

- локальная защита городов, промышленных объектов, поселков и крупных сельских населенных пунктов, включая системы водоснабжения и водоотведения в них, важных рекреационных объектов, а также сооружений транспорта и связи с учетом их расположения, гидрогеологических и других условий;

- локальная защита наиболее ценных сельскохозяйственных угодий в районах, обеспеченных трудовыми ресурсами; на реках, имеющих рыбохозяйственное значение, строительство защитных дамб должно быть исключено или сведено к минимуму;

- мелиорация сельскохозяйственных угодий, совершенствование системы земледелия и интенсификация сельскохозяйственного производства на защищаемых землях;

- регулирование стока и улучшение качества водных ресурсов путем создания водохранилищ, в том числе для водоснабжения населения, включающие создание и реконструкцию систем канализации, очистных сооружений, реконструкцию хвостохранилищ горнорудных и промышленных предприятий;

- уход за малыми реками: очистка от мусора, старых запруд и т. п.

Разработке конкретных мероприятий должно предшествовать эколого-экономическое и гидрологическое обоснование расчетных расходов уровней воды в реках на базе надежных материалов наблюдений. Наиболее распространенные защитные мероприятия: устройство дамб обвалования в районах пониженных участков речных пойм или всей поймы; спрямление извилин и меандр речных русел для повышения их пропускной способности; расчистка речных русел для повышения их пропускной способности; уменьшение расхода в обвалованном русле путем отвода части расхода по дополнительно построенным каналам (бифуркация русла). Радикальный способ защиты от наводнения - регулирование стока водохранилищами. Паводковые расходы при этом уменьшают, перераспределяя сток во времени.

Обвалование территорий - основная мера защиты от постоянного или временного (при наводнениях) затопления. Применяют две схемы обвалования: общую и по участкам.

При *общем обваловании* устраивают одну дамбу, защищающую всю территорию от реки или водохранилища. Эту схему применяют при отсутствии на защищаемой территории водотоков, а также при наличии небольших водотоков, когда целесообразно принудительно перекачивать их сток через дамбу в водохранилище. Достоинство схемы общего обвалования - меньшая суммарная протяженность дамб обвалования.

Обвалование по участкам применяют на территориях, пересекаемых большими оврагами или притоками с большим расходом воды, перекачка которой нецелесообразна.

Для защиты от затопления городских и промышленных территорий применяют только незатопляемые дамбы, исключаяющие перелив воды через их гребень.

При обваловании территорий оградительные дамбы работают в условиях, близких к условиям работы земляных плотин малого и среднего напора, поэтому проектируют и строят их, соблюдая нормы и технические условия на эти сооружения. Ширину дамб по гребню назначают не менее 4,5 м с учетом наличия проезжей дороги на гребне, которая служит для наблюдения за дамбой и проведения ремонтных работ в процессе эксплуатации. Заложение откосов дамб при напоре до 3 м принимают с учетом свойств грунтов тела дамб по табл.4.2.2

Таблица 4.2.2

Коэффициенты заложения откосов

Грунт	Верхового	Низового
Глинистый	1,5...2,5	1,5...2,5
Песчаный	2...3	1,5...3
Торфяной	2,5...3	2...2,5

Откосы дамб от разрушающего воздействия волнобоя, льда, дождя защищают, укрепляя защитной одеждой. Для верхового откоса используют железобетонные покрытия или покрытия в виде каменной наброски. Низовой откос во многих случаях одерновывают.

Превышение гребня дамб обвалования над расчетным уровнем воды водных объектов необходимо определять в зависимости от класса защитных сооружений, которые назначают, как правило, не ниже классов защищаемых объектов в зависимости от их хозяйственной значимости.

Все постоянные гидротехнические сооружения делятся на четыре класса. Класс основных гидротехнических сооружений водоподпорного типа принимают в соответствии со СНиП 33-01-2003 по наивысшему его значению. Если разрушение основного сооружения может вызвать катастрофу для городов, крупных промышленных предприятий, гидроузлов, транспортных магистралей, класс сооружения при надлежащем обосновании допускается повышать.

При проектировании постоянных речных гидротехнических сооружений, в том числе дамб обвалования, расчетные максимальные расходы воды в соответствии со СНиП 33-01-2003 принимают, исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемой в зависимости от класса сооружений для двух расчетных случаев - основного и поверочного (СНиП 33-01-2003). При этом расчетные гидрологические характеристики определяют по СПЗЗ-101-2003.

Пропуск расчетного расхода воды для основного расчетного случая должен обеспечиваться при нормальных условиях эксплуатации, а для поверочного расчетного случая - при чрезвычайных условиях эксплуатации (при допустимых уровнях воды). При этом, учитывая кратковременность прохождения пика паводка, допускают размывы, меньшую устойчивость креплений и другие последствия, не угрожающие разрушением основных сооружений и которые можно устранить после пропуска паводка.

Инженерные мероприятия, направленные на предупреждение затопления земель в паводок, осуществляемые без должного эколого-экономического обоснования, приводят к росту не только экологического, но и экономического ущерба. Это обусловлено несколькими причинами:

- инженерные сооружения (особенно дамбы) создают у собственников иллюзию надежной защиты и провоцируют быстрый рост стоимости объектов собственности на «защищенных» от затопления территориях. В то же время защитные сооружения всегда имеют определенный класс надежности и поэтому не исключают периодического затопления местности при прохождении катастрофических паводков. Ущерб в таких случаях оказывается значительно больше, чем при аналогичных условиях до строительства сооружений инженерной защиты;

- существующая практика экономического обоснования мероприятий по предупреждению затопления земель способствует тому, что для достижения нормативной экономической эффективности во многих проектах к предотвращаемому ущербу относят «ущерб от нерационального использования пойменных земель» - дополнительный чистый доход, который может быть получен с пойменных территорий при устранении опасности их затопления. Реализация таких проектов предусматривает хозяйственное развитие защищаемой территории и сопровождается ростом стоимости объектов собственности, что в свою очередь приводит к увеличению потенциальных ущербов;

- отсечение пойменных массивов дамбами обвалования провоцирует повышение максимальных уровней, следовательно, и площади затопления на других участках (выше по течению - в результате образования подпора, ниже - из-за уменьшения емкости поймы, регулировавшей максимальный сток);

- повышение пропускной способности речных русел за счет их расчистки и регулирования вызывает увеличение максимальных расходов на нижележащих участках в месте перелома продольного профиля русла, в междамбовом пространстве аккумулируются значительные объемы наносов, что ведет к подъему дна русла относительно прилегающих территорий и к возрастанию площадей, подверженных угрозе затопления при прорыве дамб.

Ущерб окружающей природной среде от инженерных мероприятий по предупреждению затопления земель обусловлен воздействием возводимых сооружений на речные и пойменные экосистемы. Отсутствие естественной влагозарядки и прекращение поступления питательных

веществ с наилком вызывают изменение почвенных процессов и могут привести к деградации земель. Из-за уменьшения площадей затопления поймы в половодье сокращаются нерестовые площади, ухудшаются условия нагула рыб, что отрицательно сказывается на рыбопродуктивности рек. Регулирование русл, вызывающее понижение уровня грунтовых вод, влияет на условия существования и продуктивность фитоценозов и может привести к осуходоливанию пойм.

Для борьбы с затоплением и наводнениями применяют агролесомелиоративные мероприятия: посадку лесозащитных полос, распашку земли поперек склонов, сохранение прибрежных водоохранных полос древесной и кустарниковой растительности, террасирование склонов; регулируют приточность к реке, устраивая пруды, запани, копани и другие емкости в логах, балках и оврагах для перехвата талых и дождевых вод; строят противоселевые сооружения: селехранилища, селедуки, каскад водопроницаемых запруд. При застройке новых территорий иногда идут на подъем отметок поверхности путем отсыпки грунта. Однако этот прием редко экономически оправдан, так как стоимость этих работ будет в два-три раза больше стоимости строительства защитных дамб.

4.3. Борьба с размывами берегов рек, водохранилищ и морей

Берега рек, водохранилищ и морей подвергаются интенсивной абразии, т. е. разрушению под воздействием волн и течения. Различают три вида абразии - механическую, термическую и химическую. Механическая абразия проявляется при диссипации энергии волн как на береговом откосе или склоне, так и на грани гидротехнического сооружения, защищающего берег. Процессы термической абразии обусловлены совместным механическим и тепловым воздействием пресной или соленой воды на берега и дно водоемов, расположенных в высоких широтах и сложенных многолетнемерзлыми рыхлыми породами. Химическая абразия возникает при выщелачивании и суффозии легкорастворимых, например известковых, пород и характерна преимущественно для побережий аридной (засушливой) зоны.

Механическая абразия берегов и откосов гидротехнических сооружений приводит к образованию форм абразионной морфоскульптуры (клифов, бенчей, уступов размыва и т. п.) и заканчивается образованием абразионного профиля равновесия. При накате волн на берег, сложенный мягкими грунтами, его склон разрушается, а частички разрушенного грунта сносятся скатывающимся потоком в формирующийся подводный откос (рис. 4.3.1). Береговой склон разрушается до тех пор, пока в зоне наката и ската волн не сформируется пологий, с заложением 1:10...1:30, волноустойчивый так называемый пляжный откос. Однако, сформировав последний, волна начинает вновь подмывать крутой склон, который снова трансформируется в неустойчивый откос, обрушающийся со временем, и процесс переработки берегового склона волнами возобновляется.

Эта схема разрушения берега волнами осложняется двумя обстоятельствами. Во-первых, направление волнового воздействия на берег переменено во времени. Оно зависит от направления действия ветра. При косом накате волн даже на сформировавшийся пляжный откос поступательно-возвратное движение частиц по берегу будет также происходить под некоторым углом. Следовательно, сложившийся устойчивый пляжный откос при одном направлении движения волн начнет деформироваться при смене этого направления, т. е. в зависимости от продолжительности действия волн в том или ином направлении будет отмечаться вдольбереговое движение частиц смытого грунта, вызывающее нарушение установившегося равновесия на пляже.

Во-вторых, как в водохранилищах, так и на морях существуют установившиеся вдольбереговые течения независимо от направления ветра. Эти течения перемещают вдоль берега как взвешенные, так и донные наносы, нарушая тем самым складывающееся равновесие на пляже от действия волн.

В естественных условиях процесс переработки береговых склонов растягивается на долгие годы, вначале идет быстро, затем затухает, но не останавливается. Это отчетливо подтверждается наблюдениями за переработкой берегов на многих водохранилищах. Особенно значительная переработка берегов происходит на Цимлянском, Новосибирском, Рыбинском водохранилищах, построенных на равнинных реках, и затухания пока не обнаружено.

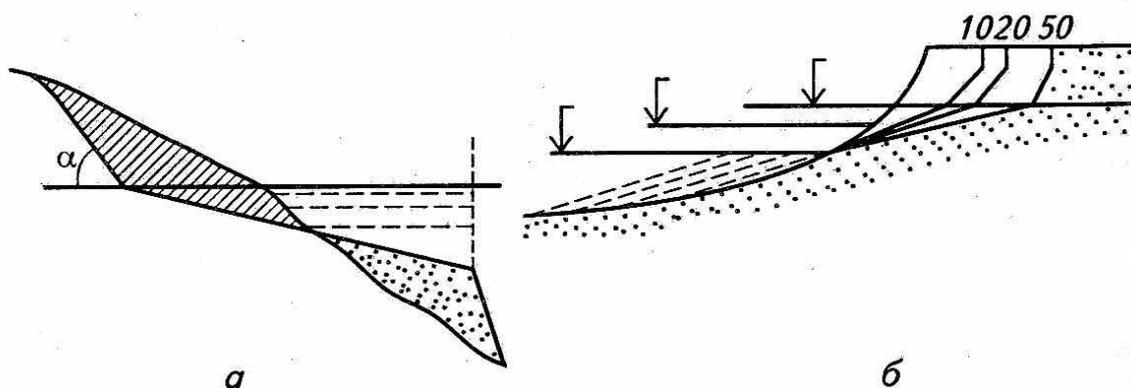


Рис. 4.3.1. Схема переформирования берегового склона:
а - общий вид обрушения берега; б - схема переработки берега, по Е. Г. Качугину

Способ защиты берега от разрушения волнами выбирают после прогноза параметров волн: высоты волны, ее длины, скорости перемещения и периода.

Расчетные уровни воды и характеристики ветра определяют по результатам статистической обработки данных многолетних наблюдений за безледные периоды. Параметры волн, в том числе и высоту наката на откос, рассчитывают в соответствии со СНиП 2.06.04-82.

При природоохранном обустройстве прибрежных территорий для защиты берегов от разрушительного воздействия волн применяют следующие способы: активный, пассивный и комбинированный.

Под активным способом понимают сохранение естественных, создание и сохранение искусственных пляжей отклонением от них потока волновой энергии конфигурационными подводными насыпями и выемками, возведением наносозадерживающих сооружений - бун, подводных волноломов с траверсами и т. п. (рис. 4.3.2).

Буны - поперечные берегозащитные сооружения, применяемые для удержания наносов из вдольберегового потока и образования из них пляжа необходимой ширины. Представляют собой стенки, идущие от берега в перпендикулярном к нему направлении. Применение бун целесообразно для защиты берегов с крутизной подводного склона в зоне действия прилива менее 0,03. Для защиты берегов с крутизной подводного склона более 0,03 применяют *траверсы* (поперечные берегозащитные сооружения) и в комплексе с *волноломами* (продольными подводными барьерами).

Пассивной защитой называют способ, когда берег укрепляют волнозащитными сооружениями, воспринимающими воздействия волн с гашением их энергии непосредственно на возведенных сооружениях; ими могут быть волноотбойные стенки, прислоненные к берегу, с вертикальной или криволинейной передней гранью; волногасящие сооружения, представляющие собой всевозможные наброски из камня или бетонных блоков различной конфигурации; перфорированные стенки, откосные сооружения с повышенной шероховатостью, бермы и пр. (рис. 4.3.3 и 4.3.4). Возводят берегозащитные сооружения, как на открытом берегу, так и на акваториях морей и водохранилищ.

Комбинированными принято называть способы, которые представляют собой сочетание активного и пассивного способов защиты.

Тип берегозащитного сооружения, его плановое и высотное размещение выбирают в зависимости от ситуации: новое строительство на свободном берегу; новое строительство на уже частично защищенном берегу; новое строительство взамен существующего сооружения; реконструкция существующего сооружения; значительная перестройка существующего разрушенного сооружения; соединение (комбинация) нового и существующего сооружений; изменение целевого назначения существующего сооружения; защита вновь осваиваемых земель от затопления.

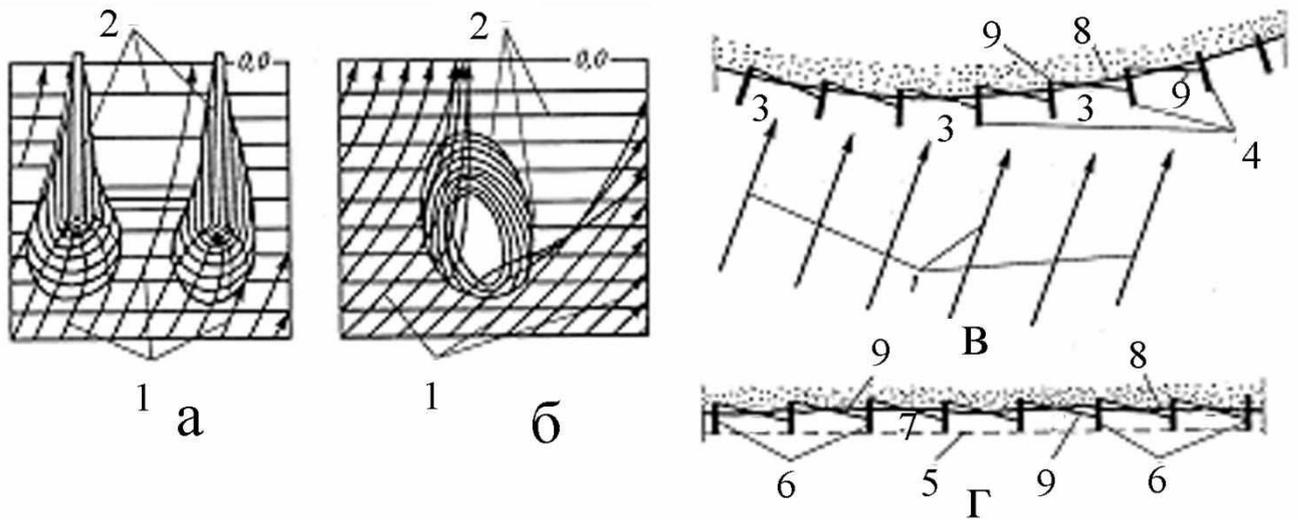


Рис 4.3.2. Берегоукрепительные сооружения активного способа защиты (план)

а – отклонение потока волновой энергии от искусственного пляжа конфигурационными насыпиями; б – защита естественного пляжа отклонением потока волновой энергии конфигурационной выемкой; в – система бун; г – подводный волнолом с траверсами; 1 – лучи расчетного волнения; 2 – изобаты; 3 – пляж в межбунном пространстве; 4 – буны; 5 – подводный волнолом; 6 – траверсы; 7 – пляж в бассейне между траверсами; 8 – естественный урез воды в стадии абразии; 9 – урез воды защемленного пляжа

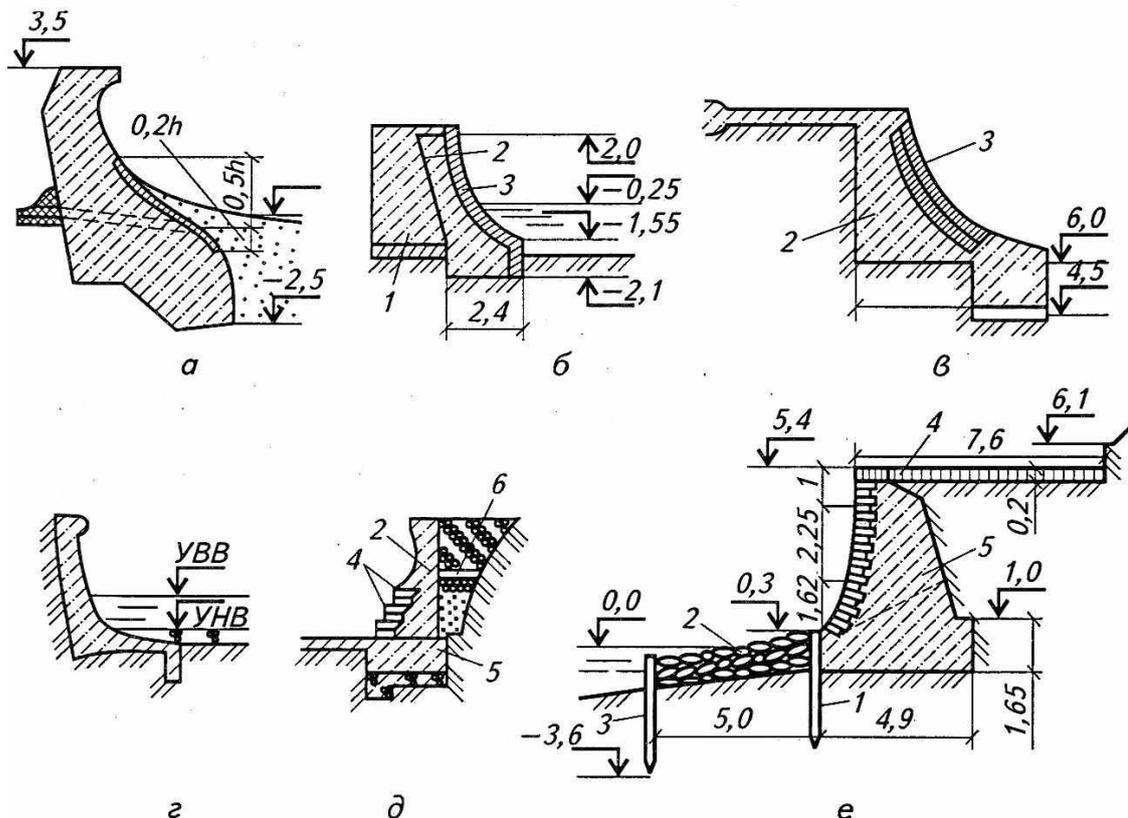


Рис. 4.3.3. Волноотбойные стенки:

а - облицованная стенка с прислоненным галечниковым пляжем; б – волноотбойная стенка в г.Сочи; в - монолитная бетонная стенка с зубом; г - стенка с зубом и бетонной рисбермой; д – стенка с креплением и дренажным устройством; 1 - существующая бетонная стенка; 2 -бетон; 3 - облицовка; 4- бутовая кладка; 5 - дренажное отверстие; 6- обратный фильтр; е - волноотбойная стенка на сжимаемых грунтах в Северном море; 1- шпунт; 2-фашинный тюфяк; 3-сваи; 4- бетонное покрытие; 5-монолитная бетонная стенка

Берегозащитные сооружения могут быть двух типов: вертикальные и откосные. Вертикальные сооружения включают вертикальную, наклонную (до 1:1) или искривленную лицевую плоскость берегового сооружения гравитационного или контрфорсного типа. Откосные сооружения представляют собой относительно тонкие защитные покрытия плоского или ломаного (с бермами) профиля при уклонах положе 1:1. Оба типа берегозащитных сооружений могут быть проницаемыми или непроницаемыми. Известны также комбинированные решения с использованием различных строительных материалов.

Гребень сооружения предназначен для ограничения или предотвращения выкатывания волн на ограждаемую территорию, создания благоприятных условий подхода к пляжу и прогулок вдоль берега, защиты территорий от песка и пыли, а побережья - от мусора. Гребень выполняют в виде волноотбойной стенки, парапета, откосного покрытия, подпорной стенки, горизонтального покрытия (рис.4.3.4).

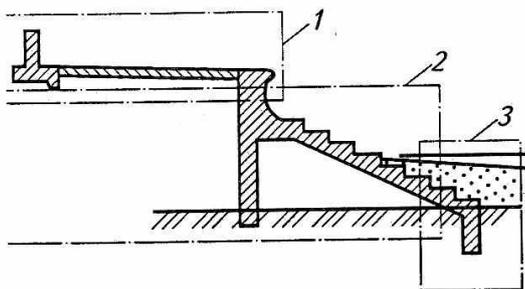


Рис.4.3.4. Элементы берегозащитного сооружения
1 – гребень; 2 – основное тело; 3 – зуб.

Несущий остов сооружения воспринимает волновое воздействие, гасит волновую энергию, защищает берег от размыва. Откосные проницаемые сооружения выполняют в виде одно- или многослойного покрытия, выполненного по принципу обратного фильтра. В самый нижний контактный слой укладывают мелкий зернистый материал или геотекстиль. Защитное покрытие представляет собой каменную кладку, каменную наброску, наброску из бетонных блоков, кладку из бетонных блоков, гибкие композитные тюфяки.

Примеры устройства защитных покрытий из камня показаны на рис.4.3.5.

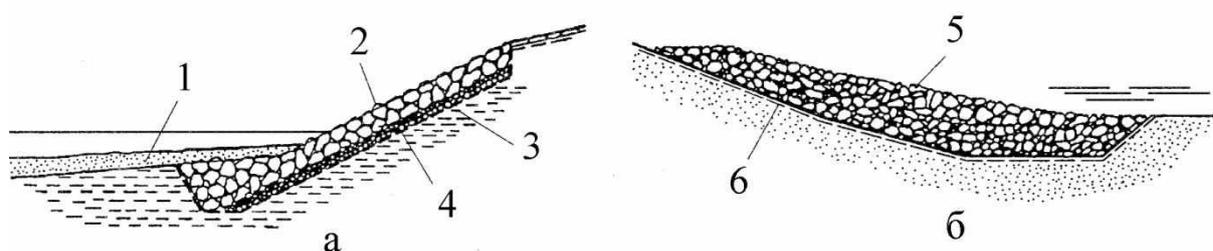


Рис. 4.3.5. Каменное крепление берега:
а - каменное мощение; б- каменная наброска; 1 - пляжный материал; 2- каменная кладка;
3 -фильтр из нетканого материала; 4-переходный слой; 5-каменная наброска; 6- фильтр

Толщину каменного покрытия назначают из условия неразмываемости фильтра и грунтового откоса, и обычно она равна $2 \div 3$ приведенным диаметрам камня $D_K = (0,25 \dots 0,35)h$.

Примеры устройства защитных покрытий из железобетонных элементов и гибких тюфяков показаны на рис.4.3.6.

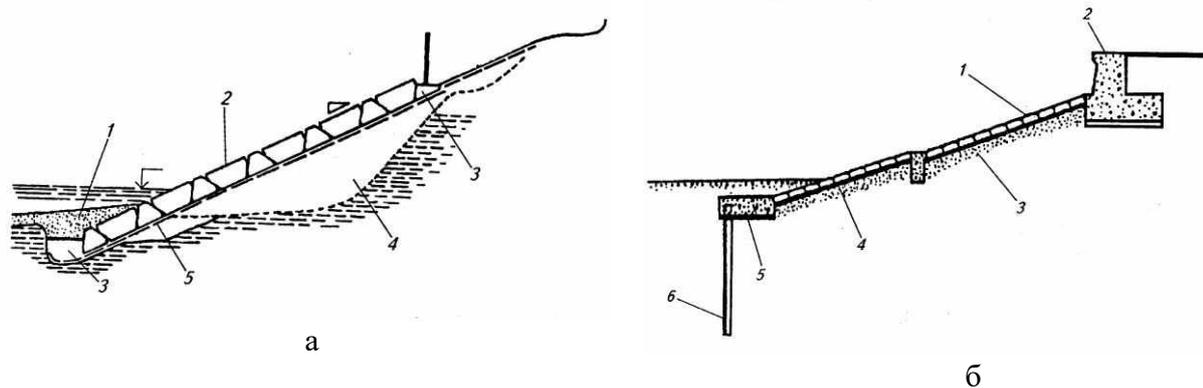


Рис.4.3.6. Бетонное крепление:

а – из клиновидных блоков 1 – пляж; 2 – фасонные блоки; 3 – монолитный бетон; 4 – насыпь;
5 – фильтр; б – из плоских блоков; 1 – бетонные блоки; 2 – волноотбойная стенка; 3 – насыпь;
4 – песчано-гравийная подготовка; 5 – бетонный зуб; 6 - шпунт

Откосные непроницаемые сооружения выполняют из монолитного или сборного железобетона, каменной кладки на растворе или мастике, асфальтобетона. Защитные покрытия представляют собой либо уложенные на слой фильтра гладкие или многоступенчатые плиты, взаимосвязанные блоки с заполнением швов битумной мастикой, либо асфальтобетонные плиты, либо засеянные травой и армированные геотекстилем откосы.

Примеры устройства защитных непроницаемых покрытий грунтовых откосов показаны на рис.4.3.7.

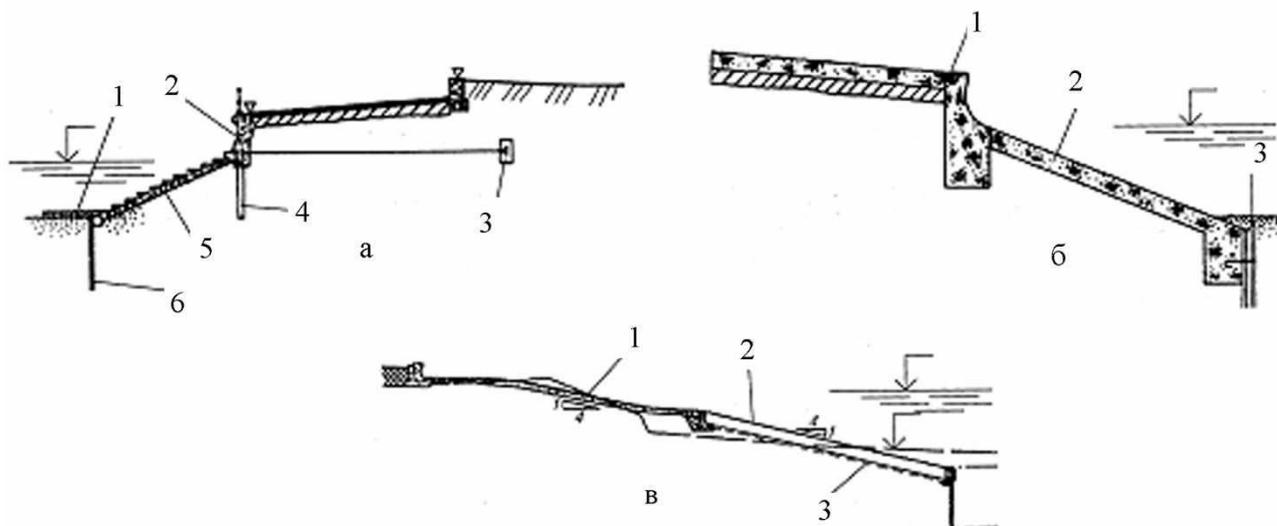


Рис.4.3.7. Монолитное бетонное крепление

а – ступенчатое; 1 – пляж; 2 – волноотбойная стенка; 3 – анкерный блок; 4 – железобетонная свая;
5 – ступенчатый откос; 6 – шпунт; б – плоское; 1 – волноотбойная стенка; 2 – бетонная плита;
3 – шпунт; в – асфальтобетонное; 1 – асфальтобетон; 2 – асфальт с камнем; 3 – фильтр

Сборные бетонные или железобетонные плиты выполняют толщиной 8...20см при плановых размерах от 1,5x 1,5 до 5x5м. При укладке плиты шарнирно соединяют между собой, а швы заполняют битумной мастикой.

Вертикальные проницаемые сооружения выполняют из габионов или деревянных ряжей, заполняемых камнями, или армированного грунта (рис.4.3.8).

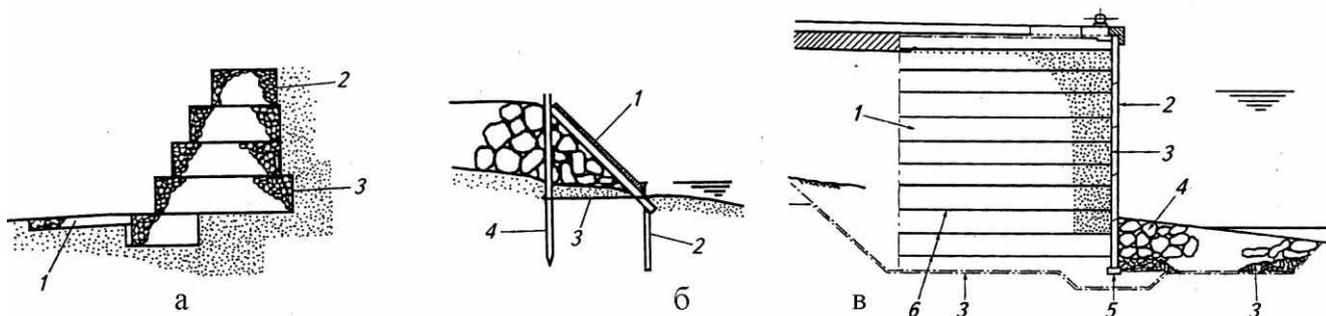


Рис.4.3.8. Проницаемые берегозащитные стенки:

а – из габионов; 1 – габионный тюфяк; 2 – габионы; 3 – фильтр; б – из деревянных ряжей, заполненных камнем; 1 – деревянное покрытие по балкам; 2 – стальной шпунт; 3 – стальная тяга; 4 – деревянная свая; в – из армированного бетона; 1 – засыпка грунтом; 2 – бетонные блоки; 3 – фильтр; 4 – каменный откос; 5 – бетонная подготовка; 6 – стальные стержни

Вертикальные непроницаемые сооружения выполняют из монолитного или сборного бетона в виде стен гравитационного или свайного типа (рис.4.3.9. и рис.4.3.10). Конструктивные размеры вертикальных берегозащитных сооружений рассчитывают, исходя из общей устойчивости сооружения и грунтового откоса.

Концевое устройство берегозащитного сооружения предназначено для защиты конструкции от подмыва и повышения ее устойчивости на сдвиг или поворот. Как правило, зуб является неотъемлемой частью сооружения, и поэтому выполняют его в виде стального или деревянного шпунта, бетона, асфальтобетона, габионов, ряжей, каменной кладки или наброски. Глубина погружения зуба в грунт зависит как от отметки наинизшего уровня воды у подножия откоса, так и от общей устойчивости сооружения и откоса.

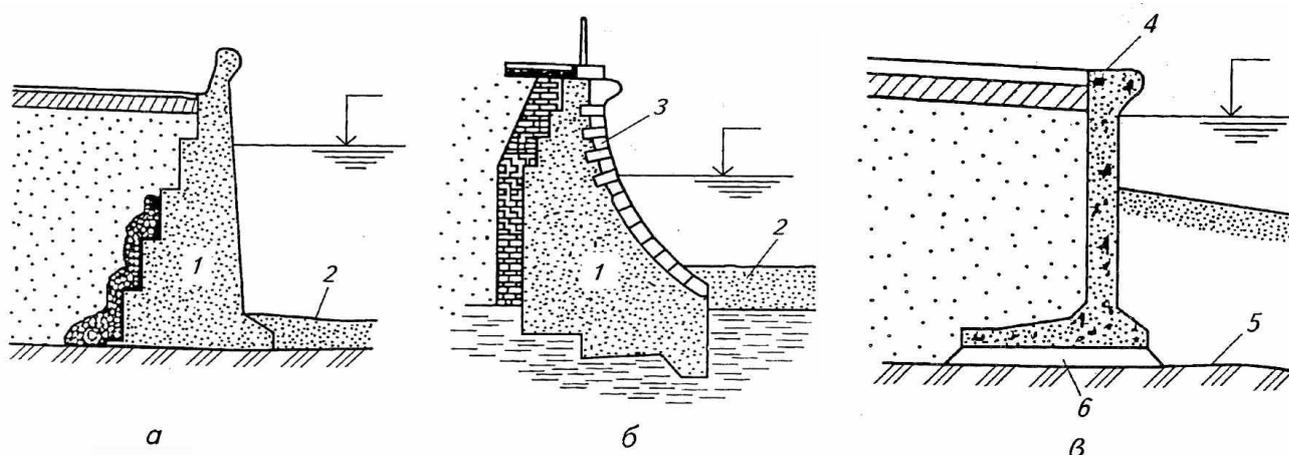
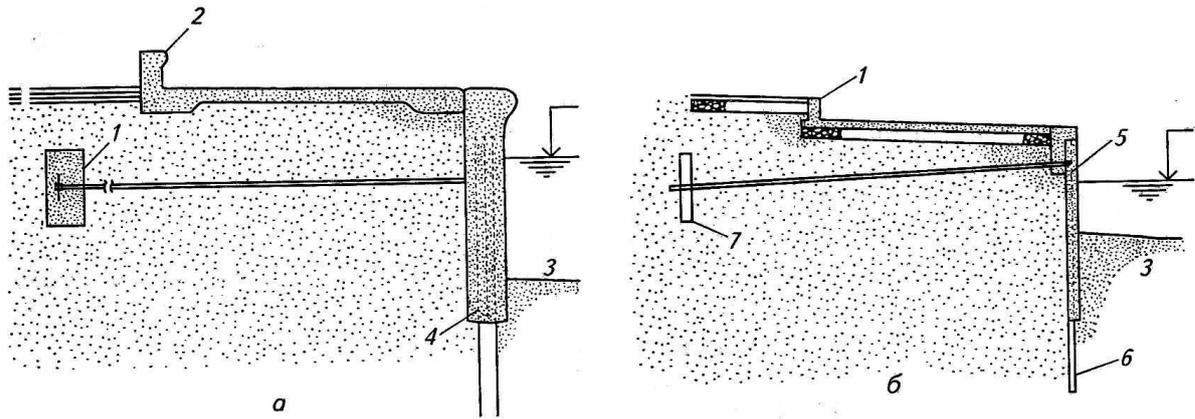


Рис.4.3.9. Стенки гравитационного типа

а – контрфорсная; б – бетонная с каменной облицовкой; в – из сборного железобетона; 1 – бетон; 2 – пляж; 3 – каменная облицовка; 4 – сборная подпорная стенка; 5 – грунт основания; 6 – бетонная подготовка

Описанные конструктивно-технические решения применяют при пассивном способе берегозащиты, в то время как активный способ берегозащиты предусматривает главным образом сохранение естественных и создание искусственных пляжей. Пляж (пологая береговая отмель) как наиболее простая и надежная конструкция берегозащитного сооружения сохраняется при определенном соотношении параметров волн и качества слагающего берег материала.



4.3.10. Стенки свайного типа:

а - с бетонной стенкой; б - с бетонной облицовкой; 1 - анкерный блок; 2- волноотбойная стенка; 3-пояс; 4-омоноличесная свая; 5 - бетонная облицовка; 6- шпунт; 7 - анкерная плита

Пляжи подразделяют на свободные, не огражденные наносозадерживающими сооружениями, и заземленные, огражденные бунами или подвижными волноломами с траверсами. Пляжеобразующий материал поступает на береговую отмель в основном за счет естественной переработки берега под действием волн и течений, переформирования рельефа дна, размыва специально заготавливаемого на берегу материала.

Для создания искусственного пляжа в первом случае достаточно построить поперечные буны. В продольном направлении они состоят из трех частей (рис.4.3.11); корневой b_1 , переходной b_2 и головной l_6 . Головы бун располагают на глубинах, примерно равных критической глубине для волны.

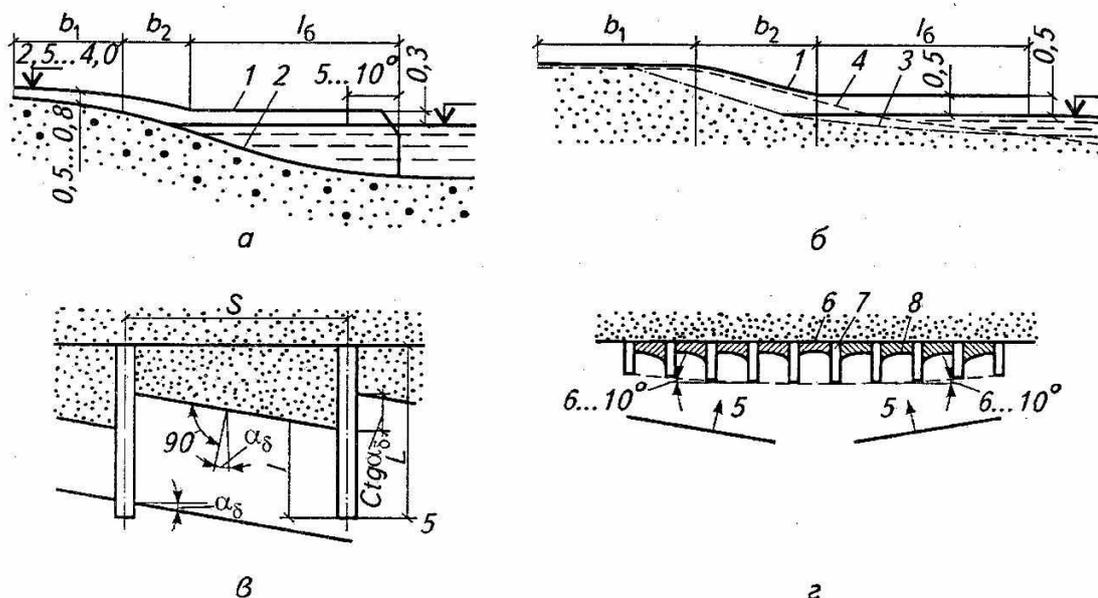


Рис. 4.3.11. Продольный профиль бун и их компоновка:

а, б - продольный профиль бун с галечниковым и песчаным пляжами; в - отложение галечниковых наносов в межбунном пространстве; г - система бун с пляжами при двух генеральных направлениях волнения; 1- гребень буны; 2 - поверхность пляжа в середине межбунного пространства; 3и 4-поверхности пляжа с нижней и верхней сторон; 5-фронт волны; 6- урез воды до создания крепления; 7- пляж; 8-буны

Ряд бун, действующих совместно для защиты участка берега, называют буновым полем или системой бун. Наносоудерживающая способность системы бун и степень ее влияния на вдольбереговую поток наносов зависят от очертания береговой линии, крутизны подпорного склона, состава и крупности наносов, уровня и волнового режимов, длины бун, их профиля и сквозности (сквозность бун - отношение площади отверстий к общей площади продольного профиля буны), расстояния между бунами, числа бун в системе.

Как правило, буны сооружают из дерева, металла, камня, бетона, железобетона, синтетических материалов или их комбинаций.

По конструкции различают буны гравитационного типа (из кладки массивов, пустотелых элементов, заполненных бетоном или песком; из каменной наброски, из наброски бетонных блоков) и свайного типа (свайно-шпунтовые, свайно-стеновые, из колонн-оболочек).

Переформирование рельефа дна и создание за счет этого искусственного пляжа может быть осуществлено путем строительства подводных волноломов и их соединения с берегом траверсами. Подводные волноломы представляют собой сооружения, расположенные вдоль берега на расстоянии, достаточном для образования пляжа принятых размеров (рис.4.3.12). Гребень волнолома обычно размещают на 0,5...0,8 м ниже уровня воды для возможности переброски волнами наносов через волнолом при их поперечном перемещении. Для повышения эффективности образования пляжа волнолом соединяют с берегом траверсами. На берегах с песчаными наносами волнолом соединяют несколькими траверсами, образуя в плане замкнутые акватории - заволноломные бассейны.

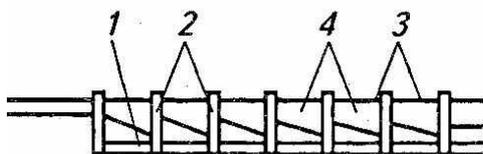


Рис. 4.3.12. Подводный волнолом с траверсами и системами бун:
1 – подводный волнолом; 2 – траверса; 3 – пляж; 4 - буны.

Трассу волнолома назначают прямолинейной, т. е. параллельной берегу.

Подводные волноломы конструктивно подразделяют на два типа: гравитационные и свайные. К гравитационному типу относят волноломы из каменной наброски бетонных фасонных блоков. Волноломы свайного типа представляют собой одиночный ряд свай или свай-оболочек либо двухрядную конструкцию с каменным заполнением.

Создание и сохранение искусственного пляжа обеспечивается подачей на берег путем отсыпки или намыва специального пляжеобразующего материала. Свободный пляж будет динамически устойчивым в случае нулевого баланса наносов на защищаемом участке, при положительном балансе пляж будет нарастать, при отрицательном размываться; срок службы определится первоначальным объемом насыпи материала, частотой и объемом последующих пополнений.

Для устройства искусственных пляжей применяют песок, галечно-гравийную или щебеночную смесь. Геометрически такой пляж представляет собой призму, поперечное сечение которой (рис.4.3.13) назначают в соответствии с технико-экономической целесообразностью, гранулометрическим составом материала и гидрологическим режимом водоема на защищаемом участке берега.

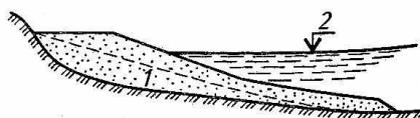


Рис. 4.3.13. Профиль искусственного свободного пляжа:
1- линия возможного размыва пляжа до момента пополнения; 2-уровень воды

4.4. Борьба с оползнями и селями

Борьба с оползнями

Оползень - скользящее смещение горных пород вниз по склону либо под влиянием силы тяжести, либо под воздействием на эти породы дополнительных сил. Оползни занимают промежуточное положение между обвалами (лавинами) и грязевыми потоками (селями). Совокупно все эти явления сегодня принято именовать лавинообразными потоками, так как все они происходят в основном под действием одних и тех же возмущающих причин, вызывающих потерю статической устойчивости на отдельных участках горных склонов и откосов. Оползни отличаются от лавин и селей лишь перемещаемым материалом, внезапно переходящим из покоя в движение.

Нарушения устойчивости склонов и откосов - следствие природных условий: погодные условия, топографические и геологические особенности склона; инженерно-геологические свойства горных пород, слагающих толщу; режим грунтовых вод; гидрологические особенности поверхностного стока на склоне; сейсмичность района, а также деятельности человека: обводнение пластов при утечках из коммуникаций, подрезка основания склонов при земляных работах, пригрузка вершины склона массивными сооружениями, насыпями, вибрационными воздействиями из-за транспорта, забивки свай, взрывных работ, уничтожение древесно-кустарниковой растительности на склоне и прилегающей площади. Вызвать сползание грунта может быстрая сработка уровней воды в водохранилищах или каналах.

Исследуя формы проявления оползня и зная природную обстановку, можно установить причину возникновения оползня, а затем предусмотреть наиболее эффективные противооползневые мероприятия. В силу своей распространенности по территории России оползневые явления наносят значительный ущерб экономике страны. Широко известны многочисленные случаи возникновения и схода оползней на высоком правобережном склоне р. Волги в Нижнем Новгороде, Ульяновске, Волгограде и других волжских городах. К большим авариям привели оползни на Черноморском побережье, в Краснодарском крае, Ростовской области, на Северном Кавказе.

Профиль и план оползня показаны на рис.4.4.1. Его тело оконтурено сверху стенкой срыва, а по бокам - бровками срыва. В результате подвижки тела оползня на его поверхности образовались оползневые ступени, трещины выпучивания, заколы, деформации основания.

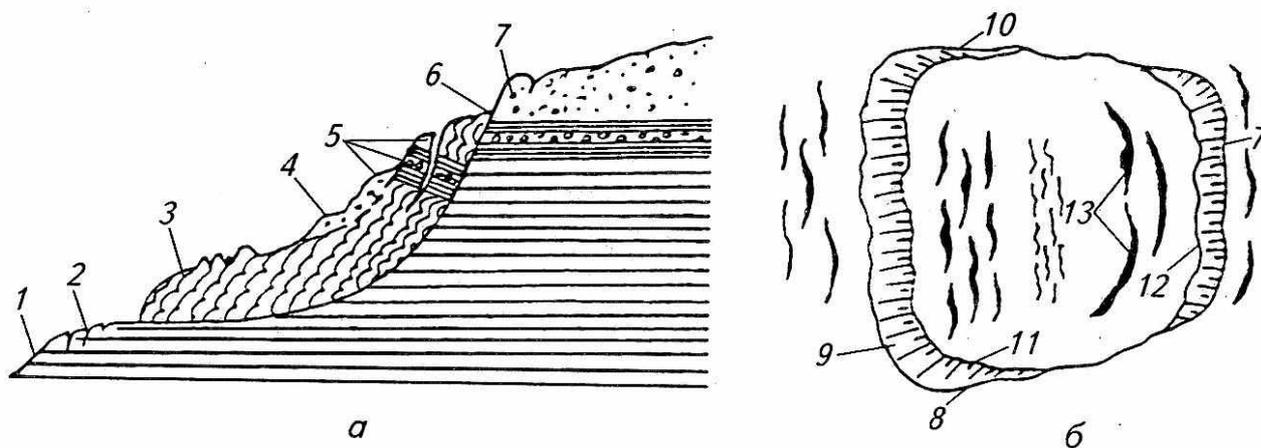


Рис. 4.4.1. Схема оползня:

а-профиль; б- план; 1- коренной массив; 2- деформация основания; 3-трещины выпучивания; 4-зеркало скольжения; 5-оползневые ступени; 6- стенка срыва; 7-бровка срыва; 8 и 10-левый и правый борта оползня; 9и 12-нижняя и верхняя границы оползня; 11- трещины скольжения; 13-заколы

Борьба с оползневыми явлениями во многих случаях оказывается сложной и не всегда себя оправдывает. Приобретает особое значение предварительная оценка степени природной устойчивости склона по тем или иным визуальным признакам. Необходимо оценить по результатам расчетов его фактическое состояние и запас устойчивости, а также наметить профилактические противооползневые мероприятия.

Набор визуальных признаков оценки оползневых явлений можно разделить на общие, присущие всем видам нарушения устойчивости склонов (откосов), и частичные, свойственные отдельным видам склоновых деформаций.

К общим визуальным признакам оценки состояния оползневых явлений на склонах (откосах) относят:

- значительную крутизну склонового откоса, угол наклона которого приближается или превышает угол внутреннего трения слагающих откос грунтов;
- появление и развитие на склоне и его бровке трещин «закола»;
- характерные подмывы подножия склона со стороны берега; наличие на склоне оползневых «цирков», трещин, срывов, уступов и валов;
- искривление линий дорог, троп, заборов в плане; трещины в зданиях и сооружениях, стоящих вблизи бровки склона;
- наличие выхода фильтрационных вод на склоне и образование заболоченных участков в понижениях последних.

Частные визуальные признаки оползневых проявлений обычно бывают характерны для определенных видов нарушений устойчивости.

О будущих обвалах, т. е. внезапных обрушениях откосов и склонов в скальных и полускальных породах, и вывалах, т. е. падении с высоты отдельных камней и блоков породы, как правило, свидетельствуют: значительная выветрелость и расчленение пород на блоки; наличие глинистых прослоек и их увлажнение; высота, крутизна и оголенность склона; присутствие навалов камней от прошлых деформаций. На движение осыпей укажет скопление у подножия крутых склонов обломочных продуктов выветривания горных пород.

О покровных оползнях, т. е. смещении отложений четвертичного периода по коренным породам, свидетельствуют наклоненные деревья («пьяный лес»), телеграфные столбы, перекошенные строения. Оплывы (локальные тарельчатые смещения песчаных и суглинистых грунтов) характерны для переувлажненных склонов в местах выхода фильтрационных вод, при быстром понижении уровня воды в водохранилище, при динамическом воздействии на увлажненный откос.

На склонах, предрасположенных к оползням, необходимо проведение противооползневых мероприятий, заключающихся:

- в установлении природы возможных форм нарушения устойчивости склона и разработке рациональных расчетных схем;
- количественной оценке степени устойчивости склона - определении коэффициента устойчивости (запаса);
- выявлении эффективных путей повышения степени устойчивости склона до необходимых пределов;
- проектировании откосов с увеличенной степенью устойчивости.

Для конкретного случая выбирают наиболее эффективные противооползневые мероприятия и сооружения, не забывая о преимуществах превентивных предохранительных профилактических методов в борьбе с оползнями.

Развитие оползневого процесса всегда связано с первопричиной, например быстрой сработкой уровня воды, омывающей склон. Но часто повод к развитию оползня для склона, находящегося в критическом состоянии, является лишь «последней каплей» в общем неизбежном процессе нарушения его устойчивости. Поэтому наиболее эффективный метод борьбы с активными формами нарушения устойчивости откосов - воздействие на основную причину, обуславливающую развитие оползня, или чаще - на группу основных причин. При этом защитные мероприятия проводят в такой последовательности.

1. Ликвидация последствий, явившихся непосредственной причиной развития данного оползня (например, засыпка камнем подмытых паводком участков берега).
2. Предотвращение повторения проявления повода, провоцирующего оползень, например путем закрепления подмываемого откоса более прочным покрытием и выправления русла.
3. Повышение степени устойчивости склона путем воздействия на первопричину развития оползня, например уположением или дренированием.

Противооползневые мероприятия подразделяют на активные, способные воздействовать на основную причину оползня путем полного пресечения или некоторого ослабления ее действия (снятие перенапряжения грунтовой толщи за счет разгрузки любого вида), и пассивные, направленные на повышение значимости факторов сопротивления, влияющих положительным образом на степень устойчивости (пригрузка, закрепление любыми способами).

Мероприятия по охране, ограничивающие деятельность человека в районе склона:

- зеленый пояс - запрещение рубки леса, корчевания и разработки участков под огороды, уничтожения кустарника, травяного покрова;
- строительство - установление границы предельной застройки, типа и массы сооружений, снос существующих сооружений, замедление темпов строительства;
- земляные работы - запрещение любых разработок грунта в пассивной зоне - у подножия, загрузки склона в активной зоне - у бровки, увеличение крутизны откоса, вскрытия неустойчивых горизонтов плавучей консистенции;
- водное хозяйство - запрещение спуска поверхностных вод и поливов, содержание в порядке водоотводящих и осушительных устройств, водопроводно-канализационных сетей, заделка ям, трещин, установление безопасных уровней и темпов сработки вод, омывающих откосы;
- динамические воздействия - запрещение применения взрывных работ, забивки свай, работы транспортных средств.

Берегозащитные мероприятия и сооружения на обустраиваемых водотоках и водоемах у подножия склона включают: отвод и выправление русл; устройство защитных покрытий; возведение лотков, быстротокосов, перепадов, стен-набережных.

Водоотводные, осушительные и дренажные мероприятия и устройства делят: на поверхностные устройства и мероприятия (планировка местности, заделка трещин, устройство покрытий, дамб обваловывания, нагорных и осушительных каналов, лотков, каптаж источников); дренажные устройства (продольные и поперечные прорезы и галереи, дренажные шахты, поглощающие скважины и колодцы); изоляционные мероприятия (устройство различных инъекционных завес, глинизация, замораживание грунтов).

Землеустроительные мероприятия направлены: на разгрузочные работы в активной зоне - полный съём оползневых масс, срезка активной части оползня, очистка скальных откосов, терраирование и уположивание склона, общая планировка склона; пригрузку в пассивной зоне - подсыпка и отвалы; покрытие скальных склонов сетками; устройство каменных ловушек.

Механическое крепление склонов заключается в устройстве одиночных анкерующих элементов в виде свай различного типа, проходящих сквозь оползень в коренные породы, или ряда в виде шпунтовых стенок, инъекционных и мерзлотных завес и др.

Подпорные сооружения возводят в виде шпунтовых стенок (металлических, железобетонных, деревянных), подпорных стен (каменных, бетонных, железобетонных), стен из свай оболочек большого диаметра, а также в виде упорных валов из грунта, каменной наброски, массивов-гигантов.

Для искусственного уплотнения и закрепления грунтов на склоне проводят различные виды инъекций (цементация, силикатизация, битуминизация, глинизация), замораживание грунтов, уплотнение электроосмосом.

Для повышения безопасности сооружений, возводимых в зоне действия оползня, проводят следующие мероприятия: удаляют неустойчивый массив до коренных пород; закладывают глубокие фундаменты, опирающиеся на коренные породы; устраивают фундаменты и буронабивные сваи; используют каркасные конструкции; применяют железобетонные пояса; устраивают деформационные швы.

Для закрепления поверхности склона от воздействия ливневых и речных вод предназначены покрытия. Их выполняют из песчаных, гравелистых и галечниковых грунтов, каменной наброски, каменного мощения, шлакоглинобетона, асфальта и асфальтобетона, бетона и железобетона. Для крепления береговой зоны часто используют фашинные тьюфаки.

Растительность используют для закрепления и осушения склона, для чего сеют травы, сажают влаголюбивые кустарники, проводят облесение склона (вяз, дуб, клен, липа, лиственница).

Борьба с селевыми потоками

Сель - внезапно возникающий поток, представляющий собой смесь из воды, частиц и обломков горных пород, а также глинисто-коллоидных частиц. Наибольшее число случаев схода селевых потоков наблюдают на Северном Кавказе, в Забайкалье, на Камчатке и Сахалине, на Кольском полуострове, на севере Сибири и Дальнего Востока, на Полярном Урале и др. Сели представляют большую опасность для жизни людей и животных, они до основания могут разрушить любое жилье, инженерные объекты, полностью уничтожить посевы на сельскохозяйственных угодьях, а также на долгие годы вывести земли из оборота. Наибольший ущерб сели наносят автомобильным и железным дорогам, расположенным в селеопасных районах.

Селевые потоки имеют следующие особенности: внезапность возникновения, кратковременность действия, огромную разрушительную силу, способность останавливаться в пределах конуса выноса. Фронтальная часть селевого потока движется в виде отдельной волны. Селевые потоки подразделяют на два основных вида: структурные (связные) и турбулентные (несвязные).

Структурные селевые потоки представляют собой смесь мелкозернистых глинисто-коллоидных частиц и более крупных включений, вплоть до крупноразмерных камней, а также воды. Твердые включения составляют до 80 % по массе, в том числе глинисто-коллоидные частицы до 10 %; вода - не более 20 %. Селевая смесь такого состава внешне представляет собой бетонообразную среду, которая во время движения и после остановки не распадается на составные части, а как бы медленно застывает и останавливается даже на наклонных поверхностях. Плотность этой смеси меняется от 1700 до 2300 кг/м³.

Турбулентные селевые потоки содержат менее 80 % по массе твердой составляющей, менее 5 % глинисто-коллоидных частиц и более чем 20 % воды. При таком соотношении компонентов эти потоки имеют турбулентный режим течения и представляют собой в отличие от структурных селей механическую смесь воды и наносов. При выходе на участки русла с малыми уклонами они распадаются на составляющие части. Плотность турбулентных селей от 1300 до 1700 кг/м³.

Параметры движения селей прогнозируют с учетом временного и пространственного факторов. Временное прогнозирование предусматривает масштаб прогнозируемого времени; можно выполнить как краткосрочное, так и долгосрочное прогнозирование.

Селеносные речные бассейны обычно сложены легкоразрушающимися осадочными породами - мергелями, сланцами, известняками, доломитами, песчаниками. Формированию селевых потоков способствуют сильная расчлененность рельефа водосбора, расположение верховьев водотоков выше верхней границы леса, процессы активного выветривания, наличие продуктов разрушения горных пород в эрозионных врезках, различные виды гравитационных процессов (каменепады, обвалы, оползни), сейсмические сдвиги, вулканические извержения, сопровождаемые сильными дождями или интенсивным снеготаянием. Известны многочисленные случаи зарождения селей при прорывах стихийно образовавшихся в русле земляных или каменных запруд - завалов.

Противоселевая защита обеспечивается активными и пассивными мероприятиями.

Активные мероприятия, как правило, являются профилактическими и предусматривают сохранение леса на водосборе реки-селеноса; регулирование вырубки леса; запрещение или ограничение выпаса скота на эрозионно опасных склонах; регулирование стока; замедление таяния снега; спуск ледниковых и подпрудных озер; агромелиоративные мероприятия и т. п.

Под *пассивными мероприятиями* понимают возведение специальных гидротехнических сооружений, защищающих тот или иной объект от непосредственного воздействия селя. К этим мероприятиям относят строительство сквозных и сплошных барражей (*барраж* - (от франц. barrage - заграждение) - естественное или искусственное заграждение, препятствующее течению водного потока; грунтовых, бетонных и каменно-набросных плотин; селерегулирующих сооружений (селепропускных-селеспусков, селеотводов; селенаправляющих- дамб, подпорных стенок; селесбросных- порогов, запруд, перепадов; селеотстойных- каналов; селеделительных- полузапруд, бун, шпор); селезадерживающих глухих (селезаградителей, тросовых селерезцов, щелевых запруд); селезадерживающих с отверстиями; селетрансформирующих, т. е. осуществляющих разжижение селя (плотины с отверстиями, площадки с подачей воды через отверстия в горизонтальной плите; трубопроводы для передачи воды из водохранилища в селевой поток).

Селерегулирующие сооружения позволяют пропускать селя в обход защищаемого объекта, над или под ним (под оросительным каналом и пр.), селенаправляющие сооружения устраивают для пропуска селя вдоль защищаемого объекта, селеотстойные сооружения - перед защитными дамбами и подпорными стенками.

Селеделительные сооружения позволяют задерживать крупные и пропускать мелкие фракции селевого потока. Их используют как временные защитные сооружения при строительстве дамб, каналов, мостов и т. д. Делают их из толстых тросов в виде одной или двух сеток, заанкеренных по обеим сторонам реки.

Глухие селезадерживающие сооружения полностью задерживают селевой поток и образуют селеохранилища. Плотины с отверстиями задерживают крупные камни и пропускают остальную массу, превращая селевой поток в менее опасный водный. Как правило, их возводят из железобетона.

Селетрансформирующие сооружения позволяют с помощью подачи потока из водохранилища по каналам или трубопроводам разжижать селя.

Рассмотрим несколько примеров гидротехнических сооружений для борьбы с селевыми потоками. Глухое селезадерживающее сооружение - плотина селеохранилища показана на рис.4.4.2. Водосбросом служит туннель, выполненный в скальном береговом массиве в обход плотины. Бытовые расходы (полезные попуски) пропускают через туннель. При прохождении селевых потоков с большими расходами уровень в верхнем бьефе селеохранилища повышается и перед плотиной формируется зона подпора, в которой и задерживаются крупнозернистые включения. По мере завала наносами нижней части селеохранилища его наносозадерживающая способность уменьшается. Следующую зону селеохранилища включают в работу, прикрыв нижнюю голову туннеля; в работу вступает входной портал, расположенный выше. При полном заполнении селеохранилища плотину наращивают или строят новое селеохранилище.

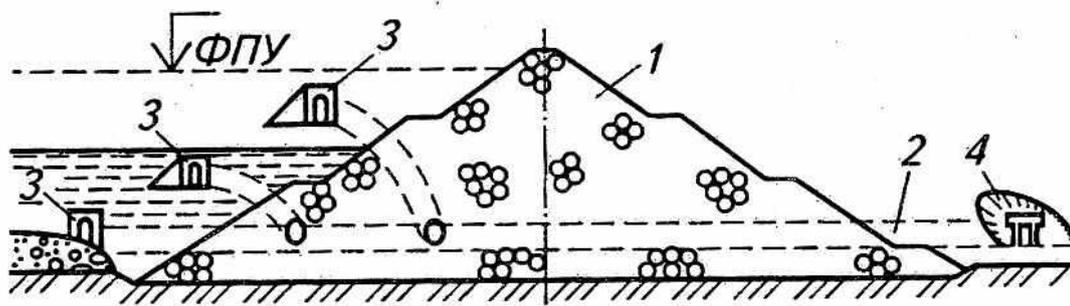


Рис. 4.4.2. Каменно-набросная плотина и водосброс гидроузла селеохранилища:
1- каменно-набросная плотина; 2- галерея водосброса; 3 - входные оголовки водосброса; 4 - концевая часть водосброса; ФПУ- форсированный подпертый уровень

Такие сооружения относительно дороги, поэтому для задержания и переформирования селевых потоков могут быть применены сквозные конструкции, например селеуловитель М. С. Гагошидзе, представляющий собой жесткую решетку из железобетонных стоек и ригелей

(рис.4.4.3,а). Размеры клеток: по глубине потока и ширине - 2...4 м, по длине - 4...8 м. Обычно поток течет между стоек, которые не оказывают существенного сопротивления. При прохождении селя значительная часть элементов сквозной преграды оказывается в потоке и перед сооружением формируется зона подпора, в которой и задерживаются крупные включения селевого потока.

Сквозную конструкцию, показанную на рис.4.4.4, б, собирают из одного типоразмера железобетонных балок, имеющих на концах отверстия. Этими отверстиями балки надевают на трубы. Поскольку на одни и те же трубы надевают балки разных направлений, то вся конструкция получается сквозной.

Обе эти конструкции удовлетворительно задерживают наиболее крупные включения селевых потоков, однако могут быть разрушены быстродвижущимся фронтом связных селевых потоков. Поэтому М. С. Гагошидзе для защиты от связных потоков сквозных сооружений предложил делать тросовые конструкции селереза и селезаграждения, которые рекомендуется устанавливать перед железобетонными конструкциями. Тросовая конструкция (сетка из тросов) эластична и в значительной мере смягчает первый удар селевого потока. Задержанный между двумя сетками объем камня является как бы буферным сооружением. При подъеме уровня селевой поток теряет скорость в зоне подпора, т. е. на подходе к сооружению. Имеются и другие конструкции селезадерживающих сооружений.

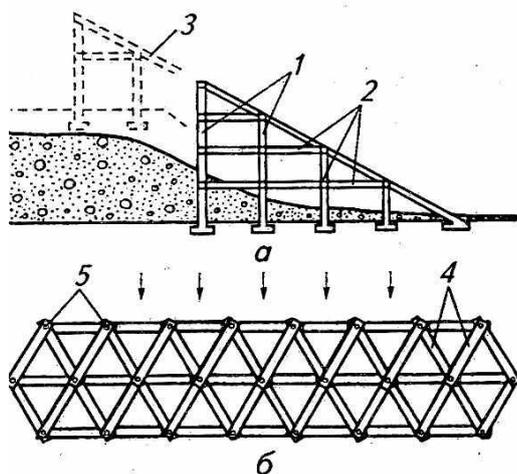


Рис. 4.4.4. Решетчатые (сквозные) селезадерживающие сооружения:

- а - наклонный селеуловитель М. С. Гагошидзе; б-селеуловители конструкции ЗакНИГМИ (план);
 1- колонны; 2 - горизонтальные ригели; 3- возможная достройка селеуловителя в перспективе;
 4 - унифицированные железобетонные элементы; 5- стальные трубы

Для защиты от затопления селевым потоком или уже трансформированным в селехранилище потоком применяют *селеотвод*, располагаемый обычно ниже выхода речки из гор, в пределах конуса выноса. Обычные расходы воды направляют из множества русел по какому-то одному на конусе выноса, а также забирают в канал. На пути потока воды есть ограничивающие сооружения, и как только селевой поток с большими расходами подойдет к району этих сооружений, то ограничения в пропускной способности приведут к подъему уровней, прорыву оставленной грунтовой перемычки и к направлению селевого потока на место запланированной аккумуляции селевой массы. В качестве ограничивающих сооружений применяют специальные защитные дамбы, специальные (ловчие) селевые каналы или комбинацию канала и дамбы, которая при строительстве служит кавальером грунта. Канал рассчитывают из условия недопущения осаждения в нем селевых выносов; откос дамбы, в зависимости от скоростей течения и глубины селевого потока, может быть с креплением и без него. Концевой участок селеотводящего тракта делают из условия плавного растекания потока и предотвращения подпора уровня в канале осевшими наносами.

4.5. Обводнение территорий. Потребность в обводнении

Обводнение - это комплекс мероприятий по устранению дефицита влаги в засушливых районах, где отсутствуют естественные водные источники или сток в них кратковременный и недостаточный. Осуществляют обводнительные мелиорации с целью создания нормальных условий для жизни населения, развития промышленности и сельского хозяйства.

Вследствие значительного разнообразия природно-климатических условий в России потребность в обводнении испытывают обширные территории юга страны: Астраханская область, Северный Дагестан, Калмыкия, Ставропольский край, Волгоградская, Ростовская, Саратовская, Куйбышевская, Оренбургская области, юг Западной Сибири. Благоприятные климатические условия, ценные в сельскохозяйственном отношении земли, широкие возможности в развитии важнейших отраслей промышленности - основные достоинства указанных территорий. Но все они имеют один существенный недостаток - огромный дефицит влаги. Резкой границы между этими зонами практически нет. Отличаются они континентальностью климата, сильной засушливостью, обилием света и тепла. Среднегодовое количество осадков составляет около 160-430 мм. В летние месяцы выпадает только 50-60 % от годовой нормы осадков. Среднегодовая испаряемость около 1500 мм, т.е. естественное увлажнение крайне мало.

Достаточность тепла и света позволяет возделывать ценные теплолюбивые культуры - хлопчатник, рис, виноград и др. Однако выращивать эти культуры можно только при искусственном орошении. Естественный же недостаток влаги остро ставит вопрос о проведении обводнительных мелиорации: искусственной передачи воды из районов избыточно увлажненных или имеющих необходимое количество воды, создания местных запасов воды в кратковременные периоды осадков, а также использование подземных вод.

Обводнение и орошение здесь носит пока разреженный (выборочный) характер с использованием как местных, так и дальних водных ресурсов. Дальняя вода появилась благодаря использованию стока больших рек - Волги, Дона, Кубани, Терека, Урала и др. Действующие обводнительно-оросительные системы на базе Большого Ставропольского канала (р. Кубань), Донского магистрального канала (р. Дон), Саратовского и Куйбышевского каналов (р. Волга), Терско-Кумского канала (р. Терек) и др. оживили миллионы гектаров плодородных земель, увеличили урожаи садов, овощных, бахчевых, зерновых и кормовых культур, риса, сахарной свеклы, улучшили водоснабжение городов и сел, курортных районов.

Дальнейшее обводнение засушливых районов страны не только будет способствовать развитию промышленности и сельского хозяйства, но и решит важнейшую социальную задачу - расселения и занятости населения в благоприятных климатических условиях.

Обводнение (обводнительные мелиорации) включает доставку воды из районов достаточной обводненности, сбор и рациональное использование местных поверхностных вод, разведку и освоение подземных водных ресурсов.

Каждому виду обводнения соответствует свой способ и технические возможности. Обводнение осуществляют по централизованной, децентрализованной и комбинированной схемам. При централизованной схеме всю обводняемую территорию обеспечивают водой обычно из одного или группы объединенных водных источников при компактном расположении водопотребителей. Децентрализованная схема предусматривает подачу воды из разных источников. В комбинированной схеме присутствуют элементы обеих вышеуказанных схем.

Доставка воды из районов с достаточной обводненностью (территориальное перераспределение водных ресурсов) предусматривает строительство крупных каналов или трубопроводов иногда значительной протяженности (Каракумский канал 1100 км, канал Иртыш-Караганда 458 км, Куйбышевский 270 км, Большой Ставропольский канал 263 км, Кулундинский (Алтайский край) 180 км, Терско-Кумский - 50 км и др.).

При этом приходится решать практически те же самые задачи, что и при строительстве магистральных каналов и трубопроводов систем орошения: выбор расчетного расхода, назначение поперечного сечения и продольного уклона, обоснование защитной одежды и др. Принятие

решения о таком строительстве - это крупная технико-экономическая задача с детальным сопоставлением предстоящих капиталовложений и ожидаемых доходов от освоения нового района.

Сбор и рациональное использование местных поверхностных вод заключается в массовом строительстве водохранилищ, прудов, копаней на имеющихся небольших водотоках, пересыхающих руслах, оврагах, тальвегах старых рек. Все эти задачи решаются известными гидротехническими и мелиоративными методами с учетом комплексного использования и охраны водных ресурсов, потребностей рационального развития района.

Использование подземных водных ресурсов включает целенаправленную разведку подземных вод и создание инфраструктуры по их добыче и доставке.

К сооружениям, позволяющим использовать подземные воды, можно отнести всевозможные каптажные устройства по сбору грунтовых вод, шахтные колодцы, буровые скважины. *Каптаж* - (франц. captage, от лат. capto ловлю, хватаю) комплекс инженерно-технических мероприятий, обеспечивающий вскрытие подземных вод, вывод их на поверхность и возможность их сбора.

Значительный объем обводнительных мелиораций приходится выполнять при эксплуатации пастбищ. Здесь вода необходима как для полива трав, так и для водопоя скота. Приемлемы все три вышеназванных способа решения проблемы: доставка воды каналом (трубопроводом), сбор поверхностных вод, использование подземных вод или их комбинация.

В связи со значительными удельными затратами на воду вобводняемых районах, длительным хранением воды и ее медленной обновляемостью следует очень тщательно подходить к определению потребностей в воде и оценке ее качества. Потребности в воде на обводняемой территории определяют как сумму объемов на орошение, водоснабжение, пополнение стока мелких рек и озер, потери при транспортировке (испарение, фильтрация). Каждая составляющая расхода воды обосновывается соответствующим образом с использованием действующих нормативов, аналогов, прогнозов.

Качество воды в обводняемых районах оценивают в соответствии с санитарными, агрономическими (плодородие почв, опасность засоления почв, урожайность и др.) техническими (содержание микроэлементов, радиоактивных веществ, *pH* и др.) и экологическими требованиями.

4.6. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации гидромелиоративных систем

При современном уровне научно-технического развития важно понять и оценить место человека в окружающей среде и обеспечить с одной стороны улучшение условий жизнедеятельности, с другой стороны сделать всё возможное, чтобы защитить природу от негативного воздействия проводимых мероприятий. Необходимо разрабатывать стратегию движения общества от ресурсно-потребительской деятельности к сберегающе-созидающей.

Оросительные мелиорации возмещают недостаток влаги в почве, осушительные - удаляют ее избыток, создают благоприятные для развития растений водный, воздушный, питательный режимы корнеобитаемого слоя. В результате мелиорации сухие бесплодные пустыни превращаются в цветущие оазисы, непроходимые болотные топи - в высокопродуктивные нивы, луга и пастбища.

При этом в любом мелиоративном проекте предусматривают соответствующие для рассматриваемых условий мероприятия по охране окружающей среды. Осуществление мелиоративных работ не должно вызывать негативные изменения не только на мелиорируемой территории, но и на прилегающих водосборах. Так, при осушении болот не допускают переосушения торфяных почв, так как переосушенный торф распыляется, плохо впитывает влагу, самовозгорается. Для защиты от пожаров на болотах проектируют противопожарные мероприятия. Осушенные болота при мощности торфа менее 1 м рекомендуется использовать в качестве сенокосов.

При проектировании мелиоративной системы в ней необходимо предусмотреть природоохранные элементы, которые либо исключали бы, либо существенно ослабляли возможное негативное воздействие на все компоненты природы, как на участке проектирования, так и на приле-

гающих территориях. Такие элементы, которые разрабатываются на стадии проектирования, служат для проведения природоохранных мероприятий на стадиях строительства и эксплуатации мелиоративных систем.

Для разработки природоохранных элементов и мероприятий проводят необходимые изыскания и исследования на проектируемом участке и на прилегающей к нему территории. По результатам предварительных исследований дают оценку естественных биогеоценозов, подготавливают прогноз их изменений под влиянием мелиорации, освоения и сельскохозяйственного использования земель, а затем предлагают мероприятия по минимизации негативных последствий.

С учетом геосистемного подхода природоохранные мероприятия разрабатывают для основных компонентов природы: почвы, недр, воды (поверхностные и подземные), растительность, животный мир, воздушный бассейн, а также для объектов, представляющих культурную или историческую ценность.

Выделяют следующие виды мероприятий по охране окружающей среды:

- мероприятия, выполняющие одновременно природоохранные и основные функции мелиоративной системы (например, лесополосы, рис.4.6.1);

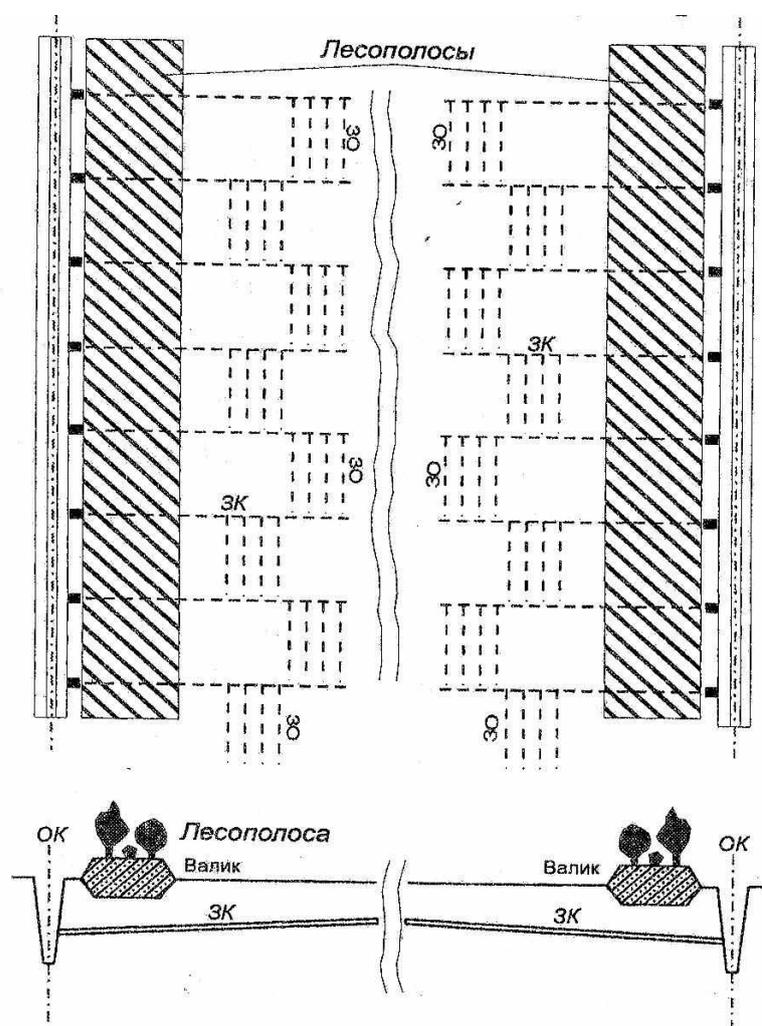


Рис. 4.6.1. Лесополосы.

ЗО – закрытый осушитель; ЗК – закрытый коллектор; ОК – открытый коллектор

- мероприятия, ликвидирующие или предотвращающие негативные последствия функционирования мелиоративной системы (локальные очистные сооружения для очистки дренажного стока, рис.4.6.2);

- мероприятия, восстанавливающие земли, нарушенные в результате негативных последствий мелиорации (промывка почв для предотвращения вторичного засоления и т.п.).

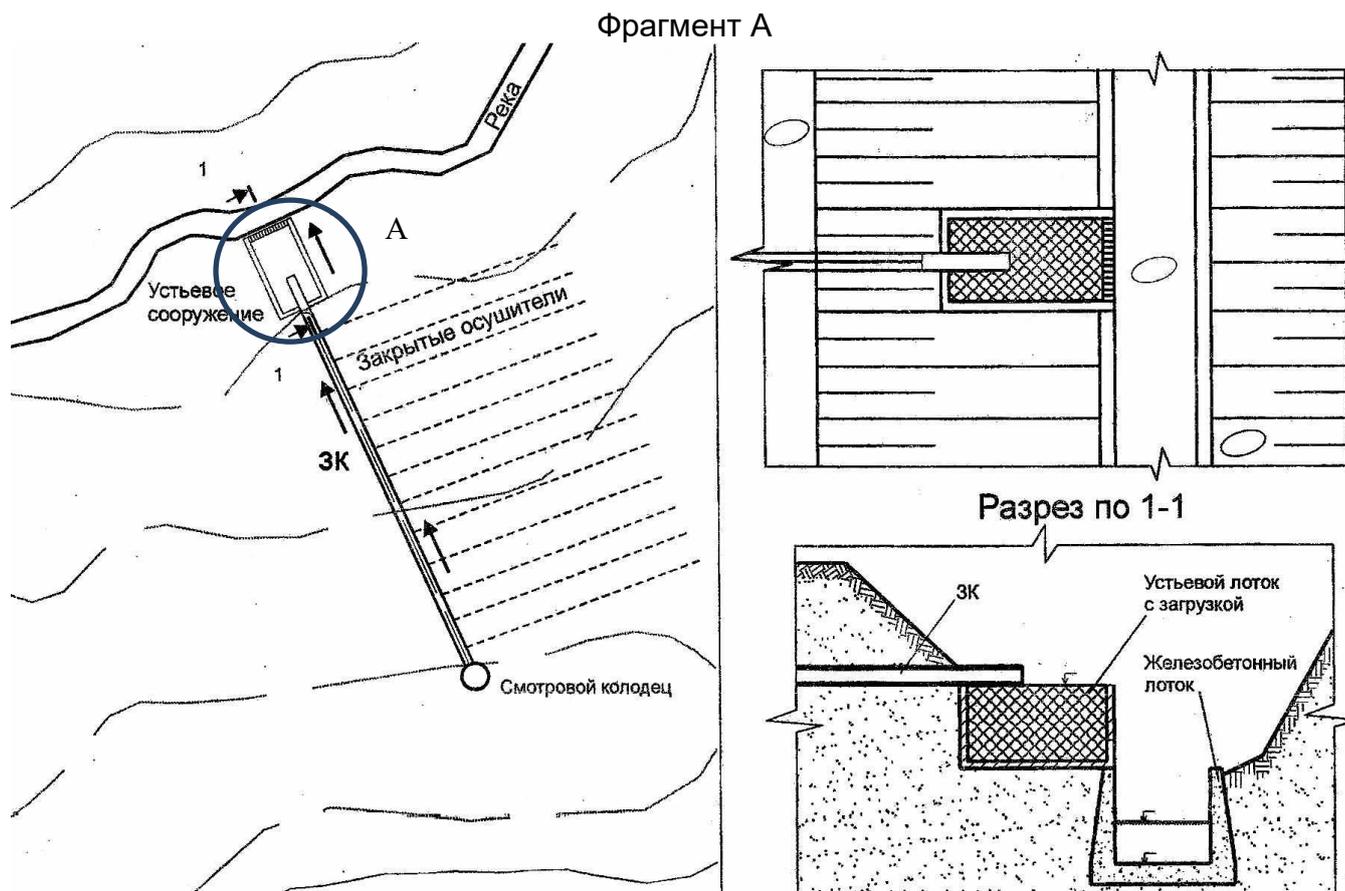


Рис. 4.6.2. Очистка дренажных вод с помощью сорбирующей засыпки в устьевом сооружении.

Зоны влияния мелиоративной системы

Для правильной дозировки антропогенного воздействия оказываемого мелиоративной системой на окружающую среду выделяют пять зон влияния мелиоративной системы: I - внутренняя, в контурах мелиоративной системы; II - внутренняя, охватывающая немелиорируемые площади в контурах мелиоративной системы; III - непосредственно прилегающая зона влияния; IV - отдаленная зона влияния; V - зона воздушного пространства в контурах всех зон.

Зоны влияния выделяются по основным признакам - прогнозный уровень грунтовых вод, рельеф объекта и прилегающей территории, а их границы уточняются по дополнительным признакам.

К дополнительным признакам относятся:

- локальные депрессии рельефа и возвышенности на участке проектирования и прилегающей территории;
- механический состав и высота капиллярного поднятия грунтов; наличие почвенного покрова и тип почв;
- растительность, преобладающая на прилегающих землях (лесная, луговая и др.);
- общее направление потока грунтовых вод (в сторону объекта мелиорации или от него);
- химический состав грунтовых вод и прогноз его изменения после регулирования уровня грунтовых вод на участке проектирования.

Состав мероприятий по охране окружающей среды

Мероприятия по охране окружающей среды состоят из:

- мероприятий по охране почв;
- мероприятий по охране вод;
- мероприятий по охране флоры и фауны;
- мероприятий по охране исторических и культурных ценностей;
- мероприятий по сохранению научной и эстетической ценности ландшафтов;
- рекреационных мероприятий.

Мероприятия, обеспечивающие мелиоративный режим, по своей сути являются мероприятиями по охране почв. К этому виду относятся также мероприятия по предотвращению водной эрозии почв. Для этой цели предотвращения эрозии предусматриваются сохранение куртин леса и отдельных деревьев, посадка лесных полос.

Мероприятия по охране вод включают создание прибрежных водоохраных зон по берегам рек и крупных каналов (ширина водоохраной зоны может достигать 300... 1000м и более). К этому виду мероприятий также относится охрана водоемов и водотоков от загрязнения и истощения, мелиорация водоемов (очистка водоемов, разведение растительноядных рыб), охрана подземных вод.

Мероприятия по охране фауны направлены на ее сохранение и приумножение. С этой целью рекомендуется:

- согласовывать мелиоративные мероприятия на объектах, где обитают водоплавающие птицы и пушные звери, с органами охотхозяйства, а на реках и водоемах, имеющих рыбохозяйственное значение, с органами Главрыбвода;
- не осушать болота и заболоченные земли, не спускать воду из озер и не регулировать реки в местах обитания бобров и ондатры; переселять бобровые поселения в исключительных случаях по согласованию с охотхозяйствами;
- не уничтожать древесно-кустарниковую растительность арборицидами *арборициды* – (от лат. arbor – дерево и caedere – убивать) – химические вещества, применяемые для уничтожения нежелательной древесной или кустарниковой растительности), ограничено применять выжигание растительности, предусматривать мероприятия по предотвращению гибели животных на дорожной сети, при пересечении каналов, при сельскохозяйственных работах и т. д.;
- применять рыбозащитные сооружения на насосных станциях;
- предусматривать мероприятия по сохранению нерестилищ и зимовальных ям при регулировании рек и польдерном осушении;
- предусматривать создание лесных защитных полос с посадкой в них древесных пород и кустарников, являющихся природным кормом для полезных животных и птиц.

Мероприятия по охране флоры при осушении должны обеспечивать сохранение редких видов растительности (ягодники, лекарственные растения, лесопарки и пр.), ценных кормовых угодий, создание резерватов и заповедников.

Мероприятия по охране ландшафтов должны обеспечивать сохранение отдельных элементов ландшафта, имеющих научную, культурную и эстетическую ценность, в неприкосновенности. На осушаемой территории необходимо сохранять отдельные рощи, группы деревьев и отдельные деревья, водопады, родники, геологические обнажения, курганы, памятники природы и культуры.

К рекреационным мероприятиям относятся: очистка водоемов, устройство мест для купания на каналах, пляжей и т. п.

4.7. Комплексное обустройство (мелиорация) водосборов

При обустройстве ландшафтов затрагивают земли разного назначения, находящиеся в собственности различных субъектов. Это усложняет организационно-правовые аспекты, финансирование и проведение работ не только в период первичного обустройства (создание инженерных систем, выполнение различных мелиоративных, рекультивационных и природоохранных мероприятий), но и в длительный (десятки лет) период их «штатного» функционирования, ремонта, реконструкции.

В отличие от мелиорации земель конкретного назначения, составляющих обычно часть ландшафтов, создание культурных ландшафтов предполагает мероприятия, затрагивающие весь ландшафт или их совокупность.

Для водных мелиораций наиболее логичным является выделение как части ландшафтов речных бассейнов, под которыми понимают природный объект (природное тело), с которого воды стекают в отдельную реку или речную систему. Бассейн каждой реки включает в себя поверхностный и подземный водосборы. Поверхностный водосбор представляет собой участок земной поверхности, с которого поступают воды в данную речную систему или определенную реку. Подземный водосбор образуют толщи рыхлых отложений, из которых вода поступает в речную сеть. В общем случае границы поверхностного и подземного водосборов не совпадают. Выделяют бассейны и для отдельных притоков, и для отдельных створов реки.

Главная природная функция речного бассейна -стокообразующая, и в этом принципиальная важность такого деления территории. Помимо этого речные бассейны - это особым образом объединенные геосистемы (принцип объединения здесь - единство гидрогеохимических потоков, имеющих один объект для своей разгрузки), выполняющие важные средообразующие или экологические функции. Наконец, речные бассейны - это пространственный базис для природопользования (размещения земель разного назначения, в том числе населенных пунктов, объектов промышленности, транспорта, размещения отходов) и природоустройства. Такой подход открывает возможность комплексной оценки состояния территории и водных объектов, выработки единой программы их улучшения, учитывающей интересы не только отдельных земле- и водопользователей, но и интересы всех людей, на ней проживающих, и, что сейчас очень актуально, восстановление и сохранение природы.

Функции водосборов определяют цели их обустройства:

- улучшение качества речного стока в смысле его объема и расходов воды в реке, желаемого распределения стока во времени, качества речных вод, глубин воды в русле;
- повышение продуктивности (полезности) земель путем их мелиорации и рекультивации для нужд конкретных землепользователей;
- природоохранное обустройство водосбора, поддержание, восстановление, воссоздание экологической инфраструктуры на нем.

Различные цели преобразования водосборов неизбежно вызывают конфликты интересов, например при строительстве гидроузлов и создании водохранилищ на равнинных реках и связанного ним затоплением самых плодородных пойменных земель; при изменении направления использования земель - распашке или залесении, при строительстве, при увеличении площади мелиорируемых земель. Поэтому неизбежны оптимизация целей обустройства водосборов, многовариантность намечаемых мероприятий.

Так, можно привести примеры комплексного обустройства земель в США, где с 1872 г. осуществляют Государственную программу освоения засушливых степей и полупустынь на основе орошения, борьбы с наводнениями, гидроэнергетического и транспортного строительства, обводнения земель, лесоразведения, травосеяния. В последующем она была дополнена борьбой с эрозией, экологизацией земледелия и др.

На функционирование водосборов наиболее существенно влияет трансформация земельных угодий (сведение лесов, распашка), осуществляемая человеком для решения экономических задач: увеличение запасов продовольствия, добыча полезных ископаемых, строительство. Рас-

пашка земель ухудшает структуру водного баланса почв, питание подземных вод и рек, изменяет радиационный баланс, приводит к эрозии почв; обработка полей механизмами уплотняет ее. В этом смысле лесонасаждения и луга предпочтительней, но они не решают многих экономических задач.

Нахождение оптимального сочетания угодий - сложная комплексная задача, ее решение должно основываться на количественном описании взаимосвязанных природных процессов, антропогенных воздействий и оптимизироваться с учетом социально-экономических и природосохраняющих показателей.

После установления оптимального сочетания угодий на водосборе необходима разработка его экологической инфраструктуры, т. е. совокупности природосохраняющих природных и антропогенных элементов, повышающих биотическую и абиотическую устойчивость водосбора, улучшающих качество окружающей среды.

Для обустройства водосборов большое значение имеют улучшение, восстановление и облагораживание местной гидрографической сети: восстановление малых рек, создание водоемов, регулирование поверхностного и подземного стока, улучшение качества поверхностных и подземных вод.

Малые реки играют важную роль в функционировании ландшафтов, непосредственно влияют на условия жизни и деятельности людей. Малой принято считать или реку длиной менее 100 км, или имеющую водосборную площадь не более 2000 км². Эта площадь соизмерима с площадью физико-географического района, т. е. суммы индивидуальных ландшафтов. Именно в малых реках начинает формироваться речной сток, от состояния водосбора и первичной реки зависят количество и качество речного стока.

Малые реки очень ранимы, их существование слабо контролируется государственными органами. Коллективизация землепользования в СССР отстранила крестьян не только от заботы о земле, но и от сохранения природы в целом, от заботы о малых реках. Землепользование в этот период стало безнравственным. В результате многие реки засорились человеком, становились сточными канавами, в которые сливались неочищенные стоки малых городов и поселков, стоки животноводческих ферм. Так, в Донбассе естественный меженный сток малых рек соизмерим с объемом соленых шахтных вод. Судьба малых рек особенно печальна в крупных городах, например в Москве, где протекало более 50 малых рек, многие из них загрязнены и засорены.

На водосборе должен быть выполнен комплекс работ по борьбе с оврагами: прекращение их роста, укрепление дна и берегов, создание в ложе укрепленных оврагов прудов и водоемов, занесение, в том числе и в рекреационных целях, для поселения фауны.

Состояние водосборов зависит не только от площади сельскохозяйственных земель, но и от способов ведения сельского хозяйства, от системы земледелия, которая включает комплекс взаимосвязанных агротехнических, почвозащитных, мелиоративных, организационно-экономических мероприятий, направленных на эффективное использование земли и агроклиматических ресурсов, повышение плодородия почвы, защиту ее от эрозии, повышение экологической стабильности водосбора в целом. С этой целью разрабатывают экологически более совершенные ландшафтно-адаптивные системы земледелия применительно к конкретным природным условиям.

Хозяйственная деятельность на водосборе в сочетании с различными мелиорациями земель приводит к дополнительной нежелательной нагрузке на водотоки и водоемы (реки, озера, водохранилища), что вызывает их загрязнение токсичными элементами (тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами, биогенами и др.). Эти изменения надо оценивать при обустройстве водосборов.

Существенное значение в обустройстве водосборов принадлежит мелиорации и рекультивации земель. Для достижения надлежащего эффекта необходимо совместное применение всех необходимых и доступных видов и способов мелиорации и рекультивации на всех элементах водосбора, несмотря на различное их хозяйственное использование разными землепользователями, т. е. комплексная мелиорация и рекультивация.

При обустройстве водосборов необходимы мелиорация и рекультивация земель разного назначения - не только сельскохозяйственных, но и лесного и водного фондов, земель поселений, промышленности, рекреационных и др., строительство природоохранных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов С.К., Найфельд Л.Р., Скиргелло О.Б. Дренаж промышленных площадок и городских территорий. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. Москва, 1954. – 428 с.
2. Алексанкин А.В. Мелиоративное освоение полейдерных земель. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 158 с.
3. Бабиков Б.Н. Гидротехнические мелиорации: Учебник для вузов. 4-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2005. – 304 с.: ил.
4. Боярский В.М. Строительное дело и гидротехника: История развития: Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2007, 252 с.
5. Будин А.Я. Демина Г.А. Набережные.: Справ. пособие. – М.: Стройиздат, 1979 - 287 с.
6. Введение в природообустройство (учебное пособие для лицеев и профильных классов). 2-ое издание, переработанное и дополненное. Авторы: Голованов А.И., Зимин Ф.М. /М.: Московский государственный университет природообустройства, 2003, с.63.
7. Гидротехника в горном деле и строительстве. Под ред. проф., д.т.н. Н.А.Плотникова. Пер. с нем. М., Недра, 1978 407 с.
8. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. Под ред. В.П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983, 543 с.
9. Голованов А.И., Корнеев И.В. Природно-техногенные комплексы природообустройства. Учебное пособие. М.: МГУП, 2004, 74 с.
10. Голованов А.И. Сухарев Ю.И., Шабанов В.В. Оценка воздействия осушения на окружающую среду. Учебное пособие – М.: МГУП, 2009, 46 с.
11. Грацианский М.Н. Инженерная мелиорация. Издательство литературы по строительству. Москва – 1965, 262 с.
12. Дегтярев Б.М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. – М.: Стройиздат, 1990 – 238 с.: ил.
13. Дементьев В.Г. Орошение. – Колос, 1979. – 303 с., ил.
14. Дренажи в инженерной подготовке и благоустройстве территории застройки: Учебное пособие / Г.И. Клорина. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. – 147 с.
15. Дренажные системы и очистные сооружения. – М. Стройинформ. – 272 с.
16. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. Учебник. – М., Изд-во МГУ, 1987. – 304 с.
17. Ильин С.П., Сильченков И.С. Основы ландшафтоведения. Курс лекций. Под редакцией профессора С.П.Ильина – М.: МГУП, 2008, 36 с.
18. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации / Под ред. И.П. Сухарева – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 319 с.
19. Комарова Н.Р. Инженерная мелиорация. Расчет и проектирование элементов осушительных мелиоративных систем. Методические указания. – СПб.: СПГУВК, 2004, – 44 с.
20. Комарова Н.Р. Инженерная мелиорация. Ч. 1. Осушение земель. Конспект лекций. – СПб.: СПГУВК, 1999, – 79 с.
21. Комарова Н.Р. Инженерная мелиорация. Ч. 2. Орошение земель. Конспект лекций. – СПб.: СПГУВК, 2004, – 107 с.
22. Костяков А.Н. Основы мелиорации. Гос. издательство сельскохозяйственной литературы. М. 1960, 622 с.
23. Максимов С.А. Мелиорация сельскохозяйственных земель в Нечерноземной зоне России. Учебное пособие. / М.: МГУП, 2004, 103 с.
24. Мануйлов Ю.Г., Гарбузов З.Е., Донской В.М. Машины для мелиоративного строительства. Справочник. М. Машиностроение, 1978, 222 с. с ил.
25. Марин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А. Обоснование мероприятий по защите земель от затопления. Учебное пособие. – М.: МГУП, 2009. – 51 с.

26. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.: ил.
27. Мелиоративное освоение полейдерных земель. М. Россельхозиздат – 1987, 158 с.
28. Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение: Справочник/Под ред.Б.С.Маслова. – М.:Агропромиздат, 1985. – 447 с, ил.
29. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник/ Под ред. Б.Б.Шумакова. – М.:Колос, 1999. – 432 с.:ил.
30. Мелиорация. Энциклопедический справочник. /Под общей редакцией А.И.Мурашко. Издательство «Белорусская советская энциклопедия» имени Петруся Бровки, Минск, 1984, 566 с. с ил.
31. Пособие к СНиП 2.06.15-85 «Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях» ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР., М. Стройиздат, 1991
32. Правдивец Ю.П. Инженерно-мелиоративные сооружения. – М.: АСВ, 1998, - с.
33. Природообустройство. А.И.Голованов, Ф.М.Зимин, Д.В.Козлов и др.; Под ред. А.И.Голованова. – М.:КолосС, 2008. -552 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высш. уч. завед.)
34. Рассказов Л.Н. и др. Гидротехнические сооружения. Части I Учебник для вузов.- М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008, - 576 с.
35. Рекомендации по проектированию закрытого дренажа в Северо-Западной зоне РСФСР. СевНИИГиМ, Ленинград, 1976 – 78 с.
36. Рекомендации по проектированию осушительных и осушительно-увлажнительных систем в северном и северо-западном районах Нечерноземной зоны РСФСР.СевНИИГиМ, Ленинград, 1987 – 188 с.
37. Сабо Е.Д.Теодоронский В.С.,Золотаревский А.А. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства. Учебник для студ. вузов; под ред. Сабо Е.Д.- М.:Издательский центр «Академия», 2008 – 336 с.
38. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. Скрипчинская Л.В., Янголь А.М., Гончаров С.М., Коробченко С.М. Киев, издательское объединение «Вища школа», 1977, 352 с.
39. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. М. 1955. 500 с.
40. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.–М.ФГУП ЦПП, 2004. – 128 с.
41. СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения. – М.ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
42. СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территорий от затопления и подтопления. – М. ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
43. СНиП 2.06.15-85 Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях.– М.ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
44. СНиП 3.07.03-85. Мелиоративные системы и сооружения – М. Госстрой РФ, 1996, - 26 с.
45. СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения.–М. Госстрой России, 2004.
46. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных характеристик.– М.Госстрой России, 2004.
47. Справочное пособие к СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления». Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых территориях/Комплекс н-и и конструктор.-технолог. и-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. –М.Стройиздат, 1991. – 272 с.
48. Справочно-информационный материал для курсового и дипломного проектирования осушительных систем в Нечерноземной зоне РФ/МГУП. Составители Голованов А.И., Аверьянов А.П., М., 1997, с.48.

49. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – 4-е изд., доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат. ленингр. отд., 1982. – 672 с.
50. ШкиннисЦ.Н. Гидрологическое действие дренажа. Ленинград, Гидрометеоздат, 1981, 312 с., ил.
51. ЩепаникЛ.С. Технология строительных процессов: Методические указания к курсовому проектированию. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. - 46 с.