



ЗЕЛЕНАЯ СТРЕЛА

*Санкт-Петербург*

К. Н. Криулин

# Дренажные СИСТЕМЫ в ландшафтном и коттеджном строительстве



К. Н. Криулин

# Дренажные системы

в ландшафтном и коттеджном  
строительстве



ООО «Студия “НП-Принт”»  
ОДО «Гриния»

Санкт-Петербург • 2014

Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве. СПб., 2013. 120 с.

Основное внимание в пособии уделено конструкциям дренажных осушительных систем, применяемых в ландшафтном строительстве. Рассмотрены основные водно-физические свойства грунтов, причины переувлажнения территорий, основы проектирования дренажных систем.

Пособие может быть использовано при реализации образовательных программ по специальностям высшего профессионального образования «Городское строительство и хозяйство», «Гидротехническое строительство», «Садово-парковое и ландшафтное строительство» по дисциплинам «Комплексное инженерное благоустройство городских территорий», «Инженерная мелиорация», «Строительство и эксплуатация объектов ландшафтного строительства». Может быть использовано при организации курсов повышения квалификации и семинаров для специалистов по ландшафтному строительству и дизайну.

Книга издана при поддержке:

ЗАО «РУВИНИЛ»: дренажные трубы D=50-200 мм, срок службы более 50 лет. [www.ruvinil.ru](http://www.ruvinil.ru)

НПФ «КАСИОР»: автоматические системы полива. [www.kasior.ru](http://www.kasior.ru)

Ландшафтная студия Дениса Баташева «БОТАНИК». [www.botanik-spb.ru](http://www.botanik-spb.ru)

Информационный спонсор:

АНО ДидПО «ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ЛАНДШАФТНОГО ИСКУССТВА «ЗЕЛЁНАЯ СТРЕЛА»

Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 29

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	5
1. Общие положения инженерной защиты территорий от подтопления . . . . .	6
2. Основы гидрогеологии	
2.1. Основные воднофизические свойства грунта . . . . .	9
2.2. Движение воды в грунте . . . . .	13
2.2.1 Движение вод в зоне аэрации . . . . .	13
2.2.2 Движение воды в зоне грунтовых вод . . . . .	15
3. Задачи водопонижения. Норма осушения . . . . .	19
4. Причины подтопления территорий	
4.1. Естественные причины подтопления . . . . .	23
4.2. Искусственные причины подтопления территорий . . . . .	27
5. Конструкция дрен	
5.1. Классификация конструкций дрен . . . . .	29
5.2. Открытые линейные дрены . . . . .	30
5.3. Закрытые линейные дрены . . . . .	32
5.4. Материал трубчатых дрен . . . . .	33
5.5. Пластовые дрены . . . . .	35
5.6. Дрены-поглотители . . . . .	36
5.7. Вскрытие водоносного пласта . . . . .	37
5.8. Водоприемная способность дрен . . . . .	38
5.9. Защита дрен от заиления . . . . .	39
6. Водосборные коллекторы	
6.1. Конструкция водосборных коллекторов . . . . .	43
6.2. Защита закрытых коллекторов от заиления . . . . .	45
6.3. Защита дренажных систем от заохривания . . . . .	46
7. Сооружения на дренажных системах	
7.1. Дренажные колодцы . . . . .	48
7.1.1 Конструкция дренажных колодцев . . . . .	48
7.1.2 Назначение дренажных колодцев . . . . .	53

7.2. Трубы-переезды .....	57
7.3. Устьевые сооружения .....	61
8. Дренажные системы	
8.1. Классификация дренажных систем .....	62
8.2. Головной дренаж .....	64
8.3. Береговой дренаж .....	65
8.4. Сопутствующий дренаж .....	67
8.5. Систематический дренаж .....	68
8.6. Лучевой дренаж .....	71
8.7. Кольцевой дренаж .....	72
8.8. Пристенный дренаж .....	74
8.9. Пластовый дренаж .....	78
8.10. Дренаж подпорных стенок .....	82
9. Проектирование дренажных систем	
9.1. Последовательность проектирования дренажных систем .....	86
9.2. Расположение дрен в вертикальной плоскости .....	87
9.3. Расположение дренажных систем в плане .....	91
9.3.1 Расположение на «свободных» территориях .....	92
9.3.2 Расположение на «несвободных» территориях .....	95
9.4. Проектирование высотного положения дренажных систем .....	96
9.4.1 Метод «ведомость дрен» .....	96
9.4.2 Метод «планово-высотная схема дренажной системы» .....	100
9.4.3 Метод «профилей» .....	102
10. Гидравлические расчеты дренажных систем	
10.1. Основные положения .....	106
10.2. Расчетные схемы и расчетные зависимости .....	111
10.3. Комментарии к гидравлическим расчетам .....	116
10.3. Определение диаметров закрытых дрен и коллекторов .....	117
Библиография .....	120

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Особенностью ландшафтного строительства, строительства коттеджных поселков, индивидуального жилищного строительства, строительства объектов спортивного и рекреационного назначения является выбор территорий, имеющих высокий эстетический потенциал — склоны холмов, берега и поймы рек, озер, наличие естественной гидрографической сети и т.д. Территории, на которых располагаются данные объекты, во многих случаях характеризуются сложным, с точки зрения строительства и эксплуатации, сочетанием природных условий — топографических, геологических, гидрогеологических, гидрологических. Эти обстоятельства усложняют задачу инженерного обустройства, целью которой является обеспечение норм эксплуатации и повышения эстетических свойств территории.

Комплексную задачу инженерного обустройства территорий условно разделяют на:

- инженерную подготовку территории — работы, направленные на улучшения физических свойств территории: организация рельефа, защита от затопления и подтопления, водопонижение и т.д.;
- инженерное благоустройство территорий — работы, связанные с улучшением функциональных и эстетических качеств территорий.

Данная работа посвящена одному из актуальных разделов инженерной подготовки территории в условиях Северо-Западной части РФ — защита территорий от подтопления грунтовыми водами.

Рассматривается наиболее актуальный метод борьбы с подтоплением территорий — водопонижение, то есть, понижение уровня грунтовых вод на глубину достаточную для обеспечения условий нормальной эксплуатации территорий или сооружений. Наибольшее внимание уделено конструкциям водопонизительных дренажных систем используемых в ландшафтном строительстве.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ

В соответствии со СНиП 2.06.15–85 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления» [1] термин «подтопление» означает — повышение уровня подземных вод и увлажнение грунтов зоны аэрации, приводящие к нарушению хозяйственной деятельности на данной территории, изменению физических и физико-химических свойств подземных вод, преобразованию почвогрунтов, видового состава, структуры и продуктивности растительного покрова, трансформации мест обитания животных.

Там же даются следующие определения:

- техногенное подтопление — затопление и подтопление территории в результате строительства и производственной деятельности;
- зона подтопления — территория, подвергающаяся подтоплению в результате строительства водохранилищ, других водных объектов и застройки или в результате воздействия любой другой деятельности;
- подзона сильного подтопления — территории с залеганием уровня грунтовых вод, приближающегося к поверхности и сопровождающегося процессом заболачивания;
- подзона умеренного подтопления — территории с залеганием уровня грунтовых вод в пределах от 0,3–0,7 до 1,2–2,0 м от поверхности;
- подзона слабого подтопления — территории с залеганием грунтовых вод в пределах от 1,2–2,0 до 2,0–3,0;
- зона подпора подземных вод — область над водоносным пластом, в которой происходит повышение свободной поверхности подземных вод в случае их подпора, например, водохранилищем, рекой и т.д.

Приведенная классификация «подзон подтопления» весьма условна и не учитывает тип использования территории и характеристики объектов располагающихся на этой территории. Существуют оценки территорий по степени пригодности для размещения объектов промышленного, жилищного, садово-паркового строительства в зависимости от глубины залегания грунтовых вод (таблица 1.1).

Данные таблицы подчеркивают, что оценка степени подтопления территории для строительства промышленных объектов существенно отличается от оценки для садово-паркового строительства.

Из определений терминов «подтопление» и «зона подтопления» можно сделать вывод о том, что причинами подтопления территорий являются техногенные факторы. На значимости природных факторов подтопления внимание не акцентируется.

Табл. 1.1. Оценка территории по степени пригодности для строительства

Вид строительства	Степень пригодности территории для строительства при глубине залегания грунтовых вод, м		
	благоприятные	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Промышленное	7	1-3	< 1
Жилищное	3	1-3	< 1
Садово-парковое	1,5-2	0,5-1,5 2-3	< 0,5 3

Однако, в общем случае причины могут быть естественными (природными) и искусственными (антропогенными, техногенными — связанными с деятельностью человека). Более того, применительно к ландшафтному строительству, естественные причины переувлажнения земель в большинстве случаев являются основными.

Следует отметить, что в зависимости от локальных особенностей режима подземных вод подтопление может наблюдаться постоянно или временно под влиянием природных или антропогенных факторов.

В определении термина «подтопление» критерием оценки является глубина залегания грунтовых вод от поверхности. Однако, даже при относительно глубоком расположении уровня грунтовых вод, может наблюдаться временное или постоянное воздействие капиллярных вод на основания плоскостных сооружений или подземные конструкции зданий или сооружений.

Отрицательное влияние подтопления может заключаться:

- в изменении физико-механических свойств грунтов в основании инженерных сооружений;
- в снижении надежности конструкций зданий и сооружений, устойчивости и прочности подземных сооружений под влиянием гидростатического давления грунтовых вод;
- в повышении влияния агрессивности грунтовых вод;
- в увеличении интенсивности процессов коррозии подземных частей металлических конструкций, трубопроводов;
- в снижении надежности функционирования инженерных коммуникаций, сооружений и оборудования вследствие проникания воды в подземные помещения;
- в увеличении интенсивности процессов суффозии и эрозии;
- в ухудшении санитарно-гигиенического состояния территории;
- в ухудшении условий эксплуатации подземных помещений.

Комплекс мероприятий, используемых для уменьшения негативных последствий подтопления, зависит от конкретного сочетания природно-хозяйственных условий. С одной стороны, он зависит от причин избыточного увлажнения данной территории, с другой – от планируемого использования территории, от характера застройки и конструкции подземных сооружений.

Состав комплекса мероприятий может существенно различаться на стадии первичного освоения территории или на стадии эксплуатации.

Мероприятия, входящие в состав комплекса, могут постоянно выполнять функцию водопонижения, могут носить периодический характер, а могут носить предупредительный или профилактический характер.

Состав комплекса мероприятий по защите территорий и сооружений от подтопления грунтовыми водами в общем виде может состоять из следующих мероприятий:

- организация рельефа;
- организация поверхностного водоотвода;
- водопонижение;
- конструктивные решения;
- эксплуатационные мероприятия.

## 2. ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ

### 2.1. Основные воднофизические свойства грунта

В общем случае грунты представляют собой трехфазную систему: твердые частицы+вода+газ. Вода и газ заполняют поры (пустоты, трещины в грунтах).

**Пористость грунта  $n$**  характеризует наличие пор в объеме грунта, количественно определяется как отношение объема пор к общему объему грунта.

Вода, находящаяся в толще земной коры во всех физических состояниях (пар, лед, капельножидкая вода), называется **подземными (грунтовыми) водами**.

**Влагоемкость** – способность грунта вмещать и удерживать определенное количество воды. Количественно влагоемкость определяется значением **влажности грунта  $W$**  (объемная влажность – отношение объема воды, содержащейся в порах грунта, к объему грунта; весовая влажность – отношение веса воды к весу сухого грунта).

**Полная влагоемкость  $W_p$**  характеризует максимальное количество воды всех видов, вмещаемой грунтом при полном насыщении пор. Все поры почвы заполняются водой только при продолжительном насыщении. В большинстве же случаев без особых мер по удалению (выкачиванию) воздуха из почвы вода не вытесняет всего воздуха. Следовательно, влажность  $W_p$ , соответствующая полной влагоемкости, будет немного меньше объема пор, то есть  $W_p \approx n$ , где  $n$  – пористость грунта. Влажность  $W_p$  может составлять: для песков до 30%, для супесей – 40%, для суглинков и глин до 50%.

**Максимальная молекулярная влагоемкость  $W_m$**  характеризует количество воды, удерживаемое в виде пленок на частицах грунта силами молекулярного притяжения. Определяется влажностью  $W_m$ ; для песков может достигать до 5%, для супесей – 6-15%, для суглинков – 10-20%, для глин – 40%.

**Наименьшая влагоемкость  $W_{нв}$**  характеризует количество влаги, удерживающееся в грунте после свободного стекания воды из грунта под действием гравитации. Определяется влажностью  $W_{нв}$ ; для песчаных грунтов может достигать 10-20%, для супесчаных – 15-25%, для суглинков – 20-40%, для глин – 40% и больше.

Вода, содержащаяся в грунте, условно различается на:

- **молекулярная (гигроскопическая) вода**, прочно связанная с частицами грунта, в естественных условиях не может быть удалена

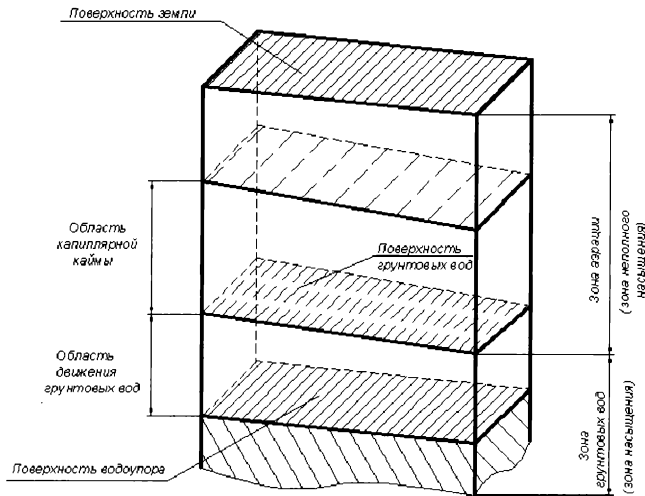
из грунта – диапазон влажности  $0 < W \leq W_M$ ;

- **капиллярные воды**, удерживаемые в порах (капиллярах) грунта за счет сил поверхностного натяжения; движение этих вод происходит при наличии градиентов влажности и температуры – диапазон влажности  $W_M < W \leq W_{НВ}$ ;
- **гравитационные воды** движутся под действием сил тяжести, свободно вытекают из грунта – диапазон влажности  $W_{НВ} < W \leq W_{П}$ .

**Водоотдача** – способность водонасыщенных грунтов отдавать гравитационную воду при свободном стекании. Максимальная водоотдача равна разнице между полной и наименьшей влагоемкостью.

Количественно водоотдачу определяют **коэффициентом водоотдачи** – отношением объема свободно вытекающей из грунта воды к объему грунта. Для песчаных грунтов его величина может составлять 10-20%, для супесчаных 6-15%, для суглинков 1-6%, для глин до 1%.

Распределение воды по глубине грунта схематически может быть разделено на две зоны (рис. 2.1): **зона аэрации** (зона неполного насыщения) и **зона грунтовых вод** (зона полного насыщения).



-Рис. 2.1. Схема распределения воды в грунте

**Зона грунтовых вод (полного насыщения).** Зона полного насыщения характеризуется практически полным насыщением пор грунта водой; то есть во всей зоне влажность постоянна и равна  $W_{П}$ .

**Зона аэрации (неполного насыщения).** В зоне аэрации не все поры заняты водой, то есть влажность меняется в диапазоне  $W_M < W \leq W_{П}$ .

**Уровень грунтовых вод (УГВ).** Основываясь на рассмотренных выше понятиях влажности, одним из возможных определений УГВ может быть следующее – условная граница, разделяющая зоны полного и

неполного насыщения; или – условная линия, ниже которой все поры грунта заняты водой, выше которой поры заняты водой частично.

**Капиллярная кайма.** В нижней части зоны аэрации, непосредственно над УГВ, располагается **капиллярная кайма**. В этой области происходит изменение влажности от  $W_{НВ}$  до  $W_{П}$ .

Капиллярная кайма – это капиллярные воды подпертые снизу УГВ.

Капиллярная кайма гидравлически связана с водами зоны грунтовых вод, поэтому повышение или понижение УГВ вызывает изменения положения капиллярной каймы.

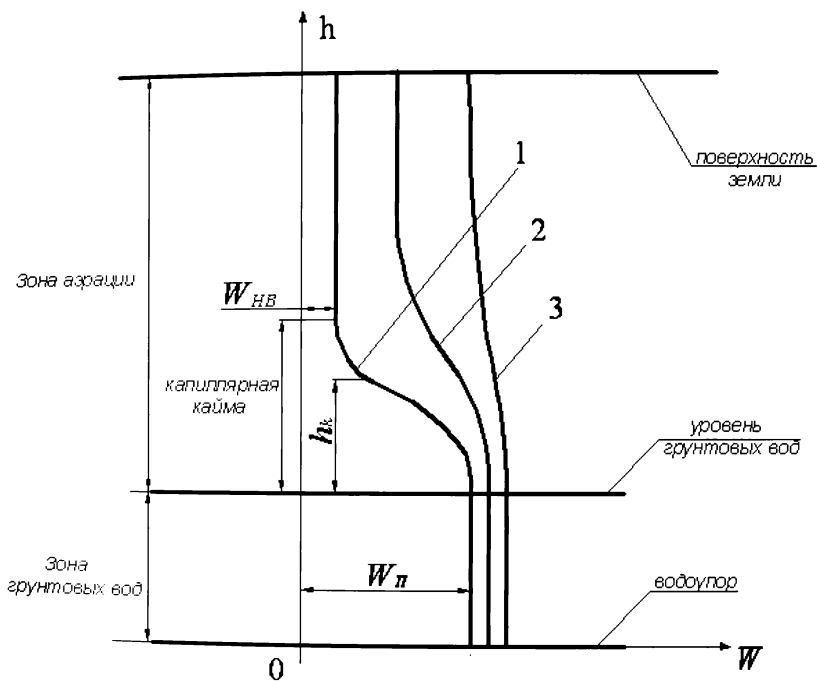


Рис. 2.2. Изменения влажности по глубине грунта.

1 – в песчаных грунтах, 2 – в супесчаных грунтах, 3 – в суглинках и глинах

Наличие в грунте пор различного размера определяет различную высоту заполнения пор над УГВ. Это определяет сложную форму эпюры изменения влажности в этой зоне. Верхняя граница капиллярной каймы не имеет ступенчатого вида, является как бы «размытой» по высоте. В крупнозернистых песчаных грунтах граница капиллярной каймы является более ярко выраженной, в тяжелых суглинках и глинах эта граница носит весьма условный характер.

Для характеристики капиллярных свойства грунтов используется понятие **высота капиллярного поднятия  $h_k$** . В крупнозернистых

грунтах, где размеры пор относительно крупные, влияние сил поверхностного натяжения меньше, величина  $h_k$  составляет 5-10см; в мелкозернистых грунтах влияние сил поверхностного натяжения больше и величина  $h_k$  может достигать нескольких метров. Ориентировочные значения  $h_k$  представлены в таблице 2.1.

**Морозное пучение грунтов.** При отрицательных температурах вода, содержащаяся в порах грунта, замерзает, превращается в лед, расширяется. При этом возможно расширение пор, а значит увеличение объема грунта. Как следствие возникает воздействие на объекты (фундаменты зданий, сооружений, трубопроводы, дрены) находящиеся в зоне промерзания воды в грунте. Как следствие, может происходить непрогнозируемое и неравномерное смещение объектов в горизонтальном и вертикальном направлении. После оттаивания грунта воздействие на объекты прекращается до наступления следующего морозного периода.

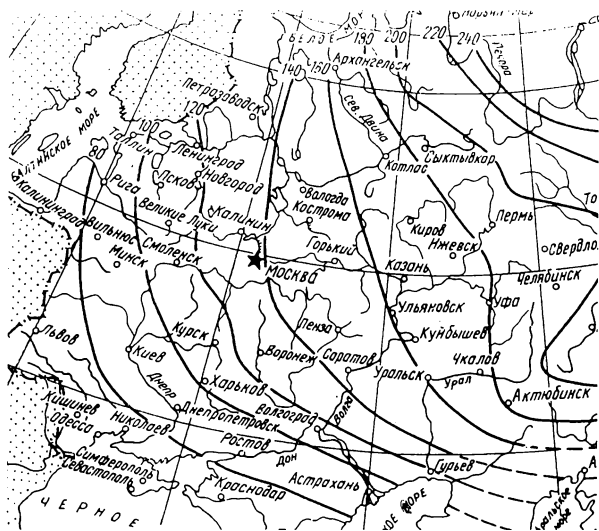


Рис. 2.3. Фрагмент схемы нормативных глубин промерзания

Применительно к дренажу, негативные последствия промерзания грунтов могут проявиться в виде изменения положения дрены в вертикальной плоскости, что обусловит возможность локального уменьшения уклона дрен (вплоть до образования обратного уклона) с последующим заилиением и потерей работоспособности.

Интенсивность процесса морозного пучения зависит от вида грунта, степени насыщенности пор грунта водой и климатических условий. Наиболее «пучинистоопасными» являются мелкозернистые пылеватые пески, супеси, легкие суглинки. Наибольшую опасность представляет ситуация при которой выше перечисленные грунты

в зоне промерзания насыщены водой. Размер зоны промерзания в вертикальной плоскости характеризуется показателем **глубина промерзания**. Значение глубины промерзания для конкретного объекта определяется по результатам гидрогеологических изысканий или по справочной литературе.

На схеме нормативных глубин промерзания (рис. 2.3) показано распределение по территории северо-западной части РФ и прилегающих регионов зон с одинаковой глубиной промерзания в суглинистых грунтах, которая принята за нормативную глубину промерзания. Для региона Ленинградской области эта величина равняется 1,2м. Для определения расчетной глубины промерзания в песчаных или супесчаных грунтах значение нормативной глубины промерзания умножается на повышающий коэффициент.

Для г.Санкт-Петербург расчетная глубина промерзания составляет: для глин и суглинков – 1,2м; для супесей, пылеватых и мелкозернистых песков – 1,45м; для средне и крупнозернистых песков – 1,55м [6].

## 2.2. Движение воды в грунте

**2.2.1. Движение вод в зоне аэрации.** При выпадении на поверхность земли осадков в виде дождя происходит перераспределение вод:

- часть вод стекает по поверхности земли, образуя **поверхностный сток** – эта часть тем больше, чем больше уклон поверхности земли и чем более «гладким» является состояние поверхности земли;
- часть вод испаряется с поверхности земли – эта составляющая возрастает с увеличением температуры воздуха;
- часть вод потребляется растениями (транспирация);
- часть вод впитывается в верхние слои грунта – эта составляющая зависит от свойств грунта (в крупнозернистых грунтах впитывание происходит значительно интенсивней).

Проникновение атмосферных и поверхностных вод в верхние слои грунта называется **инфильтрацией**. Количественно процесс определяется **интенсивностью инфильтрации**  $q$ ,  $q = I / t$  (где  $I = OC - IC - PC$ ;  $I$  – слой инфильтрационных вод;  $OC$  – слой осадков;  $IC$  – слой воды, расходуемый на испарение и транспирацию;  $PC$  – слой воды, образующий поверхностный сток;  $t$  – расчетный период времени).

Значения величины  $q$ , приведенные в различных источниках, существенно отличаются:

- для расчета дренажей в промышленном и гражданском строительстве на территории г.Санкт-Петербург рекомендуется использовать значение  $0,00246-0,00129 \text{ м}^3/\text{сут}$  [5]; в [2] эта величина оценивается  $0,002 - 0,0034 \text{ м}^3/\text{сут}$ ;
- для расчета сельскохозяйственных дренажей в условиях Северо-Запада РФ –  $0,002-0,014 \text{ м}^3/\text{сут}$  [7].

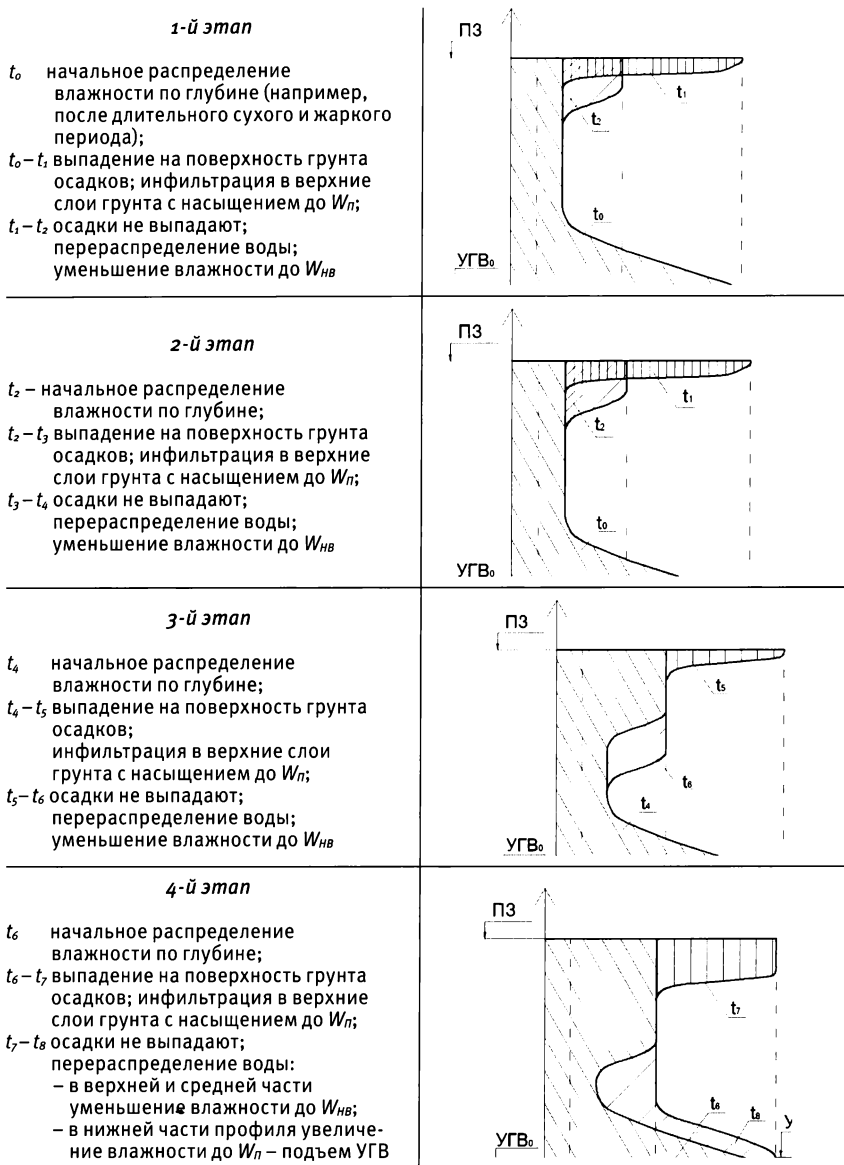


Рис. 2.4. Схема движения вод в зоне аэрации.

$W_M$  – молекулярная влажность;  $W_{HB}$  – влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости;  $W_n$  – влажность, соответствующая полной влагоемкости; ПЗ – поверхность земли; УГВ<sub>0</sub> – уровень грунтовых вод начальный; УГВ<sub>1</sub> – уровень грунтовых вод по окончании рассматриваемого периода

Причинами меньшего впитывания поверхностных вод в грунт на объектах ПГС являются организация рельефа, мощение территорий и наличие сети дождевой канализации. В условиях менее организованного рельефа, отсутствия мощения, значительно меньшей степени канализованности, что характерно для объектов сельскохозяйственного назначения, впитывание поверхностных вод в грунт возрастает.

В зоне аэрации движение воды происходит не только под влиянием сил тяжести, важную роль играет наличие градиентов влажности. Движение может быть описано уравнением в частных производных второго порядка.

Упрощенная схема движения вод в зоне аэрации представлена на рис. 2.4. Рассмотренная схема позволяет сделать выводы:

- при насыщении зоны аэрации менее влажности  $W_{НВ}$  выпадение дождя на поверхность земли приводит к повышению влажности в зоне аэрации, при этом подъем УГВ не происходит;
- при насыщении зоны аэрации до влажности  $W_{НВ}$  выпадения дождя на поверхность земли приводит к подъему УГВ.

**2.2.2. Движение воды в зоне грунтовых вод.** Количество воды  $Q$ , протекающей через поперечное сечение грунта в единицу времени, пропорционально площади поперечного сечения  $\omega = b \times h$ , коэффициенту фильтрации  $k$  и гидравлическому уклону  $J$ .

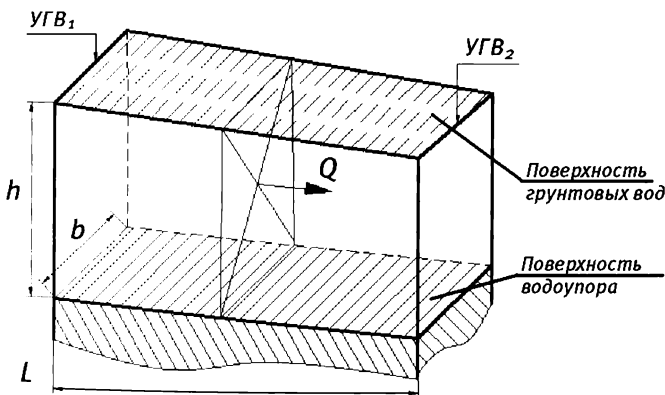


Рис. 2.5. Движение грунтовых вод

$h$  — мощность водоносного слоя;  $b$  — ширина потока;  
 $Q$  — расход потока грунтовых вод;  $УГВ_1, УГВ_2$  — отметки уровня грунтовых вод в начале и конце рассматриваемого участка

Это выражается **формулой расхода потока грунтовых вод  $Q$** :

$$Q = \omega \times k \times J \quad 2.1$$

Следует отметить, что площадь поперечного сечения  $\omega$  включает в себя площадь пор и площадь частиц грунта в рассматриваемом сечении.

**Гидравлическим уклоном (градиентом напора)  $J$**  грунтового потока называется отношение разности отметок уровней в начале и в конце грунтового потока к длине пути фильтрации  $L$ , на котором происходит это изменение  $\Delta H$

$$J = \Delta H / L$$

Если разделить обе части уравнения 2.1 на  $\omega$  – получим скорость потока грунтовых вод  $v$

$$v = Q / \omega \quad 2.2$$

$$v = k \times J \quad 2.3$$

Из этого следует определение скорости фильтрации: **скорость фильтрации  $v$**  — скорость, с которой двигалась бы вода в грунте при условии пропуска фильтрационного расхода  $Q$  через суммарное сечение пор и частиц грунта.

Скорость фильтрации является условным показателем, поскольку реальное движение грунтовых вод происходит только через поры грунта. Реальная скорость движения подземных вод будет больше скорости фильтрации.

Зависимость (2.3) представляет основной закон фильтрации, или **закон Дарси**. Он показывает, что для данного грунта с коэффициентом фильтрации  $k$  скорость фильтрации прямо пропорциональна уклону  $J$ .

При  $J = 1$  значение  $v = k$ , из чего следует одно из определений **коэффициента фильтрации** – скорость фильтрации при единичном градиенте (уклоне). Коэффициент фильтрации, имеющий размерность скорости, служит важнейшей характеристикой грунта, определяющей его водопроницаемость. В инженерной практике применяется размерность м/сут. Ориентировочные значения коэффициента фильтрации  $k$  представлены в таблице 2.1.

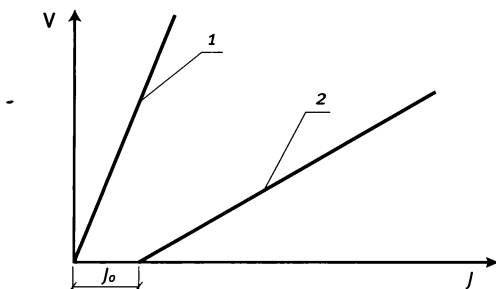


Рис. 2.6. Зависимость  $V=f(J)$  для легких (1) и тяжелых грунтов (2)

В соответствии с 2.3 скорость фильтрации  $v$  прямо пропорциональна градиенту напора  $J$  и данная закономерность хорошо описывает процесс фильтрации в песках, супесях, легких суглинках. В тяжелых грунтах (глины, тяжелые суглинки) более подходит зависимость

$$v = k (J - J_0) \quad 2.3$$

В соответствии с 2.4 для начала процесса фильтрации необходимо наличие **начального градиента фильтрации**  $J_0$ . Для песков  $J_0$  практически равен нулю, для суглинков и глин может достигать нескольких единиц и даже десятков.

Табл. 2.1. Примерные значения коэффициента фильтрации и высоты капиллярного поднятия

Грунт	Коэффициент фильтрации, м/сут	Высота капиллярного поднятия, м
Торф верховой Торф низинный	0,01...0,5 0,01...1,0	0,30 – 2,50
Песок крупнозернистый	15...50	0,02...0,05
Песок среднезернистый	5...20	
Песок мелкозернистый	1...5	
Песок пылеватый	0,5...1	
Супесь	0.1...0.5	0,70...1,20
Суглинок	0,05...0.1	0,40...3,00
Глина	0.01	0,50...4,00

**Водоупор.** Различают два понятия: абсолютный и относительный водоупор. Под абсолютным водоупором понимают некоторый слой грунта с коэффициентом фильтрации  $k$  равным нулю. В естественных условиях такие грунты не существуют.

В реальных условиях геологическое строение представляет чередование слоев грунта различной толщины с различными воднофизическими свойствами. Наиболее характерно такое строение для Карельского перешейка Ленинградской области, где в пределах глубины 10м может содержаться до 8-10 слоев грунта (рис. 2.7).

В инженерной практике под термином водоупор понимают относительный водоупор – границу двух слоев грунта, величины коэффициентов фильтрации которых отличаются более чем в 20 раз. При этом мощность водоупора (слабоводопроницаемого слоя) должна быть существенна – не меньше 0,5-1м.

Применительно к рисунку 2.7 – для слоя песка (слой 1 и слой 2 с коэффициентами фильтрации 0,7 и 1,1<sup>м</sup>/сут) за относительный водоупор может быть принят слой суглинка (слой 5, 9, 8 с коэффициентами фильтрации 0,01-0,04<sup>м</sup>/сут). Слой песка 4 может считаться заключенным между двумя водоупорами (слои суглинка 8 и 6).

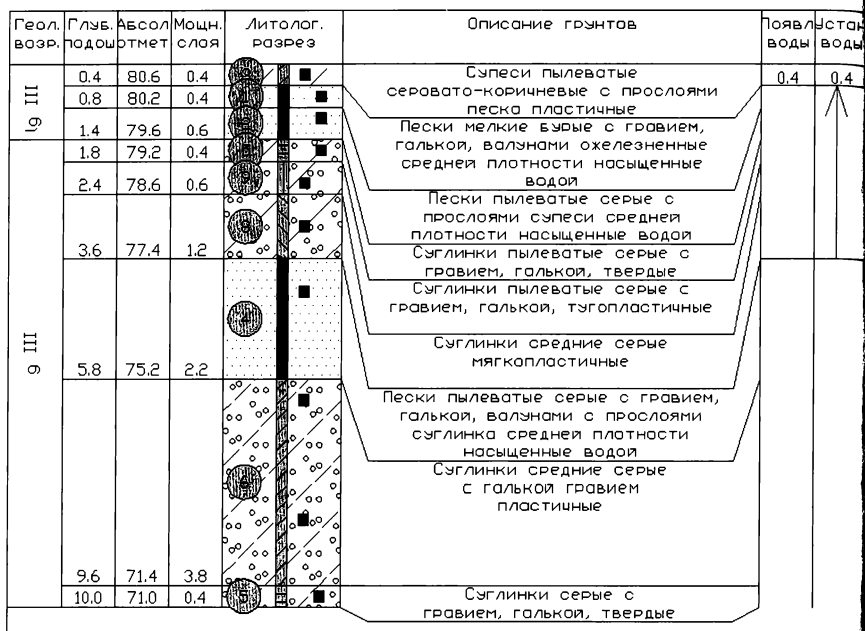


Рис. 2.7. Пример геологического строения грунта на осушаемом участке

### 3. ЗАДАЧИ ВОДОПОНИЖЕНИЯ. НОРМА ОСУШЕНИЯ

В целях нормирования положения уровня грунтовых вод относительно поверхности земли в условиях различного вида использования территории и при наличии подземных сооружений различных конструкций введено понятие **норма осушения** – минимальная глубина залегания грунтовых вод, гарантирующих нормальные условия эксплуатации территорий и подземных сооружений.

Для общей оценки гидрогеологических условий территории используется понятие **общей нормы осушения**. В соответствии с [1] значение нормы осушения (общей), т.е. глубины понижения грунтовых вод, считая от проектной отметки территории, рекомендуется принимать по таблице 3.1 в зависимости от характера застройки защищаемой территории. При этом не указана зависимость значения нормы осушения от водно-физических свойств грунта.

Табл. 3.1. Значения общей нормы осушения

	Характер застройки	Норма осушения, м
1	Территории крупных промышленных зон и комплексов	15
2	Городские промышленные зоны, коммунально-складские зоны, центры крупных и больших городов	5
3	Селитебные территории городов и сельских населенных пунктов	2
4	Территории спортивно-оздоровительных объектов и учреждений обслуживания зон отдыха	1
5	Зоны рекреационного и защитного назначения (зеленые насаждения общего пользования, парки, санитарно-защитные зоны)	1

В [2] указывается на необходимость учета воднофизических свойств грунтов – «при защите от подземных вод заглубленных сооружений пониженный уровень грунтовых вод должен находиться ниже основания этих сооружений не менее чем на высоту капиллярного поднятия воды в осушаемых грунтах».

Там же [2] указывается: «Под зданиями и сооружениями уровень грунтовых вод должен располагаться ниже отметки заложения подошвы фундаментов не менее чем на 0,5м. При этом защита фундаментов и подвалов от капиллярной влаги осуществляется путем устройства соответствующей гидроизоляции».

Существует мнение, что строгое выполнение требований указанных в таблице 3.1. с учетом [2] в условиях Северо-Запада РФ, например г. Санкт-Петербурге, возможно, но требует несоизмеримых материальных затрат [13].

Для условий г. Санкт-Петербург [5] «норму осушения для зданий подвальными помещениями и техническими подпольями следует принимать 0,30м, исчисляя от отметки пола этих помещений и подполий»

В практике ориентируются на значения *локальных норм осушения*. Рекомендуемые значения нормы осушения [8] для различных типов территорий и застройки приведены в таблице 3.2.

Табл. 3.2. Рекомендуемые значения локальных норм осушения

	Характер территории / застройки	Норма осушения, м
1	Здания и сооружения с подвальными помещениями	0,5 – 1 от пола подвала
2	Здания и сооружения без подвалов	0,5 от подошвы фундамента
3	Проезжая часть улиц, площадей	0,5 от подстиляющего слоя дорожной одежды
4	Зеленые насаждения общего пользования: – Древесные насаждения – Газоны	1 – 2 0,5 – 1
5	Стадионы	0,5 – 1

Для садово-парковых территорий норма осушения определяется оптимальными условиями развития конкретного вида растительности и условиями производства садовых работ на этих площадях.

Нормы осушения сельскохозяйственных земель определяются в зависимости от вида грунтов, сельскохозяйственных культур, расчетного периода [3, 11]. Выделяют два расчетных периода работы дренажа: предпосевной и вегетационный. В предпосевной период дренаж должен обеспечить работу сельскохозяйственной техники, в вегетационный период – условия развития сельскохозяйственных культур. Ориентировочные значения норм осушения для различных севооборотов в условиях Северо-Запада РФ приведены в таблице 3.3 (меньшие значения соответствуют хорошо водопроницаемым грунтам – пески, легкие супеси; большие значения – менее водопроницаемым грунтам – суглинки, сильноразложившийся торф).

Высота насыпи земляного полотна дороги, или так называемая руководящая (рекомендуемая) рабочая отметка, обеспечивающая нормальные условия эксплуатации дороги, зависит от климатических условий района строительства и свойств грунтов.

Глубина до уровня грунтовых вод от поверхности дорожной одежды улиц, площадей, пешеходных путей и других плоскостных сооружений назначается исходя из требования устойчивости дорожной одежды.

**Табл. 3.3.** Ориентировочные значения норм осушения сельскохозяйственных земель

Виды севооборотов	Средние нормы осушения, м	
	предпосевной период	вегетационный период
Сенокосы (травы на сено)	0,4-0,6	0,6-0,8
Пастбища (травы на выпас)	0,5-0,6	0,7-0,9
Полевые (зерновые) севообороты	0,5-0,7	0,7-1,0
Овощные севообороты	0,5-0,7	0,8-1,1
Кормовые севообороты	0,6-0,8	0,9-1,1

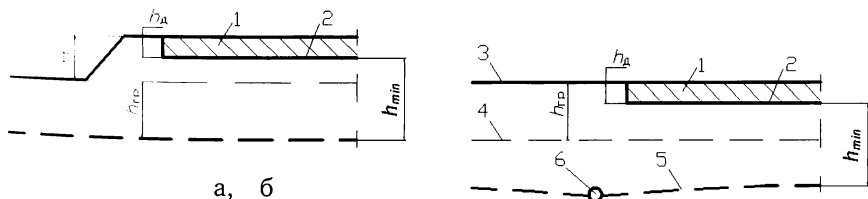
Для обеспечения нормальных условий эксплуатации дорог в соответствии со [4] возвышение поверхности верха дорожного слоя над уровнем грунтовых вод должно соответствовать требованиям табл. 3.4, в зависимости от дорожно-климатических зон (рис. 3.2).

Как видно из данных, приведенных в таблице 3.4, высоту насыпи принимают большей для более влажных климатических зон и для грунтов, обладающих большей капиллярностью и пучинистостью.

На рисунке 3.1 представлена схема обеспечения необходимого возвышение покрытия дорог над уровнем грунтовых вод:

а – создание насыпи;

б – понижение УГВ путем строительства дренажа.



**Рис. 3.1.** Минимальное возвышение покрытия дорог над уровнем грунтовых вод.

1 – дорожная одежда; 2 – покрытие дорожного слоя; 3 – поверхность земли; 4 – естественный уровень грунтовых вод; 5 – пониженный уровень грунтовых вод; 6 – дрена.  $H$  – высота насыпи,  $h_d$  – толщина дорожной одежды;  $h_{гв}$  – глубина естественного уровня грунтовых вод;  $h_{мин}$  – минимальная высота покрытия дорожного слоя над уровнем грунтовых вод

Табл. 3.4. Наименьшее возвышение поверхности дорожного слоя

Грунт рабочего покрытия	Наименьшее возвышение поверхности дорожного слоя $h_{min}$ в пределах климатических зон, м	
	II	III
Песок мелкий, супесь легкая крупная	1.1	0.9
Песок пылеватый, супесь пылеватая	1.5	1.2
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий, тяжелый пылеватый	2.4	2.1

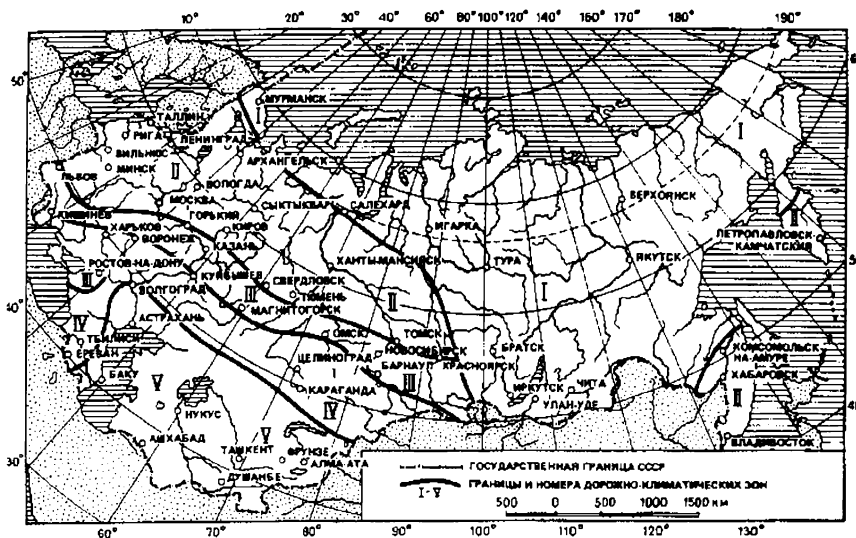


Рис. 3.2. Схема расположения дорожно-климатических зон

Нормы осушения на сопряженных городских, сельскохозяйственных и других территориях, используемых различными землепользователями, определяются с учетом требований каждого землепользователя.

Термин «норма осушения» можно считать критерием оценки степени подтопления. Объекты и территории следует считать подтопленными грунтовыми водами, если глубина от поверхности земли (от планировочных отметок, от основания сооружения) до уровня грунтовых вод меньше величины нормы осушения соответствующей данному виду использования территории или данному типу сооружения.

## 4. ПРИЧИНЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

В большинстве случаев переувлажнение территории является следствием некоторой комбинацией причин, которые в общем случае могут быть естественными (природными) и искусственными (антропогенными, техногенными – связанными с деятельностью человека). Разнообразие причин переувлажнения с учетом индивидуальности архитектурно-планировочного решения на каждом объекте коттеджного или ландшафтного строительства делает разработку системы водопонижения уникальной задачей для каждого участка.

Определение причин переувлажнения, расположения зон подтопления земель является необходимым и значимым этапом в разработке системы водопонижения. На основании выявления причин переувлажнения возможна разработка эффективной и экономичной конструкции дренажей.

Следует отметить, что с практической точки зрения, классификация причин переувлажнения не является актуальной. Актуальной является задача схематизации условий водного питания объекта, определения приоритетов в причинах подтопления, что является основанием для разработки рациональной системы водопонижения.

### 4.1. Естественные причины подтопления

Среди естественных причин можно выделить *локальные* и *региональные* причины.

Региональной естественной причиной переувлажнения земель и подтопления территорий для Северо-Западного региона РФ является превышение суммарного количества осадков за год над суммарным испарением и транспирацией (потребления воды растениями).

Среди локальных причин можно выделить *геологические, топографические, гидрологические* причины переувлажнения.

*Геологические* причины переувлажнения – особенности геологического строения от поверхности до глубины 6-10м (применительно к ландшафтному строительству). Количество слоев грунта и водно-физические характеристики каждого слоя могут варьироваться в широком диапазоне (рис. 2.7).

Например, на Карельском перешейке (Ленинградская область) количество слоев в пределах глубин 6-10м может достигать 8-10; а коэффициенты фильтрации каждого слоя могут изменяться от 0,001 до

50<sup>м</sup>/сут. При этом на расстоянии в несколько десятков метров геологические профили могут значительно отличаться (рис. 7.5).

**Топографические** причины переувлажнения – особенности рельефа территории строительства. Наличие холмов и возвышенных гряд, разделенных ложбинами и тальвегами, естественные террасы, замкнутые понижения и речные долины – все эти элементы рельефа придают особую привлекательность территории как объекту ландшафтного строительства (примером этого является Карельский перешеек), но при этом значительно возрастает сложность инженерного освоения территории. Задачи водопонижения и водоотведения особенно актуальны в пониженных частях рельефа, где концентрируется сток поверхностных и грунтовых вод.

**Гидрологические** причины переувлажнения – влияние естественной гидрографической сети (рек, ручьев, озер и т.д.) на водный режим прилегающей территории. В первую очередь – подпор грунтовых вод территории водами водоприемника.

Поскольку, с практической точки зрения, наиболее актуальной является задача схематизации природных условий, рассмотрим наиболее распространенные схемы образования зон подтопления под воздействием природных факторов, представленные на рис. 4.1.

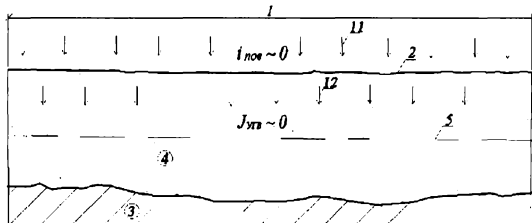
**Равнинные территории с минимальными уклонами поверхности земли и УГВ** (рис. 4.1.а). При малых уклонах поверхности отсутствует поверхностный сток, как следствие, увеличение инфильтрации в грунт. При малых уклонах УГВ движение грунтовых вод практически отсутствует. В результате влияния двух этих факторов, даже при хорошо водопроницаемых грунтах, образуются зоны подтопления.

**«Верховодка»** (рис. 4.1.б). При наличии вблизи от поверхности грунта линз из слабопроницаемых грунтов образуется «верховодка» – первый от поверхности горизонт грунтовых вод, который характеризуется локальным распространением (над линзой) и изменчивостью во времени (приурочено к многоводным периодам). В результате периодически (после снеготаяния или затяжных дождей) образуются локальные зоны подтопления с размерами по поверхности от десятков до сотен метров.

1. Схемы образования зон подтопления под воздействием природных факторов:

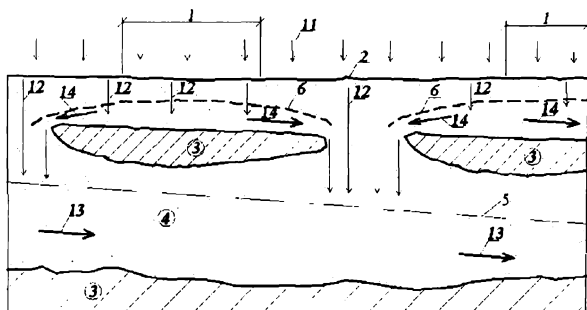
а.

Равнинные территории с минимальными уклонами поверхности и УГВ



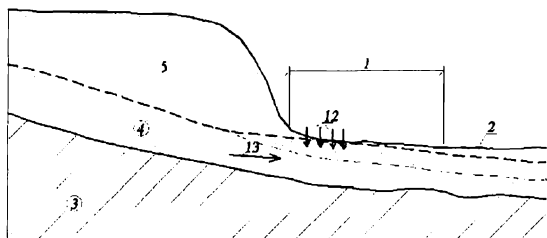
б.

«Верховодка»



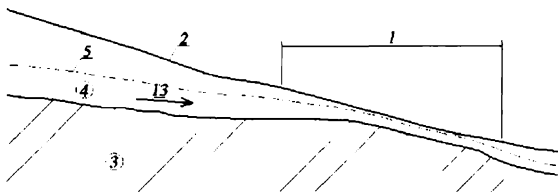
в.

Территории у подножья склона



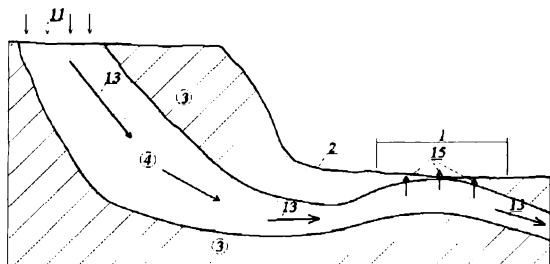
г.

Зона подтопления на склоне

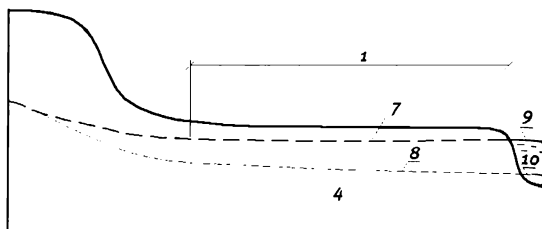


д.

Напорные грунтовые воды

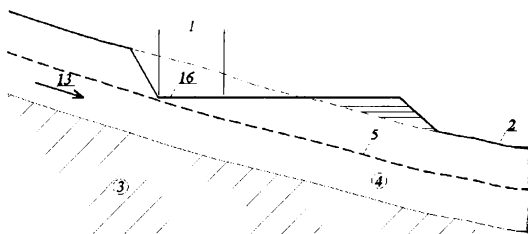


е.  
Влияние  
уровня воды  
в естествен-  
ных водотоках

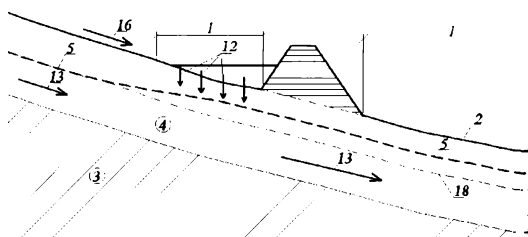


2. Схемы образования зон подтопления под воздействием техногенных факторов

ж.  
Преобра-  
зование  
рельефа



з. Создание  
сооружений-  
преград на пути  
естественного  
движения поверх-  
ностных вод



и. Создание  
сооружений-  
преград на пути  
естественного  
движения грунто-  
вых вод

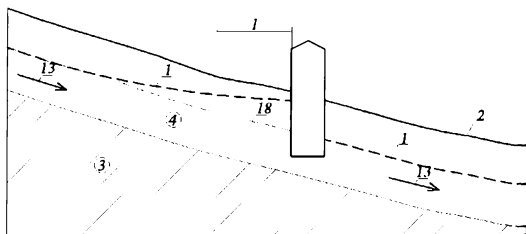


Рис. 4.1. Схемы образования зон подтопления территорий.

1 – поверхность земли; 2 – зона подтопления; 3 – слабоводопроницаемый грунт; 4 – хорошо водопроницаемый грунт; 5 – УГВ; 6 – УГВ «верховодки»; 7 – УГВ при повышенных уровнях воды в реке; 8 – УГВ при бытовом уровне воды в реке; 9 – уровень воды в реке в паводок; 10 – уровень воды в реке в межень; 11 – выпадение дождя; 12 – инфильтрация; 13 – движение потока грунтовых вод; 14 – движение вод «верховодки»; 15 – движение грунтово-напорных вод; 16 – движение поверхностных вод; 17 – планировочная отметка; 18 – УГВ до строительства.

*Территории у подножья склона* (рис. 4.1.в). У подножья склона происходит замедление поверхностного стока, движущегося по склону с большой скоростью с вышележащей террасы, как следствие – большее количество воды впитывается в грунт, глубина потока грунтовых вод возрастает, УГВ приближается к поверхности земли. Одновременно происходит подпор потока грунтовых вод, движущегося с вышележащих территорий. В результате создаются условия образования зоны подтопления у подножья склона, вплоть до образования родников.

*Зона подтопления на склоне* (рис. 4.1.г). Особенности геологического строения – слой слабопроницаемого грунта располагается вблизи от дневной поверхности в средней части достаточно крутого склона. В результате УГВ, располагающийся над водоупорным слоем, приближается к дневной поверхности, вплоть до выхода на поверхность с образованием родников.

*Напорные грунтовые воды* (рис. 4.1.д). Водосбор, являющийся областью питания хорошо водопроницаемого слоя грунта (слой 4), располагается на высоко расположенных территориях. На ниже лежащих территориях в слое 4, заключенном между слоями 3 (слои с низкими фильтрационными свойствами), повышается давление воды – происходит образование напорных грунтовых вод.

На ниже лежащих территориях возможно образования вертикального движения воды из слоя 4 через слой 3 вверх к дневной поверхности земли. При уменьшении мощности слоя 3, интенсивность этого явления возрастает, вплоть до выхода на поверхность с образованием открытого зеркала воды. В этом случае говорят, что зона подтопления образовалась как следствие наличия напорных грунтовых вод.

*Влияние уровня воды в естественных водотоках* (рис. 4.1.е). На территориях прилегающих к естественным водотокам режим УГВ непосредственно зависит от режима уровней воды в водотоке. Повышение этих уровней, особенно продолжительное по времени, является причиной повышения УГВ и образования зоны подтопления на прибрежной территории.

#### **4.2. Искусственные причины подтопления территорий**

В этой группе причин можно выделить следующие: преобразование рельефа, создание сооружений на пути естественного движения поверхностных и грунтовых вод, влияние уровня воды в искусственных водоемах, утечки жидкости из трубопроводов и каналов.

*Преобразование рельефа* (рис. 4.1.ж). В результате работ по организации рельефа и вертикальной планировке, предусматривающих значительное понижение проектных отметок по отношению к исходному рельефу, УГВ может оказаться на глубине меньшей, чем глубина соответствующая норме осушения.

**Создание сооружений-преград на пути естественного движения поверхностных вод** (рис. 4.1.з). До строительства сооружения поверхностный сток перемещался по поверхности склона с достаточно большой скоростью, обеспечивающей минимальное впитывание в грунт подпитку УГВ. После строительства сооружения поверхностный сток концентрируется у верхней границы сооружения. В результате значительно увеличивается впитывание воды в грунт и происходит подъем УГВ под сооружением и ниже по склону.

**Создание сооружений-преград на пути естественного движения грунтовых вод** (рис. 4.1.и). После строительства сооружения с глубокой подземной частью (ниже естественного УГВ) поток грунтовых вод становится «подпертым подземной плотиной». В результате у верхней границы сооружения УГВ поднимается, создаются предпосылки для появления зоны подтопления.

Кроме образования зоны подтопления вдоль верхней границы сооружения создаются предпосылки для возникновения контактной фильтрации вдоль подземного контура сооружения, процесса суффозии.

**Влияние уровня воды в искусственных водоемах.** Комментарии аналогичны соответствующему пункту, описывающему естественные причины. Отличие в том, что подъем уровня воды вызван строительством ниже по течению плотин, дамб, сооружений, сужение русла реки и каналов.

**Утечки жидкости из трубопроводов.** Утечки воды из водопроводно-канализационных сооружений и водостоков может являться причиной повышения УГВ, особенно в городских условиях.

## 5. КОНСТРУКЦИЯ ДРЕН

На участках территории подверженных подтоплению для понижения уровня грунтовых вод на необходимую глубину из водонасыщенного слоя грунта должно быть удалено излишнее количество воды. Для отвода воды в грунте на необходимой глубине устраивают осушительные элементы – **дрены** (каналы-осушители), в которые поступают грунтовые воды. Дренажные воды (грунтовые воды, поступившие в дрены) поступают в транспортирующие элементы, предназначенные для быстрого вывода дренажных вод за пределы осушаемой территории в водоприемники – водоотводящие **коллекторы**. Транспортирующие элементы предназначены для быстрого вывода дренажных вод за пределы осушаемой территории в **водоприемники**. В качестве водоприемников могут быть использованы элементы естественной гидрографической сети (ручьи, реки, озера, овраги) или элементы искусственной сети (каналы, водохранилища, закрытая канализационная сеть).

Совокупность рабочих элементов – дрен, транспортирующих элементов – коллекторов и сопрягающих элементов, в общем случае, составляет осушительную дренажную систему.

В данном разделе рассматривается конструкция дрен – основных рабочих элементов дренажных систем.

### 5.1. Классификация конструкций дрен

Основные критерии классификации конструктивных особенностей дрен:

- направление движения воды в дренах;
- доступность с дневной поверхности земли;
- материал, из которого изготовлены дренажные трубы;
- гидродинамическое несовершенство подземных дренажей;
- несовершенство дрен по водоприемной способности;
- способы предотвращения заилиения дренажа;
- расположение в плане.

По направлению движения воды в дренажах различают:

- **горизонтальные дрены** – движение воды безнапорное, практически горизонтальное (в соответствии с продольным уклоном);
- **вертикальные дрены** – движение воды напорное, как правило, вертикально вверх, с использованием насосов.

В зависимости от доступности с дневной поверхности земли различают:

- **открытые дрены** – открытые с дневной поверхности земли каналы и лотки;
- **закрытые дрены** – закрытые с дневной поверхности земли расположенные под поверхностью земли.

В закрытых дренах движение воды происходит по искусственно созданным внутри толщи грунта пустотам и полостям. Большинство конструкций предполагает использование в качестве искусственных полостей перфорированных труб – **трубчатых дрен**.

Существуют конструкции, где движение воды происходит по порам крупнозернистого, хорошо фильтрующего материала (крупнозернистый песок, гравий, щебень) уложенного в грунт. В этом случае отсутствует полость, в которой происходит движение воды, а конструкция называется – **безполостная дрена**.

По расположению в плане дрены можно разделить на **линейные дрены** (дренажные линии), имеющие протяженность до 100-200м по ширине дренажной линии 0,4-0,6м и **пластовые дрены** с шириной до нескольких десятков метров.

Трубчатые дрены различаются **по материалу**, из которого изготовлены трубы. Наиболее популярными в ландшафтном строительстве настоящее время являются **пластмассовые трубы**. В промышленном и гражданском строительстве широко используются, как в прошлом, так и в настоящее время, **асбестоцементные трубы**. В особых случаях используются **чугунные, бетонные, керамические** трубы. В прошлом в сельскохозяйственных дренажах повсеместно использовались **гофрированные** трубы, также использовались **деревянные** (дощатые) дренажи.

Взаимное расположение дрены и водоупора определяет степень гидродинамического несовершенства дрены по вскрытию водоносного горизонта. Дрена, расположенная на водоупоре, является **совершенной**; в отличие от **несовершенной** дрены, расположенной выше водоупора.

Суммарная площадь водопропускных отверстий (на единицу длины трубчатой дрены) является критерием **несовершенства дрены по водоприемной способности**. Если водопропускные отверстия распределены по длине и по окружности трубы неравномерно, а их общая площадь мала, то такая дрена является несовершенной по водоприемной способности.

Конструкции закрытых дрен отличаются в зависимости от способа **предотвращения заиления дренажа**.

## 5.2. Открытые линейные дрены

**Открытые дрены** – открытые каналы представляет собой простейший тип дрен. Каналы выполняются, как правило, в виде трапециевидных каналов (рис. 5.1). Ширина каналов по дну во много

определяется технологией строительства и обычно равняется 0,2-0,4м. Глубина каналов до 2м, минимальный уклон 0,0005, длина до 1,5км, заложение откосов – в зависимости от их глубины и характера вскрываемых грунтов (таблица 5.1). Глубина воды в канале, в общем случае, определяется гидравлическим расчетом, но при небольшой водосборной площади (менее 1га) глубина будет незначительна.

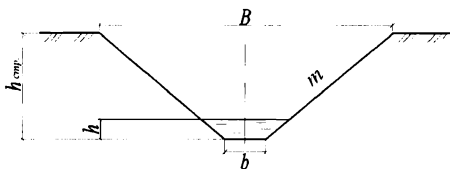


Рис. 5.1. Схема конструкции открытой дрена.

$B$  – ширина канала по верху;  $b$  – ширина канала по дну;  $h$  – глубина воды в канале;  $h_{стр}$  – строительная глубина канала;  $m$  – заложение откоса

Дно и откосы каналов во избежание размыва и обрушения при необходимости могут быть укреплены засевом трав, мощением или бетонными плитами.

Открытые дренажи редко применяются в условиях промышленной и городской застройки, так как создают ряд существенных неудобств – уменьшение полезной площади, необходимость устройства большого количества переходов через каналы. Устройство открытых дренажей может быть использовано на внегородских территориях, при небольшой глубине понижения грунтовых вод и грунтах обеспечивающих устойчивость откосов. Целесообразно использование открытых дренажей для предварительного осушения территорий, с последующим переустройством каналов в закрытые дренажи. Преимуществом открытых дренажей является низкая стоимость строительства, простота эксплуатации, а также то, что они одновременно могут быть использованы и для организации отвода поверхностных вод.

Табл. 5.1. Значения коэффициентов заложения откосов открытых каналов

Типы грунтов	Коэффициенты заложения откосов $m$ при строительной глубине канала, м		
	0,8–1,5	1,5–2,5	2,5–3,5
Глины, тяжелые и средние суглинки	1,0	1,25	1,5
Легкие суглинки, супеси	1,25–1,5	1,5–2,0	2,0–2,25
Пылеватые суглинки, средне- и мелкозернистые пески	1,5–2,0	2,0–2,5	2,0–2,25
Мелкозернистые пылеватые пески	2,5	3,0	3,5
Торф со степенью разложения			
– до 50%	1,0–1,25	1,25–1,5	1,5–1,75
– свыше 50%	1,25–1,5	1,5–1,75	1,75–2,0

### 5.3. Закрытые линейные дрены

Закрытые **трубчатые дрены** представляют собой перфорированные трубы, уложенные на дно траншей. Обратная засыпка траншей, как правило, производится местным грунтом, либо в комбинации с хорошо фильтрующим материалом (например, крупнозернистым песком) для улучшения водопримемной способности дрен.

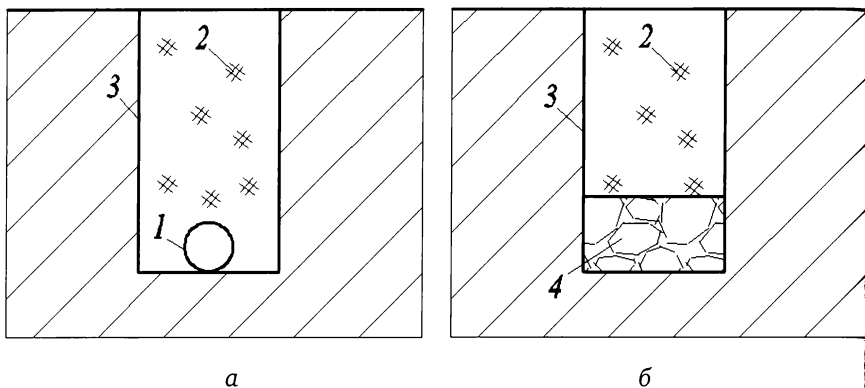


Рис. 5.2. Схема конструкций закрытых дрен.

а – закрытая трубчатая дрена; б – закрытая безполостная дрена;  
1 – перфорированная труба; 2 – обратная засыпка; 3 – траншея;  
4 – крупнозернистый материал

Глубина заложения дрен может составлять до 5-8м, минимальный продольный уклон 0,003, как исключение 0,0015-0,002; длина до нескольких сотен метров

Закрытые **безполостные дрены** представляют собой траншеи, в нижней части которых находится фильтрующая призма из хорошо фильтрующего материала (крупнозернистый песок, щебень, фашины). Применение такого типа дрен ограничено двумя обстоятельствами

- большая вероятность заиливания, а значит меньший срок эксплуатации, до 3-5 лет (использование геотекстиля в конструкции фильтрующей призмы, вероятно, позволяет увеличить срок эксплуатации);
- минимальный продольный уклон – 0,01, из чего следует значительное заглубление дрены с увеличением длины дрены.

Форму и размеры траншей для трубчатого дренажа определяют главным образом с учетом условий производства работ и конструкции дрен. Диаметры труб подбирают на основании гидравлического расчета, также могут учитываться эксплуатационные условия, например обеспечения их прочистки

#### 5.4. Материал трубчатых дрен

В настоящее время в трубчатых дренажах используются асбестоцементные, пластмассовые трубы, реже бетонные, гончарные, керамические и деревянные трубы.

**Пластмассовые трубы** начали применяться в качестве дренажных труб несколько десятилетий назад. Для их изготовления используют полиэтилен высокой (ПВП) и низкой (ПНП) плотности, а также поливинилхлорид (ПВХ).

**Гофрированные трубы** получили наибольшее распространение (рис. 5.3). При небольшой толщине стенок (0,8-1мм) они достаточно устойчивы к смятию, при этом имеют малый вес (0,18-0,59 кг/п.м) и легко транспортируются в бухтах (до 60-100м). Недостатком гофрированных труб, который может проявиться при пропуске значительных расходов (при работе почти полным сечением) является значительная шероховатость труб.

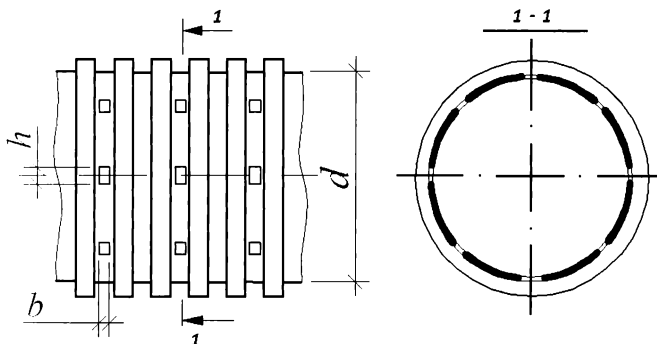


Рис. 5.3. Схема конструкции пластмассовых дренажных труб

Пластмассовые дренажные гофрированные трубы изготавливаются диаметрами от 50 до 125мм. Наиболее популярны трубы 50, 63, 110мм.

Гладкостенные дренажные трубы имеют большую толщину стенок, больший вес. В настоящее время используются в значительно меньшей степени.

Двустенные дренажные трубы являются комбинированной конструкцией – внутренняя стенка гладкая, наружная стенка гофрированная. В результате повышается прочность труб, уменьшается шероховатость, при этом увеличивается жесткость и вес труб.

Водоприемные отверстия в виде отверстий от 2х4мм до 2х30мм. Наиболее распространенной является схема равномерного расположения отверстий по периметру. Существуют схемы расположения отверстий только в нижней или в верхней части периметра.

**Асбестоцементные трубы** широко использовались и используются в качестве дренажных труб в промышленном и гражданском строительстве.

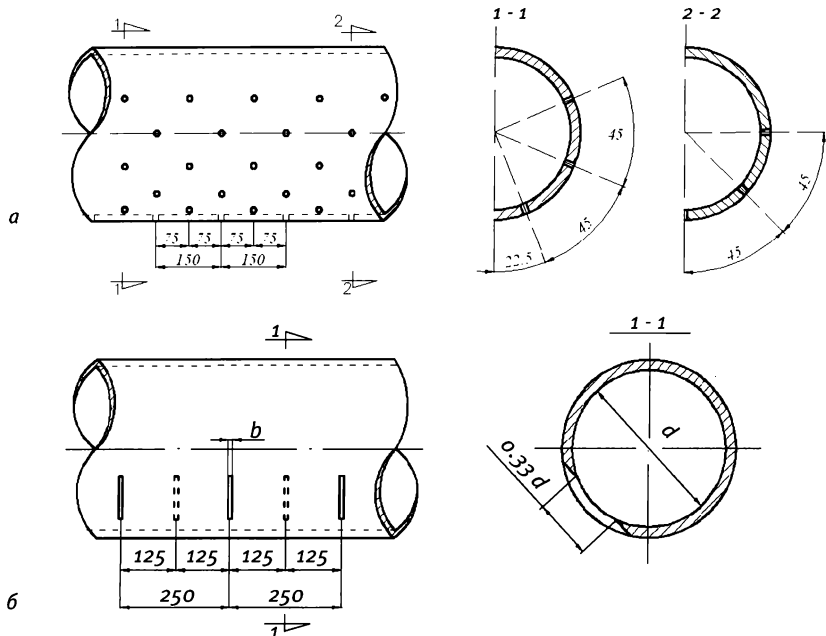


Рис. 5.4. Асбестоцементные трубы  
а – с круглыми отверстиями; б – со щелями

Применяются трубы диаметром 150мм и 200мм при длине соответственно 3м и 4м. Соединение труб выполняется с использованием асбестоцементных муфт.

Трубы изготавливаются неперфорированными. Перфорация устраивается «в условиях стройплощадки» в виде отверстий диаметром 3-5мм или прорезей, длиной равной 1/3 диаметра трубы и шириной 1,5-2мм. Отверстия устраиваются в средней и нижней части трубы с шагом 75мм, прорези устраиваются в нижней части трубы с шагом 150мм.

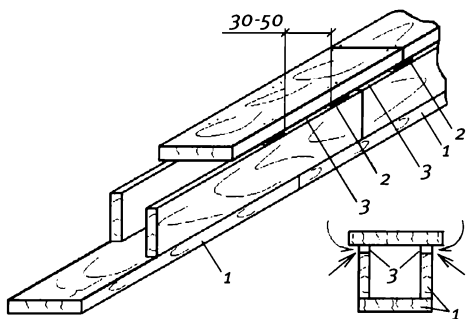


Рис. 5.5. Деревянный дренаж:  
1 – доски, 2 – прокладки; 3 – водоприемные окна

Применение **деревянных труб** (рис. 5.5) в настоящее время является достаточно редким. Это может оказаться целесообразно при наличии досок подлежащих утилизации или при дренировании торфяных почвогрунтов, где благодаря антисептическим свойствам торфа доски могут сохраняться в течение длительного срока.

## 5.5. Пластовые дрены

По расположению в плане дрены можно разделить на **линейные дрены** (дренажные линии), имеющие протяженность до 100-200м при ширине дренажной линии до 0,5м и **пластовые дрены** с шириной нескольких десятков метров.

Пластовая дрена представляет собой пласт из хорошо фильтрующего материала, который укладывается на основание под дренируемым сооружением. Фильтрующий материал пластовой дрены должен удовлетворять следующим требованиям: коэффициент фильтрации фильтрующего материала должен превышать коэффициент фильтрации дренируемого грунта не менее чем в 10 раз и быть больше  $5 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Основанию фильтрующего пласта для ускорения отвода воды придается уклон не менее 0,01. Ширина полосы фильтрующего пласта с уклоном основания 0,01 не может превышать 30м. При ширине дренируемого сооружения более 30м основанию пластовой дрены придается колообразный профиль.

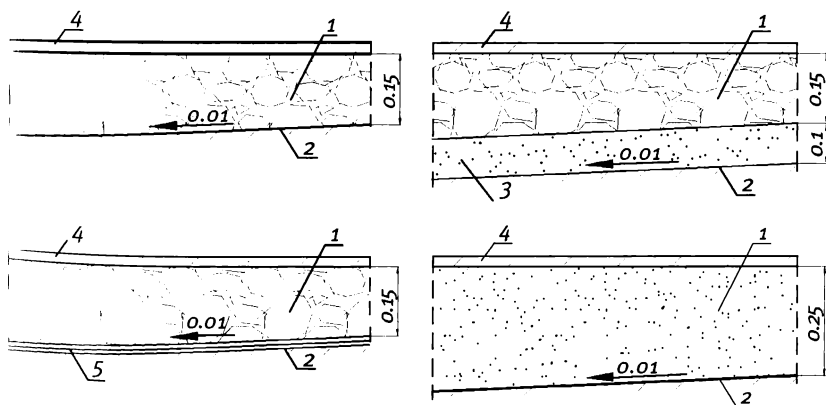


Рис. 5.6. Конструкция фильтрующего пласта:

- 1 – первый слой, 2 – основание пласта, 3 – второй слой,
- 4 – основание сооружения (пол подвала), 5 – геотекстиль

В зависимости от подстилающих грунтов фильтрующий пласт выполняется однослойным или двухслойным (рис. 5.6).

В среднезернистых и крупнозернистых песках, в скальных трещиноватых грунтах применяется однослойный фильтрующий пласт из щебня или гравия с минимальной толщиной 0,15м (рис. 5.6.а).

В мелкозернистых и пылеватых песках, супесях, суглинках, глинах применяется двухслойный фильтрующий пласт. Верхний слой выполняется из щебня или гравия с минимальной толщиной 0,15м. Нижний слой, укладываемый на дно котлована, выполняется из песка крупнозернистого с минимальной толщиной 0,1м (рис. 5.6.б). В качестве нижнего слоя может быть использован слой геотекстиля (рис. 5.6.с). Целесообразно использование геотекстиля с дренирующими свойствами для разделения слоев двухслойного фильтрующего пласта.

Возможна замена двухслойной конструкции фильтрующего пласта на однослойную конструкцию из крупнозернистого песка толщиной не менее 0,25м (рис. 5.6.д).

Устройство в качестве верхнего слоя фильтрующего пласта гравийного или щебеночного слоя дает возможность предохранять защищаемые конструкции и сооружения не только от гравитационной воды, но также и от капиллярной. Укладка таких слоев в пластовом дренаже обеспечивает разрыв капиллярной каймы (в пустотах гравия или щебня капиллярное поднятие воды отсутствует).

## 5.6. Дрены-поглотители

Дрена-поглотитель представляет собой конструкцию, реализующую функции водопонижения и сбора поверхностных вод. Конструктивно представляет собой закрытую дрена, у которой обратная засыпка строительной траншеи местным грунтом заменена засыпкой материалом высокими фильтрующими свойствами. Как правило, используется закрытая трубчатая дрена, а в качестве фильтрующего материала крупнозернистый песок или щебень (рис. 5.7).

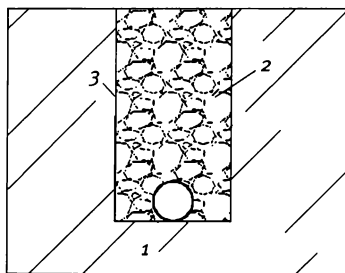


Рис. 5.7. Схема конструкции дрена-поглотителя:  
1 – дрена; 2 – фильтрующая засыпка; 3 – строительная траншея

В целях экономии засыпка фильтрующим материалом может выполняться «пунктирно» – чередование засыпки строительной траншеи

местным грунтом и засыпки фильтрующим материалом. Например, 5-6м траншеи засыпается местным грунтом, через 2-3м следующая засыпка местным грунтом и т.д. После засыпки местным грунтом производится засыпка фильтрующим материалом, при этом формируются «воронки-поглотители» длиной 2-3м через 5-6м по длине дренажа (рис. 5.8).

Дрены-поглотители трассируются в местах концентрации поверхностного стока: в тальвегах, локальных замкнутых понижениях, вдоль естественного склона или искусственного откоса. В последних случаях целесообразно вдоль низшей по склону стороны дрены-поглотителя устроить земляной валик, препятствующий прохождению поверхностного стока над дренаем (рис. 9.3).

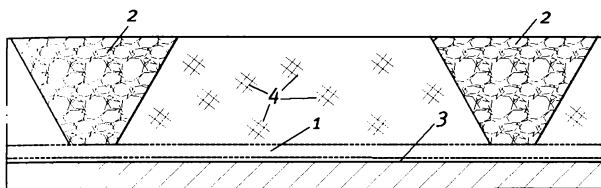
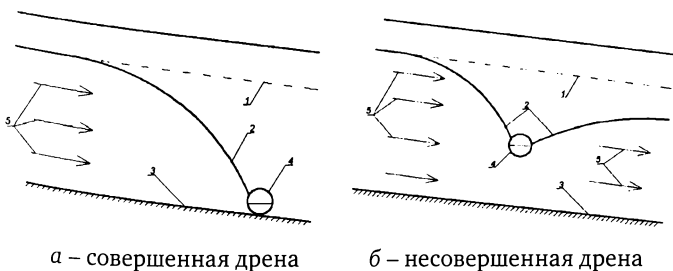


Рис. 5.8. Схема «пунктирной» конструкции дрены-поглотителя:  
1 – дрена; 2 – фильтрующая засыпка; 3 – строительная траншея;  
4 – обратная засыпка местным грунтом

### 5.7. Вскрытие водоносного пласта

По степени вскрытия дренируемого водоносного пласта (по степени гидродинамического несовершенства) различают дренажи совершенного и несовершенного типа.

Горизонтальные дренажи совершенного типа полностью вскрывают водоносные пласты и своим основанием доходят до водоупора; горизонтальные дренажи несовершенного типа вскрывают этот пласт лишь частично и не доходят своим основанием до водоупора.



а – совершенная дрена

б – несовершенная дрена

Рис. 5.9. Несовершенство дрены по вскрытию водоносного горизонта.  
1 – УГВ до устройства дрены; 2 – УГВ после устройства дрены;  
3 – водоупор; 4 – дрена; 5 – направление движения грунтовых вод

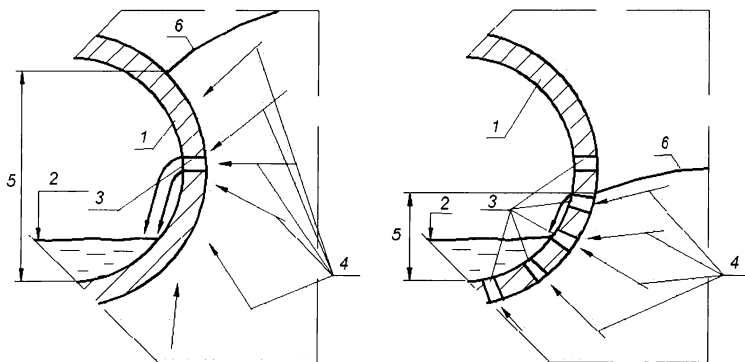
Применение дренажей совершенного типа особенно эффективно в случае, если основной причиной переувлажнения территории является приток грунтовых вод с вышележащих территорий. В этом случае устройство одной совершенной дрены может полностью решить проблему водопонижения на всем участке.

### 5.8. Водоприемная способность дрен

Для поступления грунтовых вод в дрены необходимо устройство водоприемных отверстий. В качестве водоприемных отверстий могут использоваться круглые отверстия или щелевые прорезы, зазоры на стыках труб.

Если отверстия распределены по длине и по периметру трубы неравномерно, а их общая площадь мала, то такая дрена является несовершенной по водоприемной способности. Если отверстия распределены по длине и по периметру трубы равномерно, а их общая площадь достаточно велика, то такая дрена является более совершенной по водоприемной способности.

Чем более совершенна дрена по водоприемной способности, тем проще условия входа грунтовых вод в дрена, тем меньше напор, необходимый для входа в дрена, тем меньше высота уровня грунтовых вод у дрены над лотком трубы. Количество водоприемных отверстий, их площадь и распределение должно быть таким, чтобы потери напора на вход во внутреннюю полость дренажной трубы не превышали 1 см.



а – недостаточное кол-во отверстий      б – достаточное кол-во отверстий

Рис. 5.10. Схема поступления грунтовых вод в дренажную трубу.  
 1 – дренажная труба; 2 – уровень воды в трубе; 3 – водоприемные отверстия;  
 4 – направления движения грунтовых вод; 5 – высота уровня грунтовых вод у дрены над лотком трубы; 6 – уровень грунтовых вод

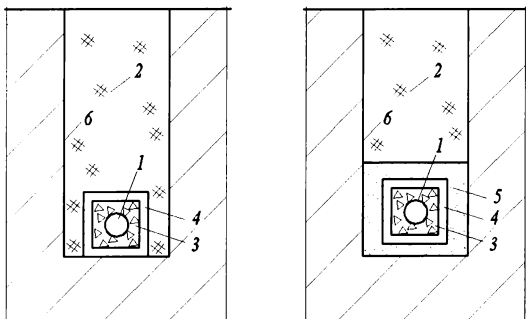
Наименее совершенными по данному критерию являются керамические, бетонные, чугунные трубы, используемые в качестве дрен с подступлением воды через стыки труб; наиболее совершенными являются безполостные дрены.

### 5.9. Защита дрен от заиливания

Вместе с грунтовыми водами через перфорацию в полость дренажной трубы поступают мелкие частицы грунта. Процесс этот тем интенсивнее, чем больше площадь перфорации, чем больше интенсивность поступления грунтовых вод в дренажную трубу, чем меньше размеры частиц грунта, располагающегося вокруг трубы. Результаты этого процесса негативны: происходит заиливание трубы (отложение частиц грунта в полости дренажной трубы), сокращается площадь поперечного сечения трубы, доступная для движения воды. В худшем случае дрена полностью заливается и утрачивает работоспособность.

Минимизация последствий негативного и неизбежного процесса заиливания дрен достигается путем **ограничения поступления частиц грунта в полость дренажных труб**.

Ограничение поступления частиц грунта в полость дренажных труб может быть достигнуто путем устройства фильтров: фильтров из минеральных материалов и фильтров из геотекстиля.



а – двухслойный фильтр    б – трехслойный фильтр

Рис. 5.11. Схема конструкции объемного фильтра.

- 1 – трубчатая дрена с перфорацией; 2 – обратная засыпка местным грунтом;
- 3 – первый слой фильтра; 4 – второй слой фильтра; 5 – третий слой фильтра;
- 6 – строительная траншея

При использовании **фильтров из минеральных материалов** осуществляется ступенчатый переход от размера перфорации в стенках дренажных труб к среднему размеру частиц осушаемого грунта. Переход осуществляется путем устройства нескольких слоев фильтра, с дискретным уменьшением размера частиц материала фильтра (рис. 5.11).

Такие фильтры (*объемные фильтры, обратные фильтры*) являются составной частью традиционной конструкции трубчатых дренажей в промышленном и гражданском строительстве. Эффективности и работоспособность таких конструкций подтверждена многолетним периодом эксплуатации многих дренажных систем. При этом строительство таких дренажей требует значительных затрат времени, материалов, вспомогательного оборудования; требует высокого уровня качества выполнения работ.

Расчет фильтра, то есть подбор гранулометрического состава и количества слоев фильтра, можно выполнить по методике [2]. Для этого требуется иметь исходные данные по гранулометрическому составу осушаемых грунтов и материалов, используемых в качестве слоев фильтра.

Упрощенный подход к подбору параметров фильтра заключается в следующем: размер частиц первого слоя фильтра должен быть меньше размера перфорации трубы, но при этом несколько частиц должны образовывать «свод» над отверстием перфорации. Для перфорации в виде круглых отверстий средний размер частиц первого слоя фильтра должен быть равен  $\sim 0.3$  диаметра отверстий; при перфорации в виде прорезей  $\sim 0.6$  ширины прорези. Толщина одного слоя фильтра 100-150мм. Схематично подбор конструкции фильтра приведен в таблице 5.2.

**Табл. 5.2.** Схема подбора слоев объемного фильтра

Трубчатый дренаж – размер перфорации 2мм			
Осушаемый грунт	1 слой фильтра	2 слой фильтра	3 слой фильтра
крупнозернистые пески	нет	нет	нет
среднезернистые пески	песок крупнозернистый	нет	нет
мелкозернистые пески, супеси	песок крупнозернистый	песок среднезернистый	нет
суглинки	песок крупнозернистый	песок среднезернистый	песок мелкозернистый

Использование *фильтров из геотекстиля* в ландшафтном строительстве широко распространено в настоящее время.

**Геотекстиль** – геосинтетический материал, применяемый в геотехнике для повышения технических характеристик грунтов или элементов различных строительных конструкций. Геосинтетические материалы (геосинтетики) – материалы, в которых хотя бы одна из составных частей изготовлена из синтетических или натуральных полимеров. Основными исходными полимерами для многих геосин

тиков являются полиэтилен, полиамид, полипропилен, полиэфир, полиарамид.

Основные функции геотекстилей: разделение, армирование, фильтрация, а также их сочетание. При решении задач по осушению территорий используется геотекстиль, основными характеристиками которого являются фильтрационные свойства.

Различные фирмы-изготовители поставляют геотекстиль различных наименований с различными характеристиками. При этом декларируется стойкость материала к влаге и химическим соединениям, в частности к щелочам, кислотам, неподверженность гниению, воздействию грибков и плесени, грызунов и насекомых, прорастанию сорняков, работоспособность в температурном диапазоне  $-60^{\circ}\text{C}$   $+100^{\circ}\text{C}$ . Прогнозируемый период эксплуатации до 25 лет. Данные о фактических сроках службы материала не приводятся, вероятно, по причине относительно небольшого срока (не более 10-15 лет) широкого использования данного материала в массовом строительстве.

Фирмы-изготовители также декларируют незаиляемость материала, то есть отсутствие **кольматации**. (Кольматация – «широко распространенный в природных условиях процесс отложения мелких частиц грунта при движении воды в порах водопроницаемой среды»). В результате кольматации снижается водопропускная способность пористой среды.

Применительно к геотекстилю, негативные последствия этого процесса могут проявиться в снижении фильтрационных свойств материала вследствие «закупорки» части пор материала частицами грунта.

Более обоснованными являлись бы рекомендации по использованию геотекстиля с различными характеристиками (плотность, фильтрационные свойства материала) в различных по гранулометрическому составу грунтах.

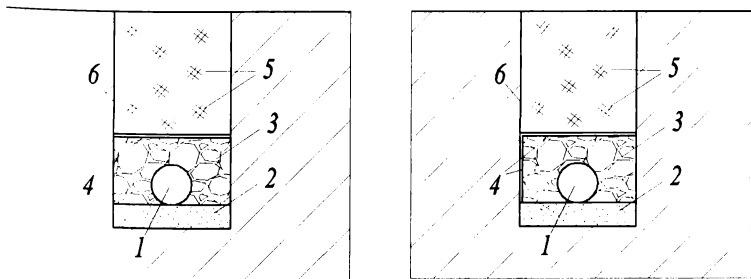


Рис. 5.12. Конструкция комбинированных фильтров.

1 – дренажная труба, 2 – крупнозернистый песок, 3 – щебень, 4 – геотекстиль, 5 – обратная засыпка, 6 – строительная траншея

В настоящее время использование геотекстиля при строительстве дренажей в ландшафтном строительстве распространено очень ши-

роко. Дренажные трубы могут поставляться на «стройплощадку» уже обернутые геотекстилем, или обертывание труб может быть выполнено в условиях «стройплощадки».

Комбинация элементов объемных фильтров и геотекстиля является более технологичной по сравнению с использованием классических обратных фильтров и более надежной по сравнению с использованием только геотекстиля. На рис. 5.12 представлены варианты конструкции дрен реализующих данный подход.

## 6. ВОДОСБОРНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ

Водосборные коллекторы входят в состав дренажных систем в качестве транспортирующих элементов. Они предназначены для сбора дренажных вод из рабочих элементов – дрен и транспорта этих вод в водоприемник. Дренажные системы, имеющие значительную водосборную площадь и (или) удаленные на значительное расстояние от водоприемника, могут иметь достаточно сложную и протяженную сеть водосборных коллекторов. Малые по площади дренажные системы могут не иметь водосборных коллекторов, в этом случае дрены выходят непосредственно в водоприемник.

### 6.1. Конструкция водосборных коллекторов

По конструкции водосборные коллекторы можно подразделить по признакам: доступность с дневной поверхности земли и прием грунтовых вод.

По доступности с дневной поверхности разделяют на открытые и закрытые коллекторы.

**Открытые коллекторы** – открытые каналы, как правило, трапециевидальной формы (рис. 6.1). Ширина каналов по дну во многом определяется технологией строительства и обычно равняется 0,2-0,4 м. Глубина каналов 1,5-3(5) м; минимальный уклон 0,0005; длина до 1 км; заложение откосов – в зависимости от их глубины и характера вскрываемых грунтов (таблица 5.1). Глубина воды в канале, в общем случае, определяется гидравлическим расчетом [14], но при небольшой водосборной площади (менее 1 га) глубина будет незначительна и может не рассчитываться.

Скорость движения воды в открытом коллекторе определяется гидравлическим расчетом [3, 14, 15]. Она должна быть больше скорости, при которой происходит заиливание канала, но меньше скорости, при которой происходит размыв канала.

Если скорость движения воды в открытом коллекторе велика и может вызвать размыв, то дно и откосы необходимо укрепить. Способы крепления зависят от величины скорости воды и от свойств грунтов, слагающих дно и откосы (рис. 6.1).

Самым простым способом крепления является засев трав по слою плодородного грунта (рис. 6.1, а). В более сложных случаях (значительные уклоны канала, пылеватые пески) выполняется крепление нижней

части канала щебнем или булыжным камнем (рис. 6.1, б, в). В еще более сложных ситуациях (большие расходы воды, большие уклоны канала) используются железобетонные плиты и лотки (рис. 6.1, г). В последнем случае русло канала становится комбинированным: нижняя часть – прямоугольное железобетонное русло, верхняя часть – трапециевидное земляное русло. При этом уменьшается площадь, занятая каналом и увеличивается полезная площадь участка.

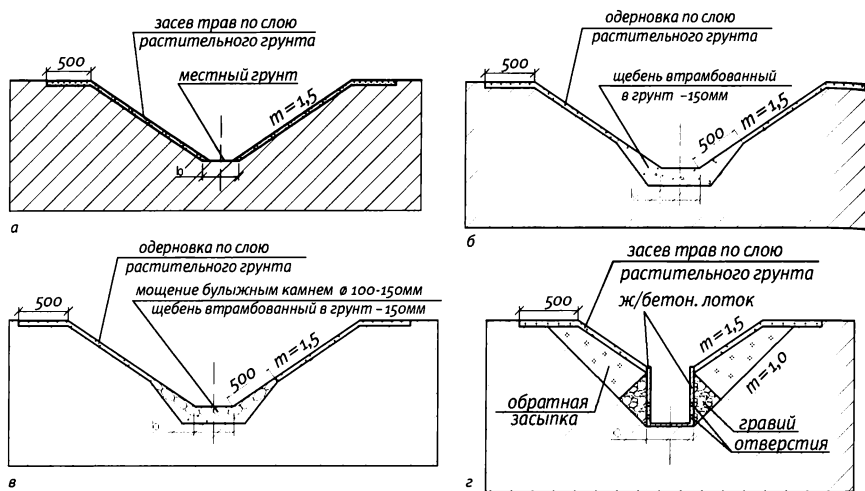


Рис. 6.1. Схема конструкции крепления открытых коллекторов

В местах пересечения открытых коллекторов с дорогами и проездами необходимо устройство сопрягающих сооружений – «трубопереездов» (глава 7).

Открытые коллекторы используются на внегородских территориях. Они редко применяются в условиях промышленной и городской застройки, так как имеют ряд существенных недостатков – уменьшение полезной площади, устройство большого количества переходов через каналы. При значительной глубине понижения грунтовых вод (3-4 м и более) и увеличении глубины заложения дрен значимость указанных недостатков резко возрастает, а использование открытых коллекторов становится нецелесообразным.

Целесообразно использование открытых коллекторов при предварительном осушении территорий, с последующим переустройством каналов в закрытые коллекторы.

**Закрытые коллекторы** – подземные трубопроводы из пластмассовых или асбестоцементных, реже железобетонных труб. Глубина заложения закрытых коллекторов должна обеспечивать прием вод из закрытых дрен. Диаметр труб коллекторов при большой водосборной площади и малых уклонах коллектора определяется расчетом [15], при

на больших площадях диаметр принимается конструктивно 0,1-0,15м. На закрытых коллекторах необходима установка сопрягающих сооружений: колодцев и устьев (глава 7).

Конструкции закрытых коллекторов можно разделить на две группы: имеющие и не имеющие водопримной способности.

Конструкция закрытого коллектора из перфорированных труб не может принимать грунтовые воды из прилегающей зоны грунта, то есть не имеет водопримной способности и не влияет на уровень грунтовых вод на прилегающей территории.

Открытые конструкции коллекторов и закрытые коллекторы из перфорированных труб имеют возможность принимать грунтовые воды прилегающей зоны грунта. Такие конструкции понижают уровень грунтовых вод на прилегающей территории на расстоянии 5-20м от оси коллектора.

Конструкция коллектора из перфорированных труб аналогична конструкции закрытых дрен (глава 5). Конструкция коллекторов из перфорированных труб аналогична конструкции коллекторов ливневой канализации.

## 6.2. Защита закрытых коллекторов от заилиenia

Как уже было указано ранее (глава 5.9), вместе с грунтовыми водами через перфорацию в полость дренажной трубы поступают мелкие частицы грунта. Результаты этого процесса негативны – происходит заилиenia труб (отложение частиц грунта в полости дренажной трубы) вплоть до полной потери работоспособности.

Минимизация последствий негативного и неизбежного процесса заилиenia дренажных систем достигается следующими методами:

- ограничение поступления частиц грунта в полость дренажных труб;
- минимизация отложения частиц грунта в дренажных трубах;
- очистка труб дрен и коллекторов.

Первые два метода реализуются на стадии проектирования и строительства; третий – на стадии эксплуатации. Описание первого метода было выполнено в разделе 5.9.

**Минимизация отложения частиц грунта в трубах дрен и коллекторов.** Использование фильтров сокращает поступление частиц грунта в полость дрены, но не исключает его полностью. Для того чтобы поступающие частицы не откладывались в полости трубы, необходимо обеспечение таких скоростей потока воды в трубе, при которых частицы грунта перемещаются по трубе вместе с водой. Обеспечение таких скоростей потока воды достигается путем придания дренам продольных уклонов. Увеличение продольного уклона дрен обеспечивает транспорт частиц грунта по трубе. Большой продольный уклон обеспечивает большие скорости потока воды в трубе, а, значит, меньшую вероятность заилиenia труб.

Минимально допустимое значение продольного уклона трубчатых дрен [12] равняется 0,003 в песчаных грунтах; в суглинистых грунтах - 0,002.

Также существует мнение [9], что при уменьшения уклона менее 0,003 необходимо увеличение диаметра труб:

- при уклонах до 0,002 – 200мм;
- при уклонах до 0,0015 – 300мм.

Количество частиц грунта в дренажной трубе увеличивается по длине от начальных участков к конечным участкам, что повышает возможность выпадения частиц грунта в трубе в виде осадка. Для предотвращения этого по длине трубы должно производиться «осветление» дренажных вод.

Это реализуется установкой дренажных колодцев с отстойной частью (отстойником). Отстойной частью называют нижнюю часть колодца, расположенную между дном и лотком отводящей трубы. Высота отстойника на дренажных системах в промышленно-гражданском строительстве составляет 0,5-0,7м; при осушении сельскохозяйственных угодий 0,3-0,5м.

Дренажные воды с частицами грунта по подводящим трубам попадают в отстойник. В отстойнике скорости движения воды практически равняются нулю. Как следствие этого происходит выпадения частиц грунта в осадок на дно отстойника. При этом в отводящую трубу происходит поступление «осветленного» дренажного стока с минимальным количеством частиц грунта.

Установка дренажных колодцев с отстойниками производится при изменении продольного уклона труб дрен и коллекторов от большего к меньшему, а также на участках без изменения продольного уклона:

- в промышленно-гражданском строительстве:
  - через 50м при диаметрах труб менее 300мм;
  - через 100м при диаметрах труб более 300мм;
- при осушении сельскохозяйственных угодий – до 500м.

Очистка дренажных труб от заиливания производится путем промывки или механической прочистки. Способ промывки заключается в создании в полости дрены потока воды с повышенными скоростями путем интенсивной подачи воды в начало трубы коллектора или дрены. Прочистка дрен может быть реализована с помощью специального оборудования.

### **6.3. Защита дренажных систем от заохривания**

В грунтовых водах может присутствовать закисное железо в растворенном виде. При контакте таких вод с кислородом воздуха происходит доокисление железа с образованием осадка. Интенсивность этого процесса увеличивается летом при высоких температурах. В естественных условиях наличие данного процесса проявляется в образовании осадка

авого цвета на дне и радужной пленки на поверхности воды в родниках, верховьях канав и ручьев.

При содержании в подземных водах осушаемой территории закисного железа менее  $3 \text{ мг/л}$  мероприятия по защите от заохривания не проводятся [3].

При эксплуатации осушительных систем построенных на территориях, где в грунтовых водах закисное железо содержится в повышенных концентрациях, возможно проявление негативных последствий этого процесса: осадок осаждается внутри дренажных и устьевых труб, смотровых колодцев. Этот процесс называется **заохривание**, в результате этого уменьшается пропускная способность труб, вплоть до полного прекращения стока. Наиболее подвержены заохриванию элементы, где в наибольшей степени происходит контакт дренажных труб с кислородом воздуха – устьевые трубы и дренажные колодцы.

При концентрациях  $3\text{--}8 \text{ мг/л}$  в конструкцию дренажной системы вносятся изменения по сравнению со «средними» условиями. **Изменения конструкции закрытой осушительной системы:**

- увеличение уклонов дрен и коллекторов до  $0,006$  – увеличение транспортирующей способности потока дренажных вод;
- увеличение диаметров дрен и коллекторов до  $0,15 \text{ м}$  – увеличение резерва пропускной способности;
- увеличение диаметра и уклона устьевых труб до  $0,01$ , увеличение объема отстойной части дренажных колодцев – повышение устойчивости к заохриванию наиболее критичных элементов дренажных систем;
- устройство колодцев потайного типа, заглубление выходного сечения устьевой трубы под уровень воды в канале – ограничение доступа воздуха в закрытую сеть;
- внесение извести или подобных материалов-ингибиторов в дренажные траншеи с целью закрепление железа в засыпке дренажной траншеи.

При концентрациях  $8\text{--}14 \text{ мг/л}$  при разработке конструкции дренажной системы следует выполнить **приоритет сети открытых каналов:**

- устройство открытых оградительных каналов для перехвата грунтовых вод с большим содержанием железа, поступающих с прилегающих водосборов; предварительное осушение открытой осушительной сетью с последующим переустройством открытой сети в закрытую сеть;
- комбинация закрытой осушительной сети с открытой проводящей сетью.

При концентрациях железа в грунтовых водах выше  $14 \text{ мг/л}$  отказ от осушения закрытой сетью – использование открытой сети, с возможной последующей реконструкцией в закрытую сеть.

## 7. СООРУЖЕНИЯ НА ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМАХ

В состав дренажных систем кроме рабочих элементов – дрен и транспортирующих элементов – коллекторов, входят сооружения, необходимые для сопряжения отдельных элементов систем, мониторинга и проведения эксплуатационных мероприятий. Основными сооружениями на дренажных осушительных системах являются **дренажные колодцы, устьевые сооружения и трубы переезды.**

### 7.1. Дренажные колодцы

**7.1.1. Конструкция дренажных колодцев.** В общем виде дренажные колодцы (рис. 7.1) состоят из следующих основных элементов: рабочая камера, горловина, люк с крышкой, днище.

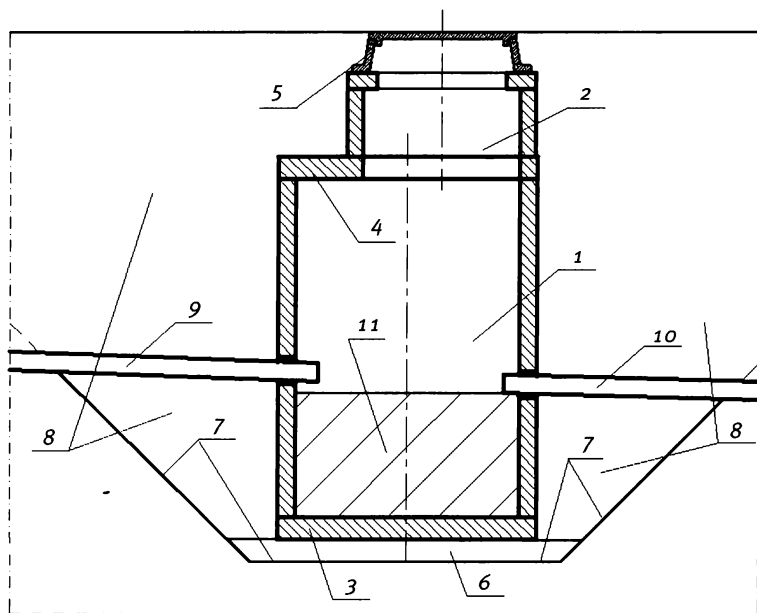


Рис. 7.1. Схема конструкции дренажного колодца.

- 1 – рабочая камера, 2 – горловина, 3 – плита днища, 4 – плита перекрытия,  
5 – люк с крышкой, 6 – подготовка, 7 – стенки и дно котлована,  
8 – обратная засыпка, 9 – подводящая труба, 10 – отводящая труба,  
11 – отстойник-песколовка

**Рабочая камера** – нижняя часть колодца, к которой производится присоединение отводящей и подводящих труб. Размеры рабочей камеры должны обеспечивать возможность производства эксплуатационных работ (осмотр, очистка, промывка, текущий ремонт). Как правило, они составляли: ширина 1–1,5м, высота 1,5–2м.

**Горловина** – верхняя часть колодца, располагающаяся между рабочей камерой и поверхностью земли. Уменьшение ширины горловины (до 0,7м) по сравнению с шириной рабочей камеры позволяет осуществить спуск человека к рабочей камере при значительном снижении расхода материалов, веса колодца, нагрузки на основание. Горловина устанавливается на опорное кольцо, которое перекрывает верх рабочей камеры. При увеличении глубины колодца эффективность использования этого элемента возрастает; при малых глубинах колодца (до 3м) – эффективность незначительна. В ландшафтном строительстве глубина дренажных колодцев редко превышает 2–2,5м и, как правило, применяются колодцы без использования горловин.

**Днище** – основание колодца позволяет равномерно распределить нагрузку от веса колодца на грунт основания. Днище устанавливается на подготовку (из крупнозернистого песка, песчано-гравийной смеси, щебня, тощего бетона – в зависимости от грунта основания и конструкции колодца) толщиной 0,1–0,15м.

**Люк с крышкой** – закрывают колодец от попадания в него случайных предметов. Колодцы могут комплектоваться различными люками и крышками, рассчитанными на восприятие различных по величине нагрузок, в том числе от транспорта. На дорожках, площадках крышка колодца располагается на одном уровне с планировочной отметкой. Крышка колодца закрытого типа (потайного типа) располагается под планировочной отметкой – толщина засыпки над крышкой колодца около 50см. На неорганизованном рельефе может возвышаться над поверхностью земли на 20-30см (обеспечение видимости колодца при проведении механизированных работ). Для обеспечения работоспособности дренажной системы в зимний период в колодце может устраиваться вторая крышка.

**Отстойник-песколовка.** Обязательной деталью конструкции дренажных колодцев является наличие в колодце емкости-отстойника, располагающейся в нижней части рабочей камеры и работающей по принципу песколовки. Здесь происходит осаждение частиц грунта, поступающих сюда из подводящих труб вместе с дренажными водами; в результате в отводящую трубу поступают осветленные воды. Высота отстойника равняется расстоянию между лотком отводящей трубы и дном колодца. Глубина отстойника должна быть не менее 50см для дренажей в промышленно-гражданском строительстве и не менее 30см для сельскохозяйственных дренажей.

**Подсоединение подводящих и отводящей труб.** Подводящие и отводящая трубы пропускаются в рабочую камеру через отверстия в стенках, выполняемых «по месту», с последующей герметизацией стыка. Рекомендуется выпускать трубы в колодец на 10-15см, с тем чтобы они не выходили из отверстия при наклоне колодца в случае деформации основания, боковых нагрузок, морозного пучения грунтов. Рекомендуется наличие перепада между лотками подводящих и отводящей труб. Величина перепада 5-10см; в сложных условиях для предотвращения значительного заглубления труб дрен и коллекторов приходится принимать это значение равным нулю.

Дренажные тонкостенные, обладающие малой жесткостью, пластмассовые трубы на подходе к колодцу рекомендуется заменять **жесткой вставкой** – неперфорированной асбестоцементной или жесткопластмассовой трубой. Наличие жесткой вставки необходимо в связи с возможными деформациями труб в зоне обратной засыпки котлована вокруг колодца, связанными с неравномерными осадками грунта и поверхностными нагрузками, морозным пучением грунтов. Одним концом жесткая вставка укладывается в отверстие стенки колодца, другой конец укладывается на дно траншеи – на плотный грунт с ненарушенной структурой. Соединение жесткой вставки с пластмассовой перфорированной дренажной трубой герметизируется.

**Земляные работы.** Заложение откосов строительного котлована в водонасыщенных грунтах принимаются равными 1:1; в более сухих устойчивых грунтах при глубине 1,5-2м откосы могут быть более крутыми – 1:0,5. Диаметр котлована под колодец должен быть на 60-100см больше диаметра колодца, чтобы обеспечить условия монтажа колодца.

Для обратной засыпки строительного котлована колодца может использоваться местный грунт. Засыпка котлована вокруг колодца грунтом осуществляется послойно (толщина слоя до 20см) вручную с обязательным уплотнением каждого слоя до проектной плотности засыпки. Перед засыпкой с уплотнением каждого слоя проверяется правильность установки колодца, а также входящих и выходящих труб и кабелей. Особенно тщательно производится уплотнение грунта в основании. В слабых грунтах выполняется подготовка под днище колодца из щебня втрамбованного в грунт.

В настоящее время в практике используются колодцы из сборных железобетонных элементов и из пластмасс.

**Сборные железобетонные колодцы.** В прошлом дренажные колодцы выполнялись практически повсеместно из сборных железобетонных элементов по типу канализационных колодцев (ГОСТ 8020-90 «Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей»), как правило, диаметром 1м, реже 2,0м. Схема типовой конструкции сборного железобетонного дренажного колодца глубиной до 3м представлена на рисунке 7.

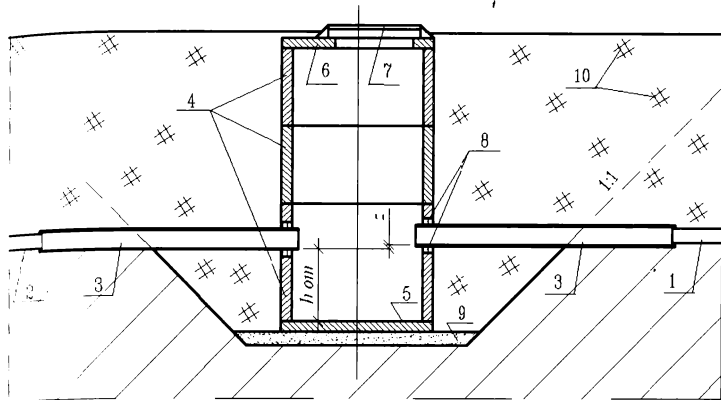


Рис. 7.2. Типовая конструкция сборного железобетонного дренажного колодца: 1 – подводящая пластмассовая труба; 2 – то же, отводящая; 3 – жесткая вставка; 4 – ж/б стеновые кольца; 5 – плита днища; 6 – опорное кольцо; 7 – крышка с люком; 8 – заделка стыков; 9 – подготовка из щебня; 10 – обратная засыпка

Основными элементами являются:

- стеновые железобетонные кольца, обозначаемые КС-10-9, КС-10-6, КС-10-3 – кольцо стеновое диаметром 1м и высотой 0,9 / 0,6 / 0,3м;
- плита днища ПД-10;  
плита днища, объединенная со стеновым кольцом КСД;
- плита перекрытия ПП-10.

Стыки сборных элементов замоноличиваются.

Конструкция колодцев из сборного железобетона обладает большой прочностью и надежностью при большом весе и материалоемкости. Доставка «на место» и монтаж требует использования механизмов.

**Пластмассовые колодцы.** Достаточно широко начали использоваться за рубежом около 40 лет назад, в нашей стране — около 10-15 лет. Пластмассовые колодцы, в общем случае, состоят из отдельных элементов: *донной части (днище), шахты (рабочая камера) и горловины*. Различают *цельные и сборные* пластмассовые колодцы.

**Цельные пластмассовые колодцы** изготавливаются в заводских условиях из соединяемых сваркой отдельных элементов. Конструкция колодцев принимается с учетом требований заказчика: назначение колодца; диаметра рабочей части колодца; размеры, количества, видов отводящих и подводящих патрубков, размеры и виды подводящих и отводных труб; уклоны подводящих и отводящих трубопроводов, углы их взаимного расположения; вид крышки; требования по величине нагрузки.

Цельные колодцы диаметром 1м при высоте 1,2-2,2м имеют массу 37-66кг. При таких массе и высоте колодцы легко транспортируются к месту установки и монтируются без использования подъемных механизмов.

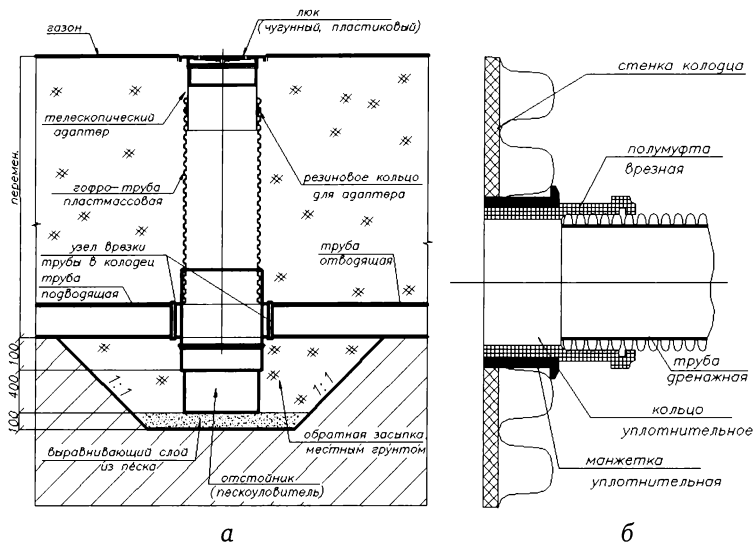


Рис. 7.3. Схема конструкции сборного пластмассового дренажного смотрового колодца:  
 а – разрез по колодцу; б – узел подсоединения труб к колодцу

**Сборные пластмассовые колодцы** доставляются к месту установки в виде отдельных элементов, а их сборка производится «на месте».

Донная часть необходима не только для более равномерного распределения нагрузки от колодца на грунт, но и для повышения жесткости нижней части колодца.

Шахта колодца изготавливается из пластмассовых труб – гладкие гофрированных, двустенных. Гладкие трубы имеют наибольшую толщину стенок, достаточно, устойчивы к нагрузкам, но при этом имеют значительную массу. Гофрированные трубы имеют меньшую толщину стенок, имеют малую массу; их устойчивость к нагрузкам повышается путем создания профиля типа «гофра». Двустенные трубы являются комбинированной конструкцией: внутренняя труба гладкая, наружная гофрированная. Этим достигается улучшение функциональных характеристик.

Колодцы комплектуются различными люками и крышками, рассчитанными на восприятие различных по величине нагрузок, в том числе от транспорта. Люки устанавливаются на верхнюю часть горловины.

Существуют конструкции с телескопическим соединением горловины и шахты. В этом случае, люк с горловиной соединенные в единое целое с полотном дороги, совместно перемещается при сезонных колебаниях вызванных морозным пучением грунтов. При этом шахта колодца не подвержена этим колебаниям, что не приводит к разрушениям ни дороги, ни колодца.

Колодцы могут оснащаться патрубками различных конструкций для устройства подключения входных и выходных труб. Для обеспечения герметичности могут использоваться резиновые кольца, герметики и т.п. Использование резиновых манжет позволяет устраивать вход-выход труб из колодца через стенку практически в любом месте, как по окружности, так и по высоте. Отверстие в стенке высверливается фрезой, в него вставляется манжета, и сквозь нее пропускается труба в колодец.

**Повышение надежности пластмассовых колодцев.** Существуют рекомендации по защите пластмассовых колодцев от поверхностных нагрузок. В зависимости от величины расчетных поверхностных нагрузок принимается вариант защиты колодца от этих нагрузок. При поверхностном давлении менее 0,5 кгс/см (0,05 Мпа) защита не требуется – производится «стандартная» обратная засыпка грунта. При больших давлениях рекомендуется над шахтной частью колодца устанавливать круглую защитную железобетонную плиту с диаметром примерно 1,5-2 раза большим, чем диаметр шахтной части колодца.

Пластмассовые колодцы обладают малым весом и гофрированной внешней поверхностью, что создает предпосылки для негативного воздействия на них морозного пучения грунтов. Отрицательное воздействие на колодец этих явлений, уменьшается с использованием пленки из специального полиэтилена. Колодец в зоне промерзания грунтов оборачивается пленкой в два слоя. Силы трения, сопровождающие сезонные промерзания грунта, воздействуют на верхний слой пленки и могут затрагивать элементы колодца. Можно также использовать традиционную обсыпку колодца крупнозернистым песком.

Простота конструкции, надежность, малый вес, легкость транспортировки, уменьшение объема земляных работ, высокая технологичность монтажа, доступная стоимость – характеристики, которые обусловили самое широкое распространение сборных пластмассовых колодцев в ландшафтном строительстве.

Железобетонные колодцы применяются в ландшафтном строительстве в сложных условиях: колодцы-насосные станции; расположение вблизи мест движения большегрузного транспорта; сложные гидрогеологические условия; значительная глубина колодцев (более 3-4м).

Следует отметить интенсивное усовершенствование конструкций пластмассовых колодцев, технологий их изготовления, повышение функциональных характеристик и качества используемых материалов. С большой степенью вероятности можно прогнозировать в ближайшем будущем практически полную замену колодцев из железобетона на пластмассовые конструкции.

**7.1.2. Назначение дренажных колодцев.** В зависимости от выполняемых функций дренажные колодцы подразделяют на: смотровые, перепадные, поглощающие, разгрузочные. Основным типом колодцев

являются смотровые колодцы, остальные типы колодцев используются значительно более редко.

**Смотровые колодцы** предназначены:

1) для сопряжения отдельных участков дрен и коллекторов. В этом случае они устанавливаются:

- при уменьшении уклона труб дрен и коллекторов;
- при слиянии нескольких дренажных линий;
- при повороте дренажной линии на угол больше  $60^\circ$ ;
- при изменении диаметра дренажной линии;

2) для наблюдения за работоспособностью и обеспечения возможности проведения промывки дренажных линий. В этом случае они устанавливаются:

- на расстоянии не более чем 50м для дренажей в промышленном и гражданском строительстве;
- на расстоянии не более 500м для дренажей сельскохозяйственного назначения.

**Перепадные колодцы** устанавливаются при необходимости сопряжения входящих и выходящей дренажных линий, расположенных на значительно различающихся по высоте уровнях. Конструкция смотрового колодца отличается от конструкции перепадного колодца наличием значительного перепада между входящими и выходящей трубами. В ландшафтном строительстве значение этого перепада редко достигает одного метра.

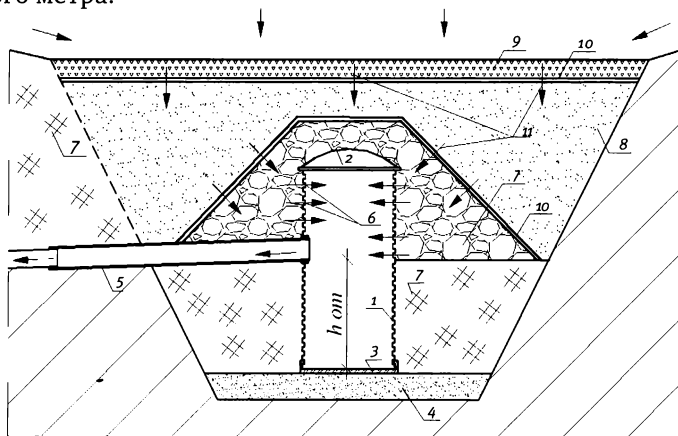


Рис. 7.4. Схема конструкции и работы поглощающего колодца:

- 1 – шахта колодца; 2 – крышка; 3 – днище; 4 – подготовка;
- 5 – отводящий коллектор; 6 – перфорация; 7 – щебень;
- 8 – крупнозернистый песок; 9 – растительный слой;
- 10 – геотекстиль; 11 – направление движения воды

**Поглощающие колодцы** предназначены для поглощения поверхностных вод и сброса их в закрытый коллектор (рис. 7.4). Они уст

навливаются в местах концентрации поверхностных вод, например, в локальных замкнутых понижениях.

**Разгрузочные колодцы** применяются для водопонижения на территориях, где основной причиной подтопления являются напорные грунтовые воды (глава 4.1). Они предназначены для отвода воды из слоя грунта, содержащего напорные грунтовые воды. Следствием этого будет являться снижение напора, а значит, и снижение уровня грунтовых вод.

Разгрузочные колодцы (рис. 7.5) устанавливаются в местах близкого расположения к поверхности водоносных слоев грунта, содержащих напорные воды. В днище и нижней части шахты колодца устраивается перфорация. Строительный котлован заглубляется в водоносный слой грунта на 0,5-1м. Нижняя часть котлована до кровли водоносного слоя грунта заполняется щебнем. Перфорированная часть колодца заглубляется в слой щебня. Отводящий коллектор врезается в стенку шахты коллектора на отметке, обеспечивающей необходимое понижение УГВ. Коллектору дается уклон с понижением от колодца. Обратная засыпка котлована производится местным грунтом.

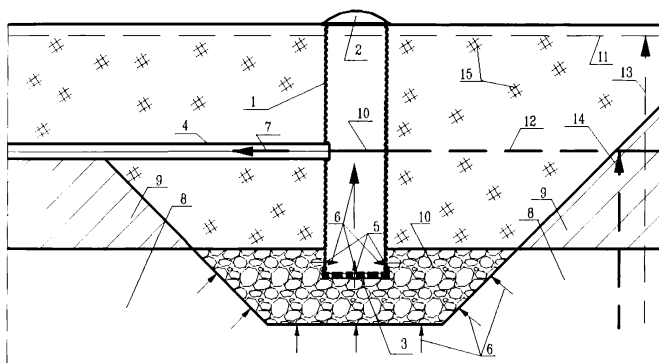


Рис. 7.5. Схема конструкции и работы разгрузочного колодца:

- 1 – шахта колодца; 2 – крышка; 3 – днище; 4 – отводящий коллектор;
- 5 – перфорация в днище и донной части; 6 – направление движения воды;
- 7 – то же, в коллекторе; 8 – слой грунта содержащий напорные воды;
- 9 – относительный водоупор; 10 – уровень воды в колодце;
- 11, 12 – УГВ соответственно до и после строительства колодца;
- 13, 14 – напор грунтовых вод соответственно до и после строительства колодца

Напорные грунтовые воды из водоносного пласта поступают в щебеночную призму, откуда через перфорацию поступают в шахту колодца. Шахта колодца наполняется водой до лотка коллектора, после начинается отток воды из колодца.

Таким образом, происходит отток воды из водоносного слоя, уменьшается напор грунтовых вод в водоносном слое, уменьшается степень подтопления территории.

На рис. 7.6 представлен один из геологических разрезов по площадке кемпинг-центра на Карельском перешейке Ленинградской области. Слой песка крупно и среднезернистого с коэффициентом фильтрации  $1-1,5 \text{ м}^3/\text{сут}$  насыщен напорными грунтовыми водами. Слой песка перекрыт слоем тяжелых суглинков с коэффициентом фильтрации  $0,03-0,05 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Напор грунтовых вод определяет близкое к поверхности земли положение УГВ, вплоть до образования открытого зеркала воды.

В качестве одного из элементов системы водопонижения было принято решение об устройстве разгрузочных колодцев для уменьшения местного напора грунтовых вод. Место установки колодцев было определено исходя из анализа геологического строения – в местах, где слой песка с напорными водами расположен на минимальной глубине от поверхности земли. На рис. 7.7 представлена конструкция разгрузочного колодца, примененная на этом объекте.

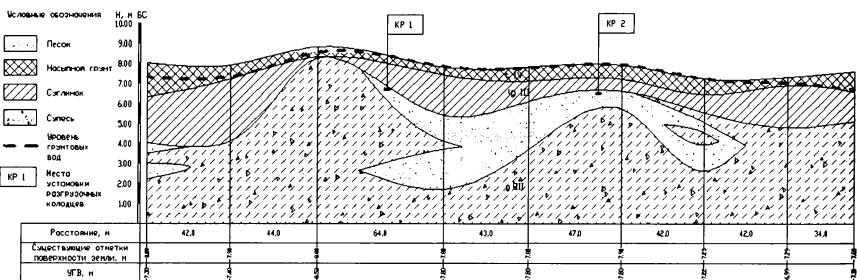


Рис. 7.6. Геологический разрез по территории кемпинг-центра и обоснование месторасположения разгрузочных колодцев

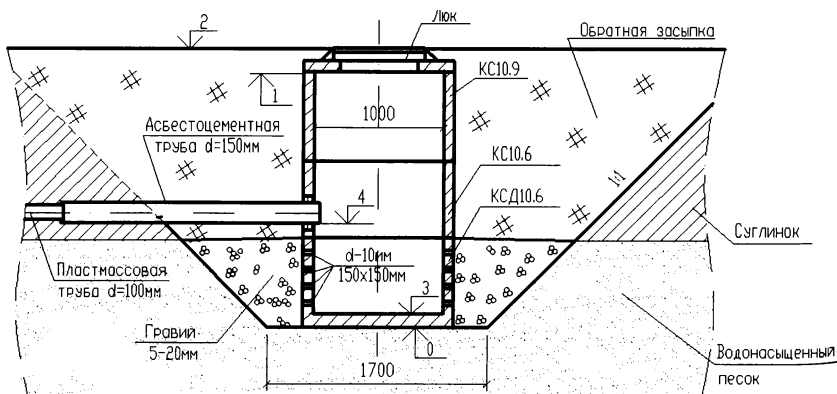


Рис. 7.7. Пример конструкции разгрузочного колодца

## 7.2. Трубы-переезды

Для обеспечения пересечения каналов с дорогами и проездами, устройства въездов на участки при открытой системе водоотвода строятся **трубы-переезды**.

В качестве основного элемента, как правило, используются круглые железобетонные трубы диаметром до 1,5м. По типу сопряжения с откосами канала трубы-переезды можно разделить на две группы: с сопрягающими устоями и без сопрягающих устоев (рис. 7.8).

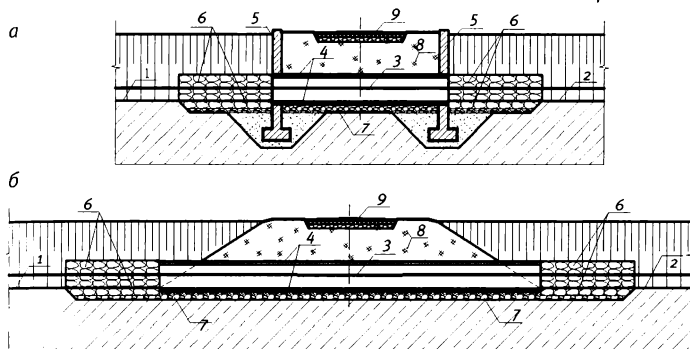


Рис. 7.8. Типовые схемы конструкции труб-переездов:

а – с сопрягающими устоями; б – без сопрягающих устоев.

1 – подводящий участок канала; 2 – отводящий участок канала,

3 – уровень воды, 4 – железобетонная труба, 5 – устои,

6 – крепление канала, 7 – подготовка (щебень, втрамбованный в грунт),

8 – обратная засыпка, 9 – проезжая часть

В качестве сопрягающих устоев могут быть использованы вертикальные подпорные железобетонные монолитные стенки, в которые моноличены входящее и выходящее сечения трубы. Конструкции с сопрягающими устоями более компактны, используется меньшая пропускная способность труб, но при этом значителен объем бетонных работ и увеличивается производство работ. Конструкции без сопрягающих устоев имеют большую протяженность труб (примерно в 2-3 раза), но при этом упрощается и ускоряется производство работ.

Трубы-переезды проектируются на работу в безнапорном режиме. В этом случае входящее и выходящее сечение трубы не подтоплены водой – глубина воды в канале меньше диаметра трубы.

Расходы в канале изменяются в диапазоне от максимального расхода весеннего паводка до нуля в засушливые периоды. Поэтому расчет диаметра трубы переезда выполняется для максимального расчетного расхода.

Если построить трубу-переезд с малым диаметром, то при больших расходах (близких к максимальным) труба будет работать в напорном режиме. При снижении расходов и уровней в воде канале труба

переходит в безнапорный режим и сразу скачком уменьшает свою пропускную способность. Подводящий канал начинает наполняться, вход в трубу затапливается, труба переходит в напорный режим, уровень в канале начинает опять падать и т.д. Возникают переходные колебательные режимы, которые сопровождаются вибрациями сооружения, расстройством швов и стыков, деформациями прилегающих к сооружению участков канала. По этим причинам трубы-переезды проектируются обычно на работу только в безнапорном режиме.

Подходной и отводной участки канала ниже уровня воды крепятся камнем или железобетонными плитами, откосы канала у сооружения выше уровней воды – одерновкой. Поверхностный сток отклоняется от сооружения невысокими земляными валиками.

### 7.3. Устьевые сооружения

**Устьевые сооружения** располагаются в местах выхода закрытых дрена (коллекторов) в открытую (искусственную или естественную гидрографическую сеть, служащую водоприемником осушительных систем.

В случае когда труба коллектора (дрены) располагается на большой высоте над уровнем воды в водоприемнике, вода из устья отводится на дно канала с помощью небольших лотков (пластмассовых, асбестоцементных) (рис. 7.9, а). В случае малых высот расположения устьевых труб над дном водоприемника могут использоваться объемные оголовки (рис. 7.9, б).

Дно и нижние части откосов в районе устьевого сооружения крепятся щебнем, верхняя часть откоса над устьем – сплошной одерновкой.

В случае использования пластмассовых дренажных труб в качестве дрена или коллекторов перед устьем на замыкающем участке длиной 1,5-2м для повышения надежности целесообразно использование более прочных неперфорированных устьевых труб (асбестоцементных или пластмассовые канализационные трубы).

Устьевая труба часто оборудуется решеткой, а иногда даже обратным клапаном для защиты коллектора от попадания мусора в период высоких уровней воды в канале. Иногда устьевое сооружение углубляется в откос для того, чтобы не создавать препятствий потоку воды и ослабить воздействие на конструкцию.

Типовые конструкции функциональны и прагматичны. Существует множество примеров придания сооружению большей индивидуальности, повышения его эстетического потенциала. На рис. 7.11 представлена конструкция устьевого сооружения порталного типа, выполненного по индивидуальному проекту для гидросистемы парка.

Типовые конструкции функциональны и прагматичны. Существует множество примеров придания сооружению большей индивидуальности.

ности, повышения его эстетического потенциала. На рис. 7.10 и 7.11 представлены конструкции трубы-переезда и устьевого сооружения артезианского типа, выполненные по индивидуальным проектам для гидросистемы парка.

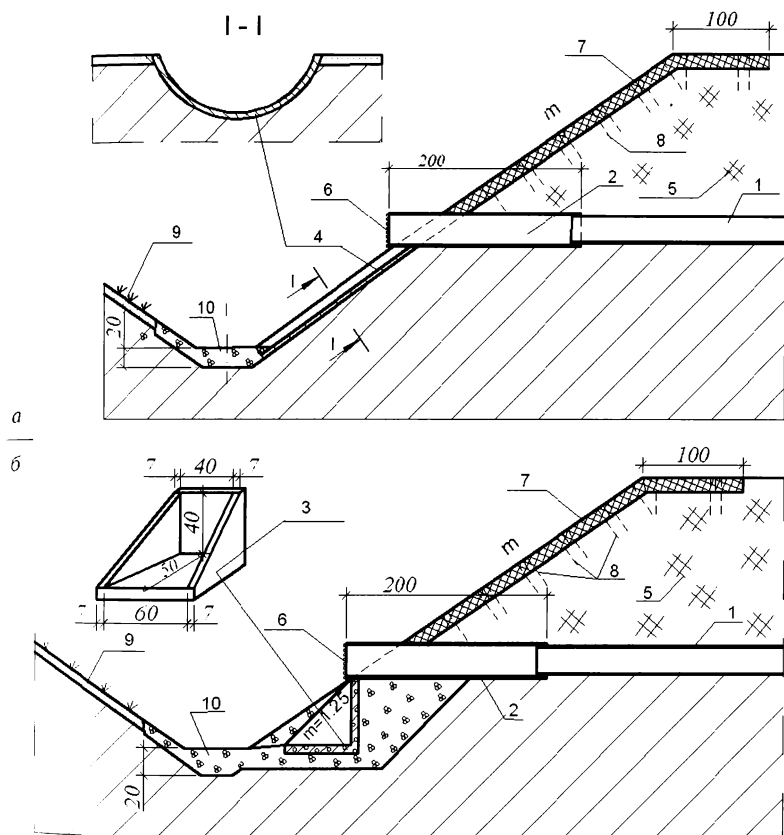
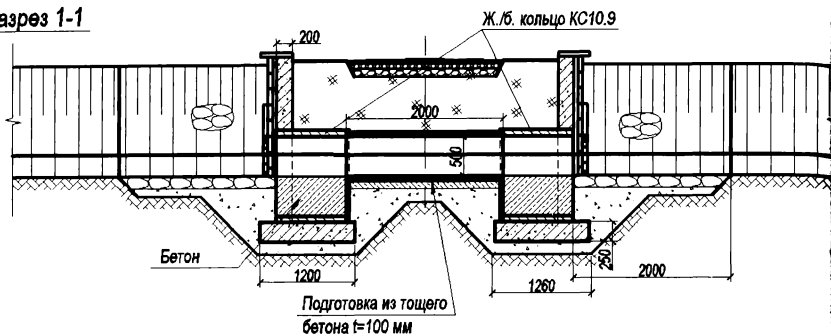
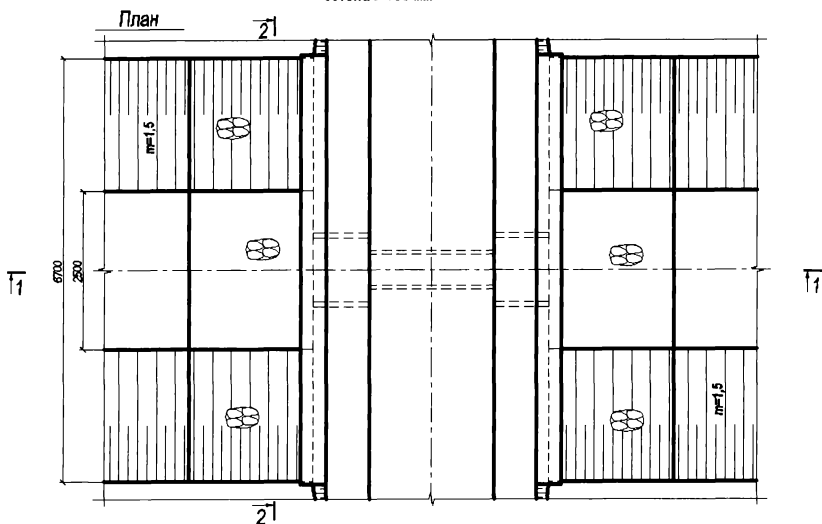


Рис. 7.9. Примеры типовых конструкций устьевых сооружений:  
 а – с лотком; б – с оголовком. 1 – пластмассовая дренажная труба;  
 2 – устьевая труба; 3 – оголовок; 4 – лоток; 5 – обратная засыпка;  
 6 – сварная решетка (обратный клапан); 7 – одерновка;  
 8 – деревянные сицы; 9 – засев травой; 10 – щебень

### Разрез 1-1



### План



### Разрез 2-2

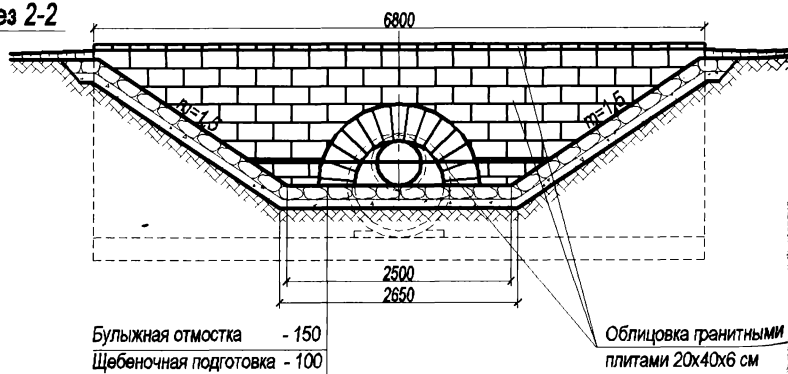


Рис. 7.10. Пример конструкции трубы-переезда

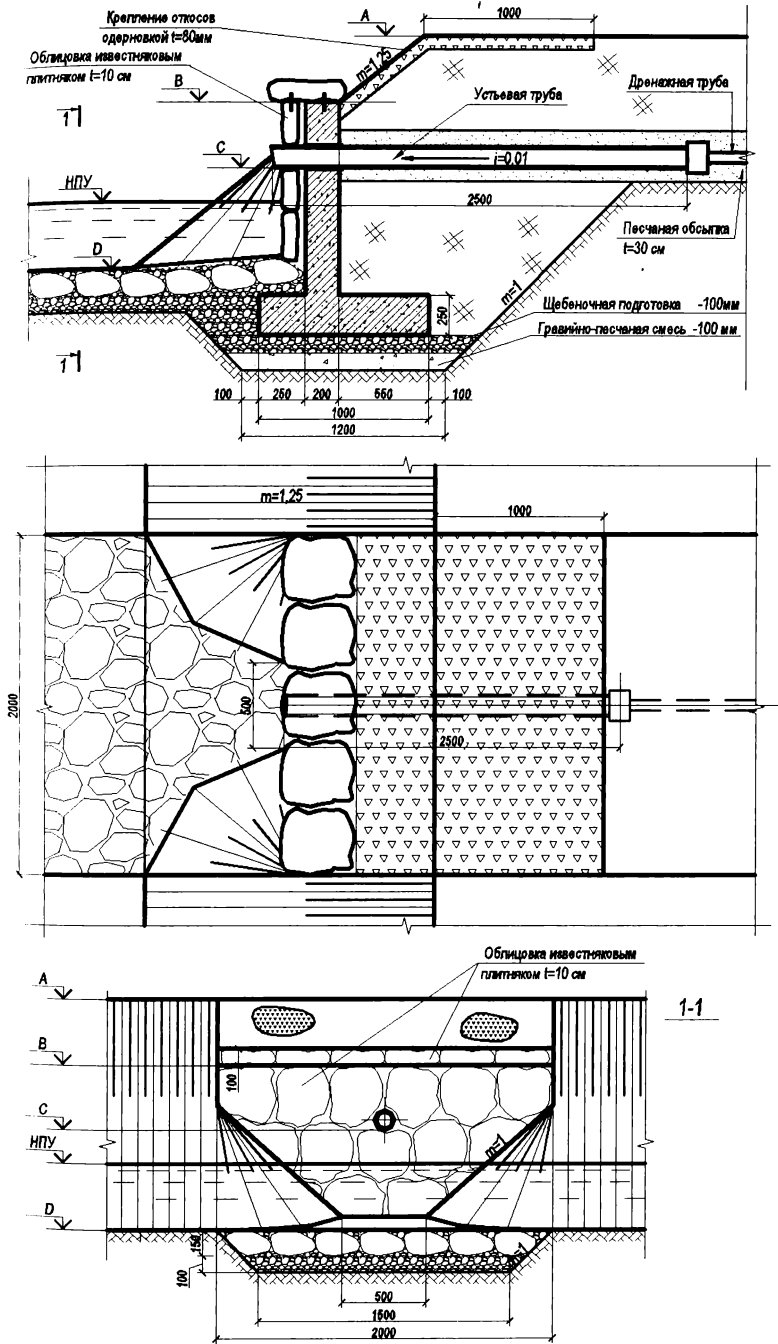


Рис. 7.11. Пример конструкции устьевого сооружения порталного типа

## 8. ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ

Водопонижение (понижения УГВ) на участке территории, объекта ландшафтного, промышленного или гражданского строительства достигается строительством **дренажной системы** (водопонизительной осушительной). В процессе водопонижения в **дрены** поступают грунтовые воды. Дренажные воды (грунтовые воды, поступившие в дрены из дрен поступают в транспортирующие элементы – **водоотводящие коллекторы**. Транспортирующие элементы предназначены для быстрого вывода дренажных вод за пределы осушаемой территории в водоприемники. В качестве **водоприемников** могут быть использованы элементы естественной гидрографической сети (ручьи, реки, озера, овраги) или элементы искусственной канализации (каналы, водохранилища, закрытая канализационная сеть).

В общем случае водопонизительная дренажная система состоит из

- **рабочих элементов** – дрен, принимающих грунтовые воды и обеспечивающих понижение УГВ;
- **транспортирующих элементов** – коллекторов, собирающих дренажный сток из дрен и отводящих его в водоприемник;
- **сопрягающих элементов** – сооружений, обеспечивающих сопряжение различных элементов системы и условия эксплуатации.

### 8.1. Классификация дренажных систем

В основу классификации дренажных систем могут быть положены следующие основные признаки: назначение, зона влияния, расположение в плане, периодичность работы.

**Назначение.** По целевому назначению дренажные системы можно разделить на:

- **дренажи объектов промышленного и гражданского строительства** (в этой группе, как отдельные подгруппы, можно выделить: дренажи в ландшафтном строительстве; дорожный дренаж). Данные дренажи предназначены для понижения уровня подземных вод на территориях промышленных предприятий, городов для предотвращения подтопления подземных сооружений и коммуникаций; при строительстве автомобильных и железных дорог в садово-парковом строительстве; при комплексном благоустройстве коттеджных поселков и индивидуальных участков; при строительстве объектов туризма и спорта; для понижения уровня подземных вод в оползневых склонах для повышения их устойчивости

- **сельскохозяйственный дренаж** – для осушения площадей, занятых сельскохозяйственными культурами;
- **строительный дренаж** (строительное водопонижение) предназначен для временного (на период строительства) понижения уровня подземных вод на отдельных участках строительства;

**периодичность работы.** По этому признаку дренажные системы подразделяются на:

- **постоянно работающие** (например, береговые дренажи с постоянным притоком грунтовых вод);
- **периодически работающие** (например, систематический дренаж в условиях атмосферного типа водного питания – приток грунтовых вод в период дождей и снеготаяния);
- **профилактические дренажи**, которые могут устраиваться при отсутствии наблюдаемых подземных вод (например, в пазухах котлованов подземных сооружений, располагаемых в глинистых и суглинистых грунтах).

**зона влияния дренажных систем.** В зависимости от площади, на которую распространяется осушительное действие дренажных систем, различают:

- **общие** – обеспечивают водопонижение на значительной территории;
- **локальные** – обеспечивают водопонижение на локальной территории или в пределах отдельного сооружения.

К общим системам дренажей относят перехватывающие системы (головной, береговой дренаж) и площадные системы (систематический дренаж). К локальным дренажам относят кольцевой, пристенный, пластовый, сопутствующий, лучевой и т.п.

**расположения дренажей в плане.** По этому признаку выделяют следующие системы дренажей:

- **линейные** – одна или несколько протяженных дренажных линий, расположенных на осушаемой территории (головной, береговой, лучевой, сопутствующий, систематический дренаж);
- **контурные** – дренажные линии расположены по периметру сооружения или территории (пристенный, кольцевой дренаж).

**по методу водопонижения,** выделяют две системы дренажей:

- **ограждающие** – обеспечивающие водопонижение вследствие ограничения притока грунтовых вод с прилегающей территории (головной, береговой дренаж);
- **площадные** – обеспечивающие водопонижение вследствие ускорения стока грунтовых вод внутри значительных по площади территорий (систематический дренаж).

Представленная классификация представляет интерес с методической точки зрения. С практической точки зрения подразделение на указанные подгруппы достаточно условно. Например:

- при глубоком заложении локальных контурных дренажей в хорошо водопроницаемых грунтах их влияние может распространяться на значительную прилегающую площадь;
- перехватывающие системы в хорошо водопроницаемых грунтах и при глубоком заложении оказывают влияние на положение УГВ на значительной площади, в слабопроницаемых грунтах или при неглубоком заложении они малоэффективны;
- контурный дренаж вокруг протяженного узкого здания (сооружения, фрагмента территории) по «гидравлической эффективности» больше соответствует линейному дренажу.

## 8.2. Головной дренаж

Головной дренаж применяется для осушения территорий, в случаях когда преобладающим источником водного питания является поток подземных вод с вышерасположенной территории.

Дренажная система «головной дренаж» состоит из головной дрены, транспортирующего коллектора, смотровых колодцев. Головные дрены трассируют вдоль верхней границы защищаемой территории, откуда происходит поступление потока грунтовых вод. Коллектор собирает дренажный сток из дрен и транспортирует его к водоприемнику.

Трассу головных дрен назначают с учетом размещения застройки и проводят, по возможности, в местах с более высокими отметками водоупора. Головной дренаж наиболее эффективен, если пересекает поток подземных вод по всей его ширине. При длине головного дренажа меньшей ширины подземного потока следует устраивать дополнительные дрены по боковым границам дренируемой территории с целью перехвата подземных вод, поступающих сбоку.

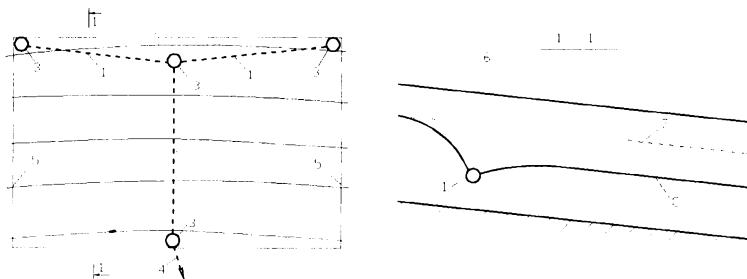


Рис. 8.1. Схема дренажной системы «головной дренаж».

- 1 – головная дрена, 2 – транспортирующий коллектор, 3 – смотровые колодцы, 4 – отводящий коллектор, 5 – граница участка, 6 – поверхность земли, 7 – исходный УГВ, 8 – пониженный УГВ

При неглубоком залегании водоупора головной дренаж следует закладывать на поверхности водоупора (и даже с небольшим заглублением в его толщу) с целью полного перехвата подземных вод, как дренаж

вершенного типа. При глубоком залегании водоупора головной дренаж закладывают выше водоупора, как дренаж несовершенного типа. В этом случае необходимо произвести расчет депрессионной кривой. Если устройство одной линии головного дренажа не обеспечивает понижение уровня грунтовых вод до заданных отметок, следует проложить дополнительную вторую линию параллельно основной линии головного дренажа.

При слоистом строении (с чередованием прослоек песка и суглинков) водоносного пласта, расположенного над дренажом, конструкция головной дрены дополняется фильтрующей призмой. Толщина призмы не менее 30см, высота на 30см выше непониженного расчетного уровня подземных вод. Призма может быть вертикальной или наклонной, выполненной из песка ( $k_{\phi}$  не менее  $5 \text{ М/сут}$ ) или щебня.

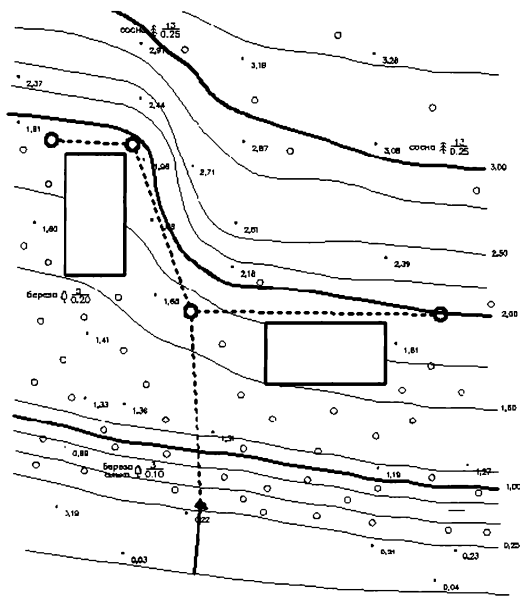


Рис. 8.2. Пример использования схемы «головной дренаж» для водопонижения на площади двух площадок теннисных кортов

В случае если причиной переувлажнения территории является приток с вышерасположенных территорий как грунтовых, так и поверхностных вод, головная дрена может выполняться по типу дрена-плотителя (рис. 8.3).

### 8.3. Береговой дренаж

Береговой дренаж предназначен для осушения прибрежных территорий, подтопляемых в результате постоянного или периодического высокого положения горизонта воды в реках, озерах, водохранилищах.

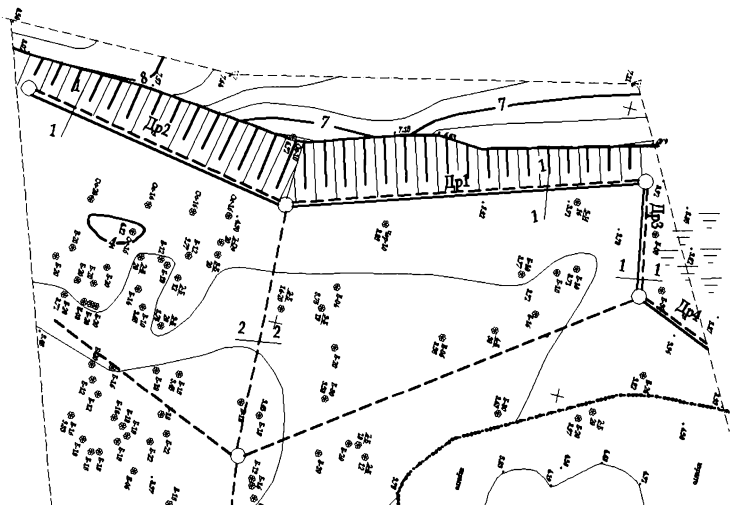


Рис. 8.3. Применение конструкции «дрена-поглотитель» в качестве головной дрены: Др1, 2 – у подножья склона; Др3, 4 – по границе с заболоченным участком

Основным элементом дренажной системы «береговой дренаж» является береговая дрена. Кроме этого в состав дренажной системы входит узел сооружений «насосная станция», поперечные дрены, смотровые колодцы.

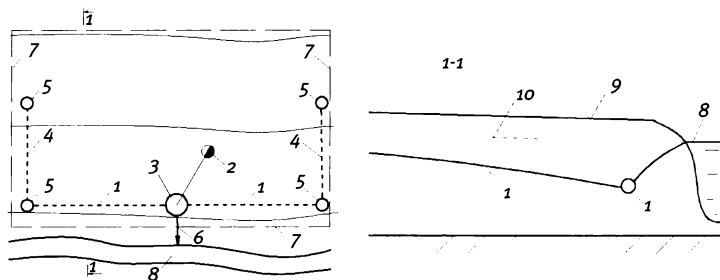


Рис. 8.4. Схема дренажной системы «береговой дренаж».  
 1 – береговая дрена, 2 – насосная станция, 3 – емкость-накопитель,  
 4 – поперечные дрены, 5 – смотровые колодцы, 6 – отводящий коллектор,  
 7 – граница участка, 8 – водоем; 9 – поверхность земли,  
 10 – исходный УГВ, 11 – пониженный УГВ

Береговая дрена трассируется вдоль нижней границы защищаемой территории примерно параллельно урезу воды в водоеме, в случае обвалования территории – за дамбой.

При увеличении глубины заложения береговой дрены увеличивается осушаемая площадь, но требуется большая производительность

сосной станции. При неглубоком залегании водоупора береговой дренаж следует закладывать на поверхности водоупора (дренаж соршенного типа).

Узел сооружений «насосная станция» состоит из емкости-накопителя (пруд, водосборный колодец, т.п.), насосов и водоотводящей линии. Вода из береговых дрен поступает в емкость-накопитель. При наполнении накопителя водой до расчетного уровня включается насос и откачивает воду в водоотводящую линию. По водоотводящей линии вода поступает в водоем.

Поперечные дрены трассируются по боковым границам участка. Их устройство необходимо для предотвращения возможного притока грунтовых вод в обход береговой дрены через боковые границы участка.

Строительство дренажной системы «береговой дренаж» связано со значительными капитальными затратами, а ее эксплуатация связана с постоянными эксплуатационными затратами.

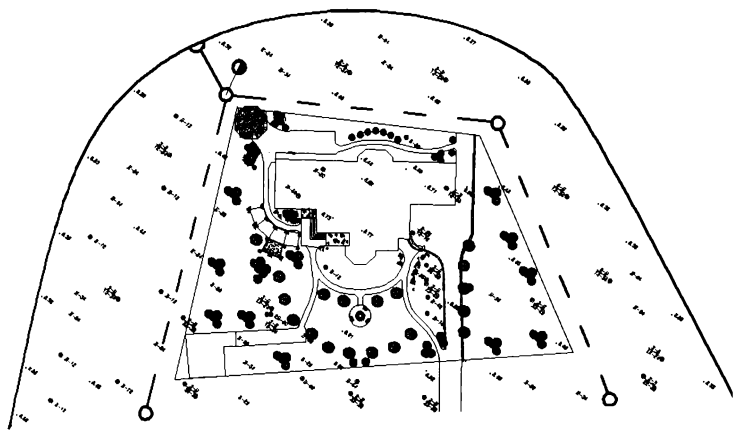
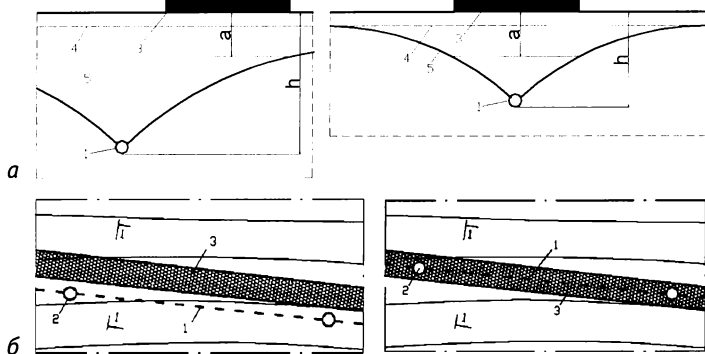


Рис. 8.5. Пример использования схемы «береговой дренаж» при строительстве участка на мысе озера

#### 8.4. Сопутствующий дренаж

Сопутствующие дренажи предназначены для защиты от подтопления протяженных линейных сооружений. Сопутствующие дренажи трассируются вдоль сооружения или под сооружениями.

С точки зрения «гидравлики» расположение сопутствующего дренажа под сооружением является предпочтительным – требуемое понижение УГВ под сооружением может быть достигнуто при меньшей глубине заложения дрен (рис. 8.6). С точки зрения строительства и эксплуатации дренажа, предпочтительней трассировка дрен параллельно сооружению, хотя это и может потребовать большей глубины заложения дрен.



а – параллельно сооружению, б – под сооружением

Рис. 8.6. Схема дренажной системы «сопутствующий дренаж».

1 – сооружение, 2 – дрена, 3 – колодцы, 5 – УГВ (начальный),  
6 – УГВ (проектный)

Применение сопутствующего дренажа обеспечивает нормальные условия эксплуатации дорог (автомобильных, железнодорожных, пешеходных), подземных сооружений (теплотрасс, трубопроводов), протяженных зданий.

При небольшой глубине понижения грунтовых вод используется однолинейный сопутствующий дренаж. При значительной глубине понижения грунтовых вод и (или) значительной ширине сооружения используется двухлинейный сопутствующий дренаж.

В ландшафтном строительстве сопутствующий дренаж наиболее часто используется для осушения дорожек.

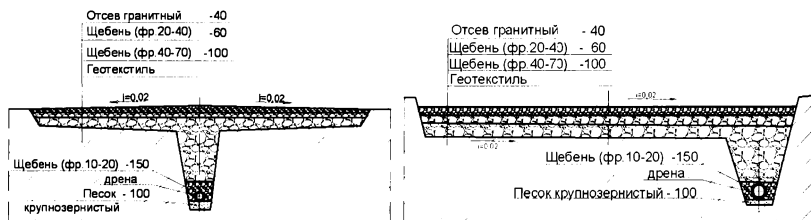


Рис. 8.7. Примеры конструкций сопутствующего дренажа для осушения дорожек

## 8.5. Систематический дренаж

Систематический дренаж предназначен для понижения уровня грунтовых вод на значительной по площади территории в условиях инфильтрационного или грунтово-напорного типа водного питания. Наиболее эффективно применение систематического дренажа в хорошо водопроницаемых грунтах.

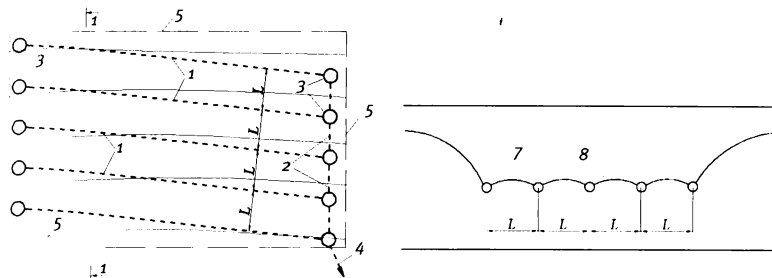


Рис. 8.8. Схема дренажной системы «систематический дренаж». 1 – дрены, 2 – коллектор, 3 – колодец, 4 – отводящий коллектор, 5 – граница участка, 6 – поверхность земли, 7 – исходный УГВ, 8 – пониженный УГВ

Систематический горизонтальный дренаж состоит из регулирующей сети и транспортирующих элементов. Регулирующая сеть – дрены расположенные равномерно по всей дренируемой площади параллельно друг другу на одинаковом расстоянии. Из междреннего пространства в дрены поступают грунтовые воды, вследствие чего происходит общее понижение уровня грунтовых вод. Вода из дрен поступает в транспортирующие элементы – коллекторы, задача которых собрать дренажный сток из дрен.

Величина глубины заложения и расстояния между дренами должны определяться из условия обеспечения нормы осушения. Как правило, выбирается глубина заложения дрен, а затем выполняется расчет величины расстояния между дренами. Ориентировочные значения этой величины для сельскохозяйственных угодий в условиях Ленинградской области при глубине заложения дрен 1,1м: пески – 20–30м; супеси 11–20м; суглинки 8–14м.

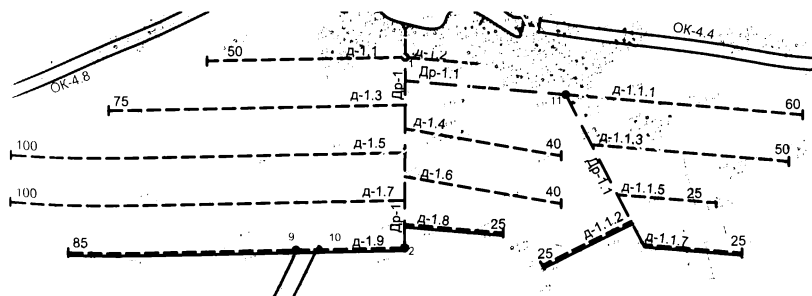


Рис. 8.9. Пример использования систематического дренажа в парке на площади ~ 0,85га

Наиболее часто этот дренаж используется для осушения зон рекреации, сельскохозяйственных угодий (рис. 8.11), а также неглубокого водопонижения в коттеджной застройке. В условиях городских тер-

риторий и промышленных площадок использование горизонтального систематического дренажа ограничено из-за большого количества подземных сетей и сооружений, сложности обеспечения параллельности дрен и расчетного расстояния между дренами.

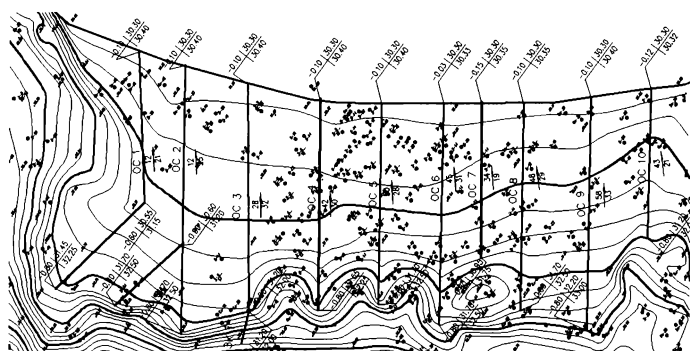


Рис. 8.10. Пример использования схемы открытого систематического дренажа для предварительного осушения заболоченного участка на берегу озера

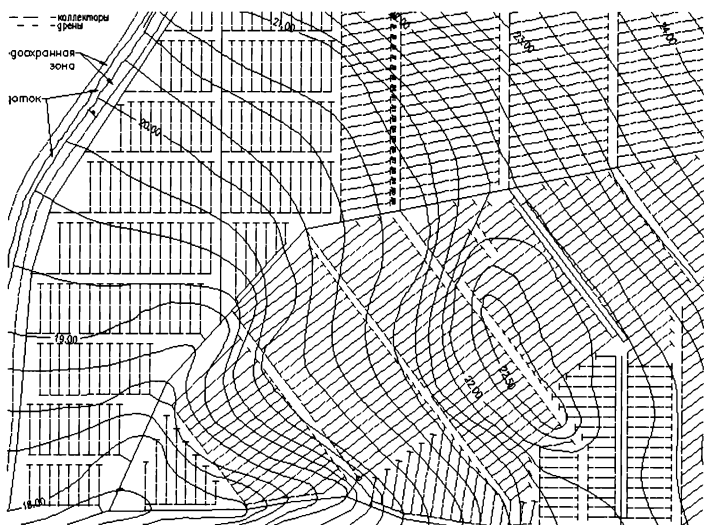


Рис. 8.11. Схема использования систематического дренажа для осушения территории с естественным рельефом площадью ~ 150га

Транспортирующие элементы – закрытые коллекторы, предназначены для сбора воды из регулирующей сети и транспорта собранной воды к водоприемнику (элементам естественной или искусственной гидрографической сети, городским канализационным сетям).

## 8.6. Лучевой дренаж

На участках со сложной плановой конфигурацией существующих или проектируемых сооружений, деревьев и кустарников, при наличии локальных понижений (замкнутых или неполностью замкнутых) может оказаться целесообразным применение лучевого дренажа.

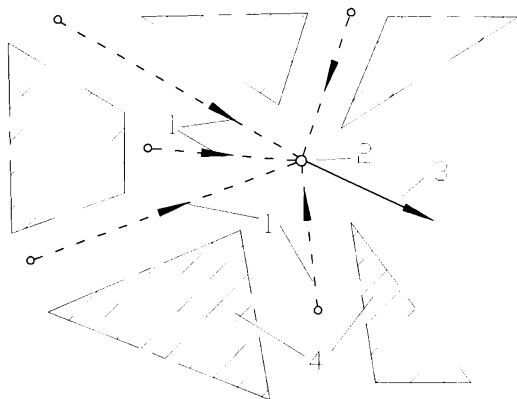


Рис. 8.12. Схема дренажной системы «лучевой дренаж».

1 – дрены-«лучи», 2 – центральный колодец, 3 – отводящий коллектор, 4 – занятые территории.

Лучевой дренаж состоит из линейных дрен-«лучей», центрального колодца и отводящего коллектора (рис. 8.12). Линейные дрены обеспечивают понижение УГВ. Дренажный сток собирается в центральном колодце. Транспорт воды в водоприемник осуществляется отводящим коллектором. В сложных случаях (в замкнутых понижениях) центральный колодец может быть оборудован насосом-автоматом.

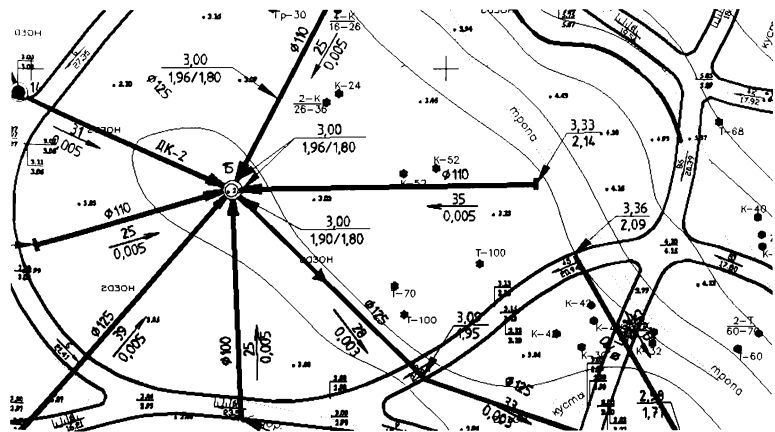


Рис. 8.13. Пример использования лучевого дренажа в парке



центральной части здания (сооружением) и обеспечивается глубиной заложения дренажных линий.

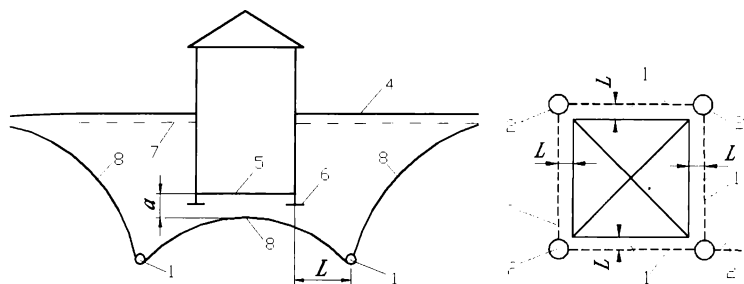


Рис. 8.15. Схема дренажной системы «кольцевой дренаж»: 1 – дрена, 2 – колодец, 3 – коллектор, 4 – планировочные отметки, 5 – пол подвала, 6 – подошва фундамента, 7 – исходный УГВ, 8 – пониженный УГВ.  $a$  – норма осушения,  $L$  – расстояние от стены до оси дрены

При значительной глубине заложения дренажа возможны негативные последствия:

- при понижении УГВ происходит частичное удаление воды из порового пространства, вследствие чего происходит перераспределение давления в скелете грунта, что может повлечь за собой дополнительную и, возможно, неравномерную осадку фундаментов;
- возможен вынос из-под основания фундамента мелких частиц грунта потоком грунтовых вод в дренаж;
- возможна потеря устойчивости откоса между подошвой фундамента и дном дренажной траншеи.

Негативные последствия сводятся к минимуму при обеспечении минимально допустимого расстояния от стены здания до оси дренажа:

$$L = l_1 + l_2 + l_3,$$

где:  $l_1$  — уширение фундамента;  $l_3 = 0,5b$  — половина ширины проективной траншеи  $b$ ;  $l_2 = (\Delta\Phi - \Delta Др) / \text{tg } \varphi$  — минимальное расстояние из условий устойчивости откоса;  $\Delta\Phi$  — отметка подошвы фундамента;  $\Delta Др$  — отметка заложения дренажа;  $\text{tg } \varphi$  — угол внутреннего трения.

Минимально допустимое расстояние от стены здания до оси дренажа в основном определяется величиной заглубления дрены под основание фундамента ( $\Delta\Phi - \Delta Др$ ) и зависит от значения угла внутреннего трения водонасыщенного грунта (пески крупнозернистые 40–38°; пески среднезернистые 40–35°; пески мелкие 38–28°; пески пылеватые 26–26°; супеси 28–21°; суглинки 26–7°).

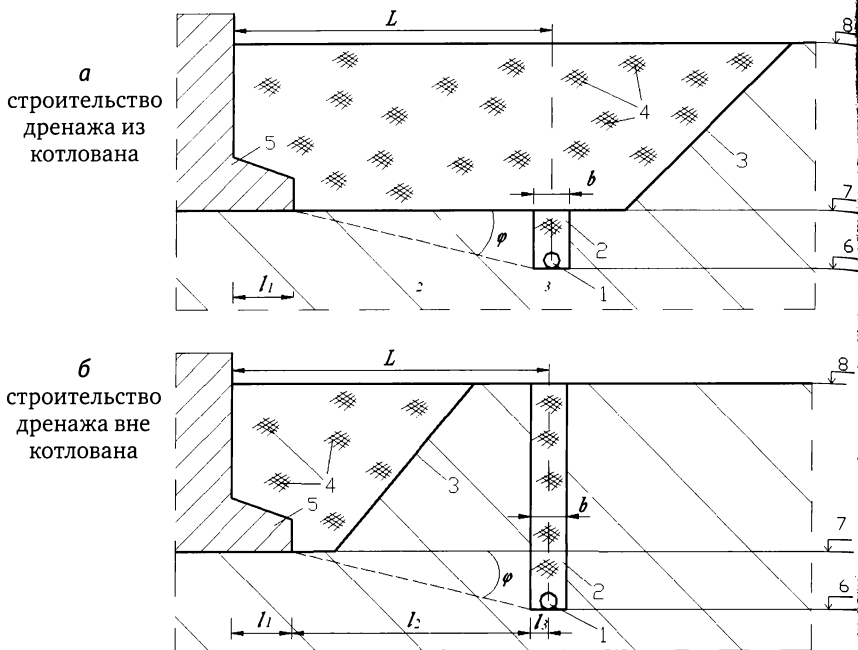


Рис. 8.16. Определение минимальное расстояния от стены здания до оси кольцевого дренажа. 1 – дрена, 2 – траншея, 3 – котлован, 4 – обратная засыпка, 5 – фундамент, 6 – отметка заложения дренажа, 7 – отметка подошвы фундамента, 8 – планировочная отметка

Аналогичная проверка должна быть выполнена для зданий (сооружений), расположенных вблизи внешнего контура дренажа.

В ряде случаев более рациональным может оказаться использование вертикального кольцевого дренажа в виде системы водопонизительных колодцев или скважин с механической откачкой воды.

### 8.8. Пристенный дренаж

Пристенный (прифундаментный) дренаж применяют для защиты от подтопления подвальных помещений и подполий зданий, закладываемых ниже уровня грунтовых вод. Применение пристенных дренажей исключает контакт грунтовых вод с боковой вертикальной поверхностью подземной части здания, исключает гидростатическое давление воды на эти поверхности, облегчает условия работы гидроизоляции. Недостатком применения пристенных дренажей является контакт грунтовых вод с основанием подземной части здания и возможный приток грунтовых вод в подземную часть здания через водопроницаемое основание.

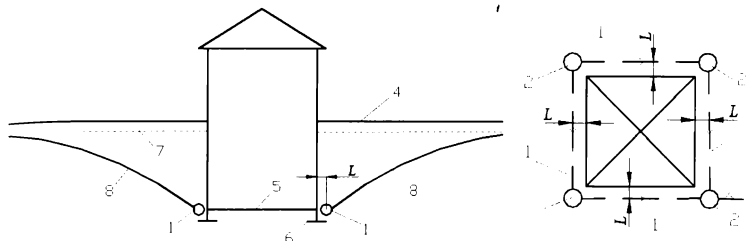


Рис. 8.17. Схема дренажной системы «пристенный дренаж».

1 – дрена, 2 – колодец, 3 – коллектор, 4 – поверхность земли, 5 – пол подвала, 6 – фундамент, 7 – исходный УГВ, 8 – пониженный УГВ,  $L$  – расстояние от стены до оси дрены

Пристенный дренаж может использоваться в качестве «профилактического» дренажа (при глубоком залегании грунтовых вод) в качестве защиты от скопления воды в пазухах котлованов, особенно в глинистых и суглинистых грунтах.

Пристенные дрены прокладывают вдоль стены по внешнему контуру здания. Минимальное расстояние от стены здания до оси дренажной трубы  $L = l_1 + l_2$ , где:  $l_1$  – расстояние от поверхности стены здания до стенки дренажной трубы (минимум 0,15м);  $l_2 = 0,5 d_{mp}$  – половина диаметра дренажной трубы  $d_{mp}$ .

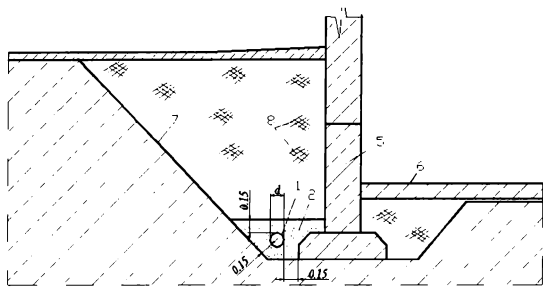
Пристенные дрены, как правило, прокладываются на отметках не ниже подошвы ленточного фундамента или основания фундаментной плиты (рис. 8.18, а). При большой глубине заложения фундаментов (от отметки пола подвального помещения) пристенные дрены могут быть заложены выше подошвы фундаментов (рис. 8.18, б) при условии принятия мер против просадки дренажных труб.

Дренажная труба, как правило, прокладывается в фильтрующей обертке толщиной не менее 0,15м.

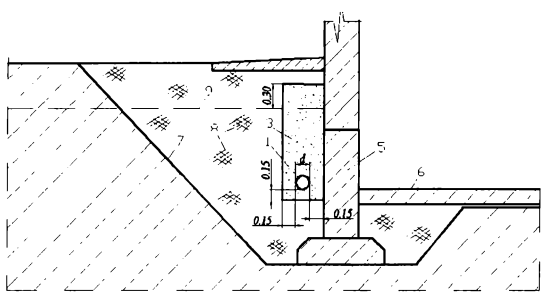
В сложных условиях (слоистые грунты, образование верховодки, интенсивная инфильтрация в пазуху котлована и т.д.) над дренирующей насыпкой рекомендуется устройство дренирующей призмы (рис. 8.18, б, с). Верх призмы должен превышать на 0,3м водоносные слои грунта, уровень возможного образования верховодки или непониженного уровня грунтовых вод.

Использование геосинтетических материалов позволяет значительно уменьшить объем дренирующей призмы. В этом случае в качестве дренирующей призмы используют конструкцию из геосинтетических материалов, состоящую из водонепроницаемого и водопроницаемого слоев, разделенных объемной решеткой. Объемная решетка обеспечивает даже в условиях давления грунта наличие водопроводящей полости между слоями толщиной 1-3см. Водонепроницаемый слой закрепляется на внешней поверхности подземной части. После обратной засыпки пазухи котлована грунтовые воды через водопрони-

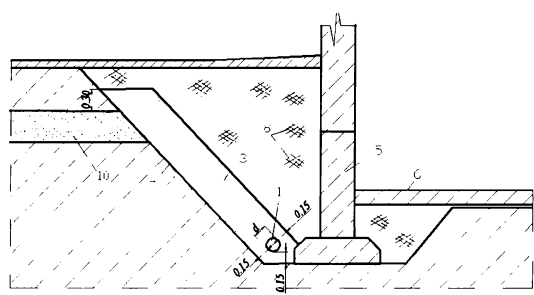
a



б



в



г

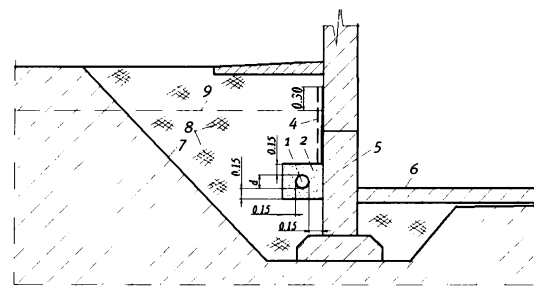


Рис. 8.18. Конструкция пристенных дрен.

- 1 – трубчатая дрена, 2 – фильтрующая обсыпка, 3 – дренирующая призма,
- 4 – дренажная оболочка, 5, 6 – стена и пол подземной части здания,
- 7 – строительный котлован, 8 – обратная засыпка, 9 – исходный УГВ,
- 10 – слой грунта с высокими фильтрационными свойствами

Следующий слой попадают в водопроницающую полость, стекают вниз и поступают в дренажную трубу. Материалы слоев, конструкция объемной решетки различны у различных изготовителей.

Смотровые колодцы, входящие в состав системы «пристенный дренаж», устанавливаются на поворотах пристенных дренажей у выступов зданий. Установка колодцев не обязательна, если расстояние между поворотами менее 20м, в этом случае колодцы устанавливают через один поворот.

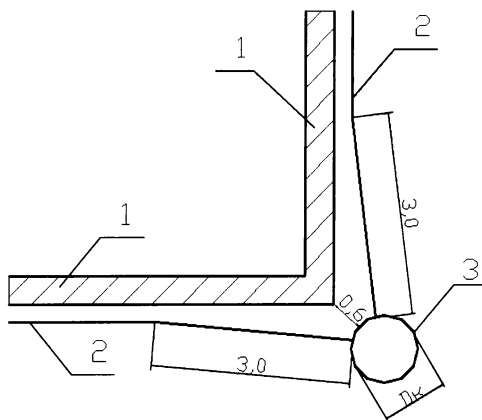


Рис. 8.19. Схема установки колодцев на углах здания

В случае, когда пристенные дренажи проходят на минимальном расстоянии от стены, с целью обеспечения минимального расстояния от стены здания до стенки колодца равного 0,6м, допускается смещенное положение пристенных дренажей относительно оси рабочей камеры колодца. В этом случае на участке прилегающем к колодцу (2-3м) трасса дренажа удаляется от стены примерно на 0,7м (рис. 8.18).

При отсутствии поворотов рекомендуется устанавливать колодцы не более чем через 50м.

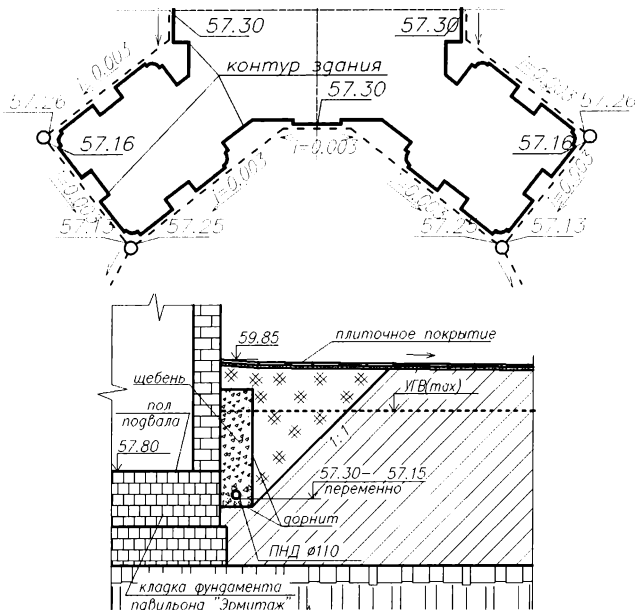


Рис. 8.20. Схема использования пристенного дренажа при реконструкции исторического здания

### 8.9. Пластовый дренаж

Пластовый дренаж применяют для защиты подземных сооружений от подтопления, а также для обеспечения нормальной эксплуатации плоскостных сооружений (проезжей части дорог и улиц, плоскостны спортивных сооружений). Может использоваться как «профилактический» дренаж при глубоком залегании грунтовых вод, например, при строительстве сооружений в зоне капиллярного увлажнения грунто

Пластовый дренаж состоит из пластовой дрены, водосборного коллектора и отводящего коллектора (рис. 8.21).

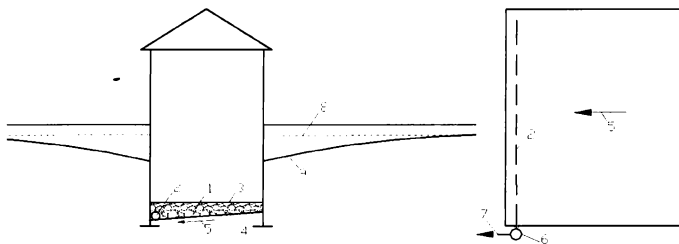
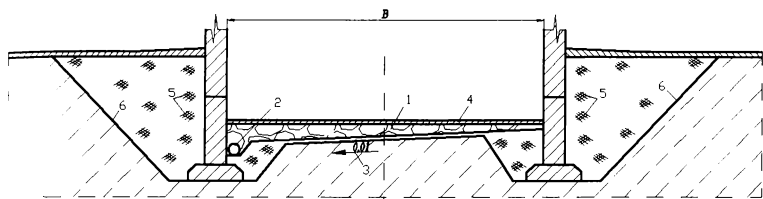


Рис. 8.21. Схема дренажной системы «пластовый дренаж».

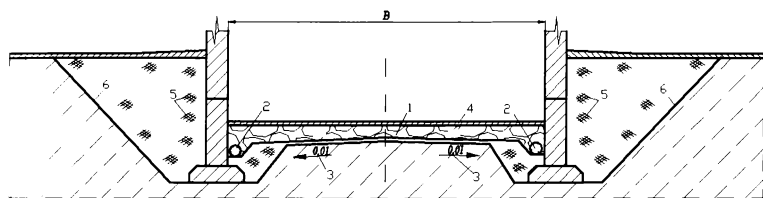
1 – пластовая дрена, 2 – водосборный коллектор, 3 – основание сооружения (пол подвала), 4,5 – соответственно основание и уклон основания фильтрующего пласта, 6 – дренажный колодец, 7 – отводящий коллектор

Конструкция водосборного коллектора, обеспечивающего отвод воды из фильтрующего пласта, зависит от конкретных условий, прежде всего от конструкции сооружения. Водоотводящие коллекторы могут быть выполнены в виде трубчатых или бесполостных дрена.

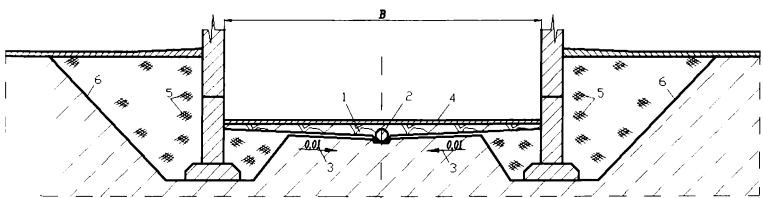
При ширине здания (сооружения) до 30м основание пластового дренажа может представлять собой односкатный профиль, а водосборный коллектор может располагаться внутри здания вдоль одной из стен (рис. 8.22, а; рис. 8.23, а).



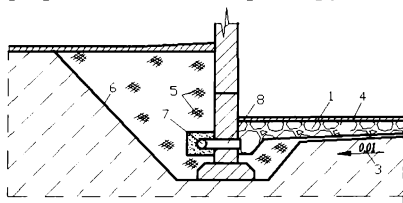
а – односкатный профиль основания фильтрующего пласта ( $B \leq 30\text{м}$ )



б – двускатный профиль основания фильтрующего пласта ( $B > 30\text{м}$ )



в – двускатный профиль основания фильтрующего пласта ( $B > 30\text{м}$ )



г – комбинация «пристенный + пластовой дренаж»

Рис. 8.22. Конструкция пластового дренажа: 1 – фильтрующий пласт, 2 – водосборный коллектор, 3 – направление и уклон основания фильтрующего пласта, 4 – пол (основание сооружения), 5 – обратная засыпка, 6 – строительный котлован, 8 – пристенная дрена, 7 – труба-гильза,  $B$  – ширина сооружения

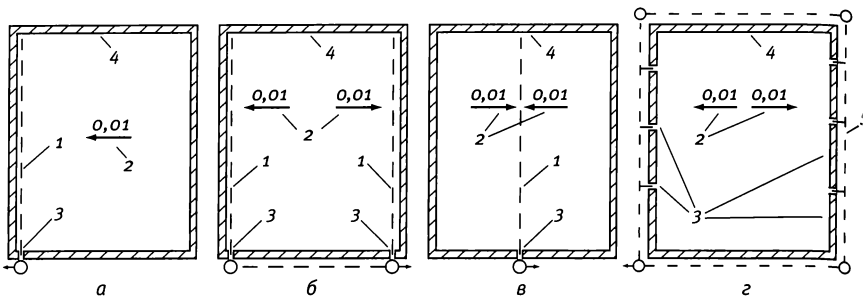


Рис. 8.23. Вар-ты расположения отводящей системы пластового дренажа:  
 а – внутри здания вдоль одной стены (границы сооружения),  
 б – внутри здания вдоль двух стены (границ сооружения),  
 в – внутри здания в центральной части здания (сооружения),  
 г – снаружи здания комбинация «пристенный + пластовый дренаж».  
 1 – водоотводящий коллектор, 2 – уклон основания фильтрующего пласта,  
 3 – труба-гильза, 4 – стены здания, 5 – пристенный дренаж

При ширине здания (сооружения) 30-60м основание пластового дренажа представляет собой двускатный профиль, а водосборные коллекторы располагаются в центральной части здания или вдоль стен (рис. 8.22, б, в; рис. 8.23, б, в).

При ширине сооружения более 60м основание пластового дренажа представляет собой пилообразный профиль (рис. 8.24).

Водоотводящие коллекторы могут располагаться снаружи здания вдоль одной или двух стен. В этом случае отвод воды из внутренней части здания осуществляется через отверстия (трубы-гильзы) в фундаменте (рис. 8.22, г; рис. 8.23, г).

Водоотводящие коллекторы для пластовых дренажей, расположенные вдоль стен снаружи здания могут выполнять функции пристенных дрен, то есть создается комбинация двух систем дренажа – дренажная система «пристенный + пластовый дренаж».

Пластовый дренаж с основанием пилообразного профиля применяется в промышленном и гражданском строительстве для дренирования оснований значительных по площади заглубленных сооружений

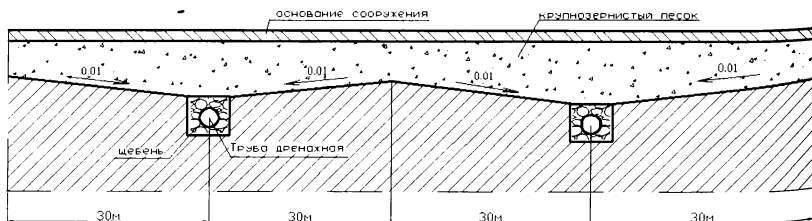


Рис. 8.24. Пластовый дренаж с основании пилообразного профиля

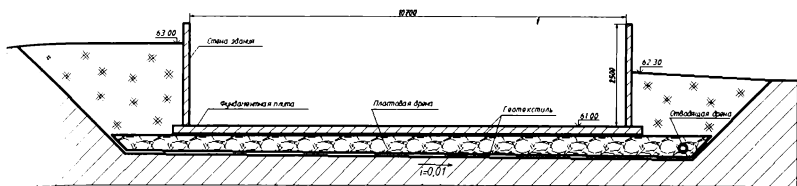


Рис. 8.25. Пример использования пластикового дренажа при строительстве коттеджа на фундаментной плите

например, подземных автостоянок) или при строительстве открытых плоскостных сооружений (например, спортивных площадок и стадионов) на тяжелых грунтах.

В ландшафтном строительстве такая схема используется при освоении участков расположенных на глинах и тяжелых суглинках. В этом случае основанием сооружения являются газоны, площадки, дорожки.

На рисунке 8.25 представлена схема использования пластикового дренажа при строительстве коттеджа на фундаментной плите. По дну котлована (уклон 0,01) укладывается геотекстиль с высокими фильтрационными характеристиками. По геотекстилю отсыпается и уплотняется щебень. В слой щебня по краю котлована укладывается водосборный коллектор. По поверхности щебня укладывается рубероид или геотекстиль высокой плотности, используемый для разделения слоев грунта. Поверх геотекстиля устраивается основание сооружения: при строительстве фундаментной плиты или монолитного пола, как правило, устраивается слой из щебня 0,1–0,15м с пропиткой тощим бетоном; при строительстве плоскостных сооружений – нижний слой конструкции покрытия сооружения.

Особое внимание следует обратить на защиту фильтрующего слоя щебня от засорения в процессе строительства.

Применение пластикового дренажа особенно эффективно в слабопроницаемых грунтах, где линейные, кольцевые и пристенные дренажи недостаточно эффективны. Пластовый дренаж устраивают одновременно с проведением работ по строительству самих защищаемых сооружений. Он является довольно простым по конструкции и надежным при эксплуатации. Пластовые дренажи могут применяться в комбинации с другими видами дренажа (кольцевым, пристенным, сопутствующим).

Пластовые дренажи используют для дренирования основания проезжей части улиц в тех случаях, когда в основании улиц залегают пылеватые пески, суглинки или супеси. Это уменьшает негативные последствия пучения грунтов при промерзании и значительных динамических нагрузок на проезжую часть (движение большегрузных автомобилей, трамваев). В этом случае под проезжей частью укладываются дренирующие слои, а вдоль улицы (сбоку или по центру проезжей части) прокладывают водоотводную систему – сопутствующий дренаж.

## 8.10. Дренаж подпорных стенок

Подпорные стенки широко используются в ландшафтном строительстве в качестве основного элемента в проектах организации рельефа вертикальной планировки. С помощью подпорных стенок реализуется метод террасирования территорий – преобразования естественных склонов со значительными уклонами в террасы с комфортными условиями эксплуатации.

Конструкции подпорных стенок весьма разнообразны. Они варьируются по материалу, технологии строительства, способу обеспечения устойчивости, высоте. При малой высоте стенок (до 1м) горизонтальное давление грунта на стенку невелико; как следствие этого, устойчивость (сопротивление горизонтальному давлению грунта) обеспечивается простыми конструкциями стенок. При увеличении высоты стенок (до 2-3м и более) обеспечение устойчивости требует значительного усложнения конструкции стенок.

Наличие уровня грунтовых вод за подпорной стенкой на высоте 2-3м над отметкой нижней террасы значительно усложняет условия работы подпорной стенки, ухудшая ее устойчивость:

- горизонтальное давление грунтовых вод на стенку может достигать нескольких тонн на погонный метр;
- контактная фильтрация под основанием стенки может привести к вымыванию частиц грунта;
- морозное пучение пучинистых грунтов насыщенных водой (в основании и обратной засыпке подпорной стенки) в зимний период ухудшает устойчивость подпорных стен.

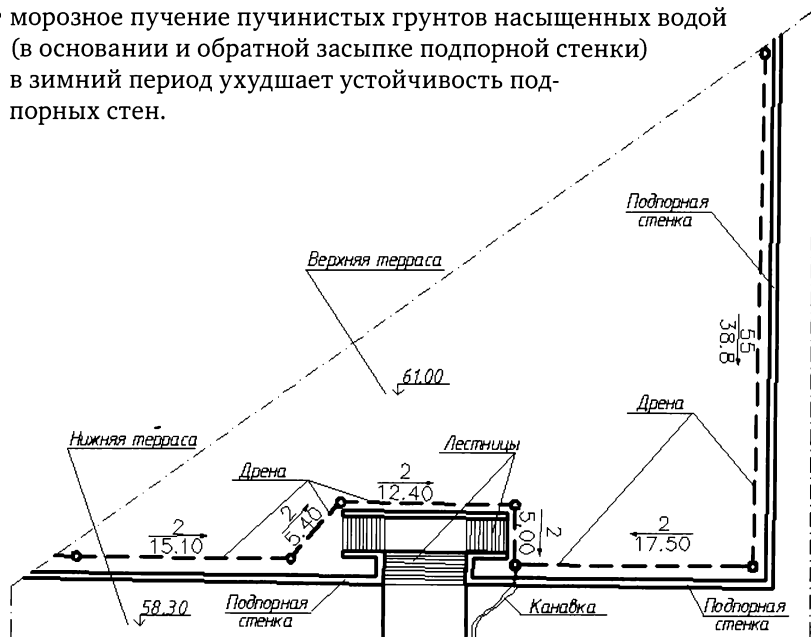


Рис. 8.26. Пример дренажа подпорной стенки: а – план

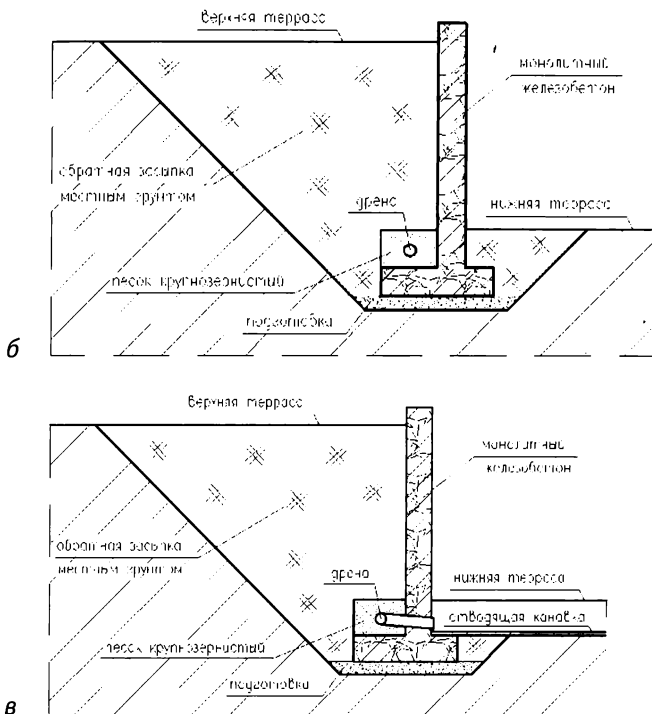


Рис. 8.26. Пример дренажа подпорной стенки:  
б – конструкции дренажа, в – вывод дренажных вод из-за стенки

Устройство дренажа сводит к минимуму выше перечисленные факторы, негативно влияющие на устойчивость подпорной стенки. Конструктивно дренаж подпорных стенок аналогичен конструкции пристенного (прифундаментного) дренажа (рис. 8.26). Вывод воды из-за подпорной стенки осуществляется либо в обход стенки, либо через отверстия в стенке.

Существуют примеры, когда вывод дренажных вод из-за подпорной стенки оформлялся в виде родника или грота. Особенно эффектно данное решение выглядит при постоянном и значительном расходе дренажного стока.

### 8.11. О выборе конструкции осушительной дренажной системы

Разработка конструкции осушительной дренажной системы на каждом конкретном участке территории является в подавляющем большинстве случаев уникальной задачей. Индивидуальность решения определяется уникальностью сочетания природных и антропогенных факторов:

- топография участка и прилегающей территории;
- геологическое строение;
- гидрологические и гидрогеологические условия;
- конструкция здания, в первую очередь подземной части здания;
- проектный генплан участка, территории;
- организация рельефа;
- конструкция системы водоотвода (ливневой канализации);
- наличие инженерных сетей.

Вышеперечисленная информация является, в общем случае, не обходимым набором исходной информации для разработки проекта дренажной осушительной системы, хотя на небольших по площади и простых по природным условиям участках требуемый набор исходной информации значительно сокращается.

В некоторых случаях определение конструкции дренажной системы сводится к применению одного из типов дренажных систем рассмотренных выше в данной главе. Такой подход обоснован для участков и территорий с низкой степенью застройки при наличии одного ярко выраженного типа водного питания являющегося причиной переувлажнения участкам. Иллюстрацией такого подхода является таблица 8.1, аналогичные таблицы были представлены разными авторами, на пример [11].

Данная таблица является иллюстрацией выбора конструкции дренажной системы в зависимости от условий водного питания и типа грунтов, основанного на следующих положениях:

- на территориях, где распространены песчаные грунты, следует применять системы дренажей, обеспечивающие общее понижение уровня подземных вод;
- локальные дренажи применяются для защиты от подтопления отдельных заглубленных сооружений;
- на территориях, где распространены глинистые и суглинистые грунты, следует применять локальные дренажи;
- перехватывающие дренажи эффективны в случае, когда преобладающей причиной подтопления является приток грунтовых вод из-за границ защищаемой территории; в условиях атмосферного типа водного питания их влияние снижается до уровня локальных дренажей. Эффективность перехватывающих дренажей повышается при их заложении на глубину близкую к залеганию водоупора.

**Табл. 8.1.** Типы дренажных систем и условия их применения

Тип дренажной системы	Причина переувлажнения	Тип грунтов
Головной дренаж	Приток грунтовых вод с вышерасположенных территорий	Пески, супеси
Береговой дренаж	Приток грунтовых вод из открытых водоемов	Пески, супеси, легкие суглинки
Систематический дренаж	Инфильтрация атмосферных осадков, грунтово-напорные воды	Пески, супеси, легкие суглинки
Кольцевой дренаж	Инфильтрация атмосферных осадков	Пески, супеси, легкие суглинки
Пристенный дренаж	Инфильтрация атмосферных осадков	Суглинки, глины
Пристенный профилактический дренаж	Инфильтрация атмосферных осадков	Пески, супеси суглинки, глины
Пластовый дренаж	Инфильтрация атмосферных осадков, грунтово-напорные воды	Суглинки, глины

При наличии на участке большого числа заглубленных зданий, сооружений возрастает необходимость в большом числе локальных дренажей. Суммарный осушительный эффект от локальных дренажей в условиях плотной компоновки заглубленных зданий и сооружений может обеспечить общее понижение грунтовых вод, особенно на территориях с преобладанием песков и супесей.

В условиях плотной компоновки заглубленных зданий и сооружений можно реализовать конструкцию систематического дренажа. В таких условиях осушительный эффект достигается путем дополнения локальных дренажей одиночными дренами или дренами объединенными по типу лучевого дренажа.

Следует особенно подчеркнуть обязательную увязку проекта дренажной системы с проектом генплана участка, проектом организации рельефа, проектом благоустройства и ливневой канализации.

## 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

### 9.1. Последовательность проектирования дренажных систем

Проектирование дренажных систем состоит, в общем случае, из следующих этапов:

**1. Сбор исходных данных.** Исходными данными для проектирования дренажных систем является следующая информация:

- результаты топографической съемки территории, описывающие границы, естественный рельеф и существующие сооружения на участке (на профессиональном неофициальном уровне может быть использован термин «топоснова» участка);
- результаты геологических и гидрогеологических изысканий, описывающие строение грунтов участка: геологические разрезы, сведения о физико-механических свойствах грунтов, сведения о водоносных слоях и условиях водного питания («геология» участка);
- проект размещения зданий, сооружений, инженерных сетей, площадок, дорог, посадок зеленых насаждений и т.д. («генплан» участка);
- проект организации рельефа (вертикальной планировки) территории («вертикалка»);
- информация о конструкции подземных частей и сооружений.

Полезным дополнением к исходным данным являются материалы на турного обследования и фотофиксации, выполненные во влажные периоды года.

**2. Анализ условий водного питания, топографического, геологического строения участка.** Анализ топографии, условий водного питания, геологического строения участка позволяет выявить приоритетные причины переувлажнения территории. Анализ причин переувлажнения территории с учетом данных генплана, проекта организации рельефа и информации о конструкции зданий и сооружений позволяет выявить приоритетные причины подтопления зданий и сооружений (глава 4).

Результатом анализа является разработка схемы переувлажнения территорий и подтопления сооружений. На основании схематизации выполняется проектирование планового и высотного положения дренажной системы.

**3. Определение планового и высотного положения дренажной системы.** Определение планового расположения дренажной системы выполняется на генплане с учетом результатов схематизации переувлажнения территорий и подтопления сооружений. Определение высотного положения дренажной системы выполняется в соответствии с планом дренажной системы, необходимой глубины заложения дрен, допустимого уклона дрен.

В некоторых случаях после разработки высотного положения дренажа проявляется необходимость корректировки планового положения дренажной системы.

**4. Выполнение гидравлических расчетов.** Выполнение гидравлических расчетов дренажных систем обязательно в случае сложных природных условий, сложных конструкций подземных частей зданий и сооружений. К таким ситуациям можно отнести: отсутствие возможности самотечного стока дренажных вод из дренажной системы, значительное заглубление подземных элементов здания под уровень грунтовых вод, близкое залегание напорных грунтовых вод, интенсивный приток грунтовых вод с вышележащей территории и т.д.

В случае простых природных условий, отсутствия сложных сооружений, при небольшой площади участка (до 3000-5000м<sup>2</sup>) выполнение гидравлического расчета будет носить формальный характер.

**5. Разработка конструкций отдельных элементов дренажных систем.** В большинстве случаев в проектах дренажных систем используются типовые решения конструкций дрен, каналов, дренажных колодцев, устьевых сооружений, труб-переездов, насосных станций и т.д.

## **9.2. Расположение дрен в вертикальной плоскости**

Расположение дрен в вертикальной плоскости (или высотное положение дрен) полностью определяется отметками заложения в начале и конце каждого участка дрены. Под отметкой заложения дрены понимают отметку лотка трубчатой дрены или отметку дна открытой дрены. Разность отметок поверхности земли (планировочных отметок) и отметок заложения дрен называется глубиной заложения дрен.

**Глубина заложения дрен** должна удовлетворять следующим условиям:

1. **Норма осушения** – обеспечение нормы осушения в пределах заданной территории или объекта.

2. **Движение автотранспорта** – защита от разрушения в условиях движения по поверхности автотранспорта, строительных машин и механизмов.

3. **Глубина промерзания** – сохранение работоспособности в зимних условиях.

4. **Давление грунта** – сохранение конструктивной целостности под действием давления грунта.

**Обеспечение нормы осушения** – требование, которое следует из цели строительства дренажной системы – обеспечение понижения УГВ на глубину, обеспечивающую нормальные условия эксплуатации заданной территории или объекта (глава 3). Различное использование территории требует различной величины понижения УГВ. Из этого следует что, при определении глубины заложения дренажа необходимо учитывать планируемое использование территории. Так, при использовании одной и той же территории глубина заложения дренажа может существенно отличаться при проектировании устройства газона или автостоянки; при организации посадок крупных деревьев или кустарников, газонов.

После строительства дрен форма поверхности УГВ изменяется от первоначального прямолинейного до криволинейного очертания, близкого к эллиптическому очертанию (глава 8, рисунки). Если УГВ в непосредственной близости у дрены практически равен глубине заложения дренажа, то по мере удаления от дрены УГВ будет подниматься над глубиной заложения дренажа. Таким образом, глубина заложения дренажа должна складываться из величины нормы осушения и расчетного подъема УГВ над глубиной заложения дренажа (рис. 9.1).

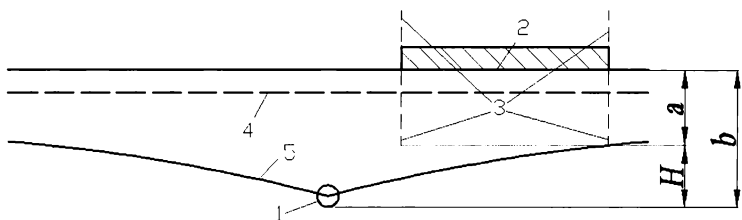


Рис. 9.1. К определению глубины заложения дрен.

- 1 – дрена; 2, 3 – основание и границы сооружения;  
4, 5 – исходный и проектный УГВ;  $a$  – норма осушения;  
 $b$  – глубина заложения дрен;  $H$  – превышение УГВ над дренай

**Движение автотранспорта.** При малой величине глубины заложения дрен возможно их разрушение при движениях над ними по поверхности земли автотранспорта, строительных машин и механизмов. Одним из способов защиты дрен от этой причины разрушения является заглубление дрен под планировочную поверхность. Считается, что величина заглубления менее 0,8м не обеспечивает конструктивную целостность дрен.

**Глубина промерзания.** Проблема сохранения работоспособности дренажа в зимних условиях связана с явлениями промерзания и морозного пучения грунтов (глава 2). Гарантированное решение этой проблемы состоит в заложение дренажа ниже глубины промерзания.

В условиях г.Санкт-Петербург расчетная глубина промерзания составляет [6]: в глинах и суглинках – 1,2м; в супесях, пылеватых и мелкозер-

песках – 1,45м; в средне и крупнозернистых песках – 1,55м.

Глубина промерзания зависит от географического расположения проектируемого объекта. В Ленинградской области глубина промерзания в суглинистых грунтах возрастает с запада на восток:

- граница Ленинградской и Вологодской областей – 1,4-1,5м;
- центр Ленинградской области – 1,2м;
- граница Ленинградской области и Эстонии, Финляндии (южная часть) – 1,0м;

В качестве замечания можно подчеркнуть, что в Калининградской области РФ, в странах Прибалтики и южных регионах Скандинавии глубина промерзания составляет менее 0,7м, то есть проблема сохранения работоспособности дренажа в зимних условиях в этих регионах практически отсутствует в связи с незначительным промерзанием грунтов.

Строительство дрен с заложением ниже глубины промерзания в нашем регионе связано со значительными объемами земляных работ. Также это связано со значительным заглублением водоотводящих коллекторов (до 2–3м и более). Последнее обстоятельство может привести к невозможности самотечного сброса дренажных вод в водоприемник, что может повлечь за собой необходимость устройства водоподъемных насосных станций.

Усложнение и увеличение стоимости строительства дренажа в соответствии с увеличением нормативной глубины промерзания вызывает в ряде случаев необходимость рассмотреть варианты строительства дренажа с меньшей глубиной заложения.

Значение глубины заложения дрен меньше глубины промерзания можно обосновать, учитывая степень морозного пучения грунтов и наличие снежного покрова.

В сильнопучинистых грунтах (мелкозернистые, пылеватые пески, супеси, легкие суглинки) заложение дрен в пределах глубины промерзания через несколько лет (точнее, зим) эксплуатации, с высокой степенью вероятности вызовет, изменение проектного продольного прямолинейного уклона на непрогнозируемую криволинейную форму продольного профиля дрен. В результате этого происходит снижение функциональности дрен, вплоть до полного прекращения их работоспособности. В слабопучинистых грунтах (крупно и среднезернистые пески) этот фактор менее значим.

Наличие снежного покрова уменьшает величину глубины промерзания. На площадках, расчищаемых от снега, расположенных на сильнопучинистых грунтах, глубина заложения должна быть более глубины промерзания. На территориях со снежным покровом глубина заложения дренажа может быть меньше глубины промерзания. Вероятно, основываясь на этих тезисах для осушения сельскохозяйственных угодий в соответствии [3] глубина заложения дрен равняется 1-1,1м для минеральных грунтов не зависимо от региона.

Считается, что безполостные конструкции дрен могут иметь заложение менее глубины промерзания. Обоснованность такого решения не очевидна – в результате морозного пучения сохраняется такая же вероятность нарушения проектного продольного уклона, как и у трубчатых конструкций дрен.

**Давление грунта.** Под действием давления грунта, которое увеличивается с увеличением глубины заложения дренажа, возможно разрушение трубчатых дрен.

Асбестоцементные трубы диаметром 150-200мм выдерживают давление грунта до 5-8м, то есть пригодны в ландшафтном и коттеджном строительстве практически без ограничения.

Пластмассовые трубы различной конструкции по разному сопротивляются смятию под давлением грунта, большинство из них выдерживают давление слоя грунта до 3м, что практически не ограничивает их применение в ландшафтном строительстве.

При необходимости строительства глубоких дренажей целесообразно уточнить допустимую глубину заложения труб, которая должна быть указана производителем труб.

**Отметка заложения начала дрен** должна обеспечивать глубину заложения дрен не меньше чем по 1, 2 и 3 условиям, но не большую чем по 4 условию.

**Отметка заложения окончания дрены** (в точке присоединения к коллектору или водоприемнику) определяется отметкой заложения начала дрены, а также уклоном  $i_{др}$  и длиной дрены  $L_{др}$  (рис.9.2).

$$Др^n = ПЗ^n - b^n$$

$$Др^к = Др^n - L_{др} \times i_{др}$$

$$b^к = ПЗ^к - Др^к$$

$$\Delta b = b^к - b^n = (i_{др} - i_{нз}) \times L_{др}$$

Основное требование при определении уклона дрены – уклон дрены не должен быть менее допустимого по условиям заиливания (глава 5.7).

При выборе уклона и длины дрены необходимо учитывать:

- при равенстве уклона дрены и уклона планировочных отметок по трассе дрены достигается равномерность водопонижения и минимальная стоимость строительства дренажа;
- увеличение уклона дрены по сравнению с уклоном планировочных отметок по трассе дрены, особенно при значительной длине дрены, приводит к увеличению глубины заложения дренажа в конце трассы дрены, как следствие этого:
  - усложнение технологии и увеличению стоимости строительства;
  - увеличение неравномерности водопонижения по трассе дрены;
  - возникновение затруднений с самотечным сбросом дренажных вод из дренажных систем.

- увеличение длины дрены в условиях малых уклонов планировочных отметок по трассе дрены также приводит к увеличению глубины заложения дренажа в конце трассы дрены (негативные последствия такого решения указаны выше).

Следует отметить, что увеличение глубины заложения дрен по длине приводит к большей глубине водопонижения замыкающих створах дрен. Если неравномерность водопонижения вдоль по трассе дрен в условиях промышленно-гражданского строительства является мало значимым фактором, то в условиях ландшафтного строительства это является значимым фактором, приводящим к неравномерности развития растений по площади.

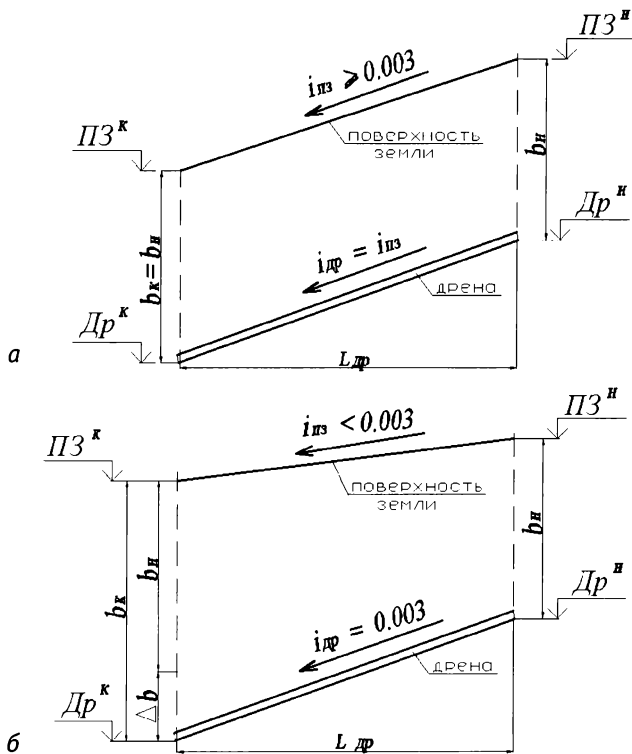


Рис. 9.2. Определение уклона и глубины заложения дрены в конце.  
 а – при уклоне поверхности земли не менее 0,003;  
 б – при уклоне поверхности земли менее 0,003

### 9.3. Расположение дренажных систем в плане

С точки зрения проектирования расположения дрен в плане можно выделить две группы территорий:

- «свободные» – территории свободные от застройки, дорог и проездов, посадок крупных деревьев; примером могут служить газоны, луга, гольф-поля, сельскохозяйственные угодья и т.д.;
- «несвободные» – территории, занятые застройкой, с сетью дорог и проездов, с посадками деревьев, с созданием искусственного рельефа.

Эти группы территорий имеют особенности при проектировании планового расположения дрен:

- на «свободных» территориях основным фактором является рельеф местности; основным видом дренажной системы – систематический дренаж (глава 8.5);
- на «несвободных» территориях основным фактором является генплан территории (план с указанием расположения зданий, сооружений, дорог, посадок); а для водопонижения используются локальные дренажные системы – пристенный, кольцевой, пластовый, лучевой, сопутствующий дренажи (главы 8.2-8.4, 8.6-8.10).

Эти группы территорий, как правило, отличаются с точки зрения организации рельефа:

- для «свободных» территорий характерно максимальное сохранение естественного рельефа;
- для «несвободных» территорий характерно выполнение работ по организации рельефа и вертикальной планировке, в результате чего естественный рельеф поверхности земли превращается в организованную искусственную поверхность, описываемую планировочными отметками.

**9.3.1. Расположение дренажных систем в плане на «свободных» территориях.** Плановое расположение дрен на «свободных» территориях с естественным рельефом в основном выполняется с использованием схемы систематического дренажа. Эта дренажная система предполагает расположение дрен равномерно по всей площади осушаемой территории, параллельно друг другу. Достаточно подробно данный вопрос рассмотрен в работах посвященных проектированию мелиоративных систем сельскохозяйственного назначения [14, 15].

Для одного участка может быть разработано несколько вариантов планового расположения дрен, отличающихся положением их трасс относительно горизонталей (рис. 9.3).

Если расположить трассу дрен параллельно горизонталям, это будет означать, что уклон по поверхности земли по трассе дрены равен нулю (рис. 9.3.а). В этом случае для обеспечения минимально допустимого уклона дрены необходимо увеличение заглубления конца дрены по сравнению с заглублением начала дрены (рис. 9.2.б). В этом случае возрастают объемы строительных работ и стоимость строительства,

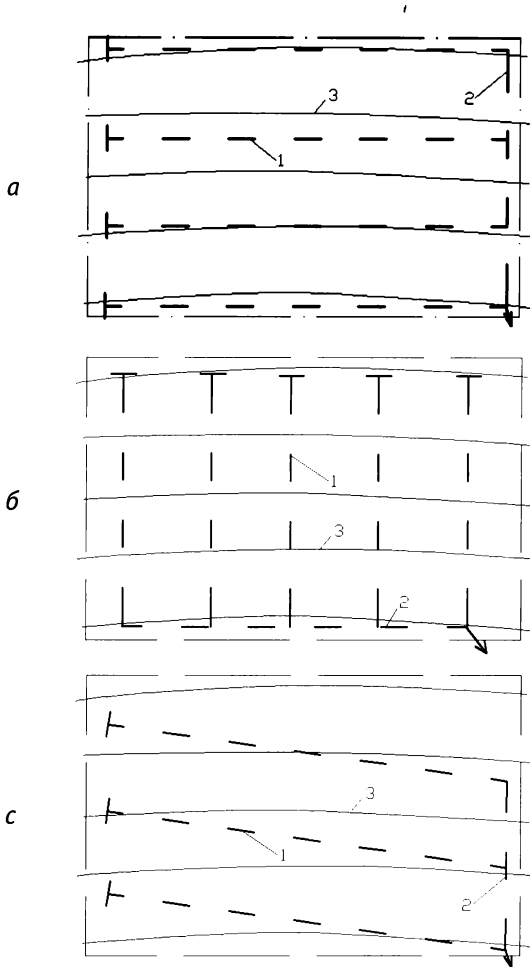


Рис. 9.3. Расположение дрен относительно горизонталей.  
1 – дрены, 2 – коллектор, 3 – горизонталей

могут возникнуть проблемы связанные с отсутствием самотечного сброса дренажных вод в водоприемник.

Если расположить трассы дрен перпендикулярно горизонталям (рис. 9.3.б), это будет означать, что уклон поверхности земли по трассе дрен является максимальным для данного участка. При этом если значение уклона поверхности земли не менее 0,003 (рис. 9.2.а), то целесообразно принять уклон дрен равным уклону поверхности земли. Это обуславливает расположение дрен параллельно поверхности земли, а значит минимальные объемы земляных работ, минимальное заглубление коллектора. Если значение уклона поверхности земли менее 0,003, то уклон дрен необходимо принять равным 0,003 (рис. 9.2.б).

Это обуславливает дополнительное заглубление дрен и коллекторов, увеличение объемов земляных работ.

Рассмотренные случаи параллельного и перпендикулярного расположения дрен по отношению к горизонталям являются предельными. Обоснованным является расположение трасс дрен под углом к горизонталям (рис. 9.3.с), таким образом, чтобы уклон поверхности земли по трассам дрен был не менее 0,003.

Трассировка дрен примерно параллельно горизонталям имеет еще одно важное преимущество – в этом случае, возможно подключение дрен к коллектору с двух сторон.

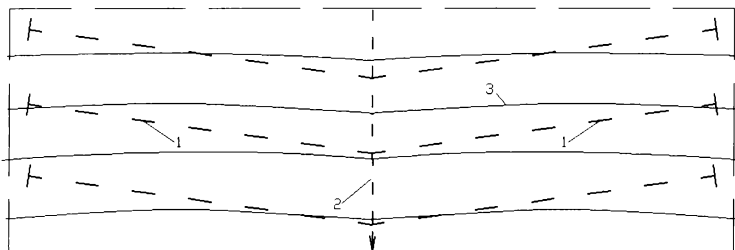


Рис. 9.4. Двухстороннее подключение дрен к коллектору.  
1 – дрены, 2 – коллектор, 3 – горизонтали

**Трассы водосборных коллекторов** должны наилучшим образом способствовать выполнению их основных функций – сбору дренажных вод из дрен и транспорту дренажного стока за пределы осушаемого участка. При выборе трассы коллектора необходимо учитывать следующее:

- При примерном равенстве уклона дрены и поверхности земли (рис. 9.2.а) коллекторы должны трассироваться по наиболее низким фрагментам рельефа; при использовании схемы с дополнительным заглублением дрен (рис. 9.2.б) трассировка коллекторов менее жестко связана с учетом рельефа местности.
- Трассу коллектора целесообразно определять так, чтобы обеспечить его максимальный уклон в условиях данного участка.
- Выбор трассы коллектора, при необходимости, должен обеспечивать возможность двустороннего присоединения дрен.
- Величина угла примыкания, образованного трассой коллектора и трассой дрены (по течению воды), существенным образом определяет объемы строительства дренажной системы. Суммарная длина всех дрен, образующих систематический дренаж на участке, минимальна при угле примыкания равном  $90^\circ$ . При значении угла  $70^\circ$  этот показатель возрастает на 6%, при  $60^\circ$  – на 15%, при  $50^\circ$  – на 30%, при  $45^\circ$  – на 40%, при  $40^\circ$  – на 56%, при  $30^\circ$  – на 100%. Отсюда следует, что уменьшение угла примыкания дрен к коллектору менее  $60^\circ$  значительно увеличивает стоимость строительства.

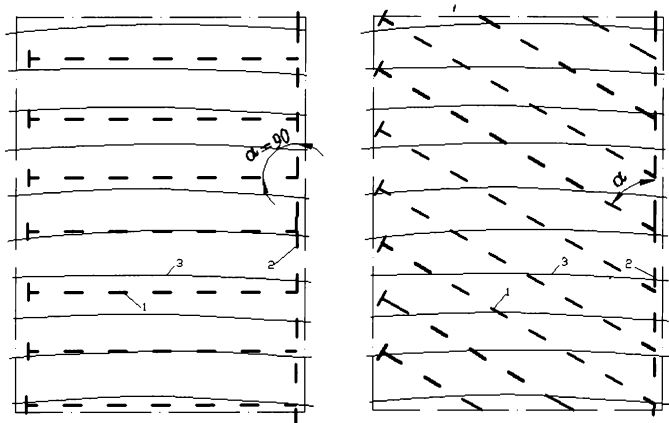


Рис. 9.5. Расположение дрен относительно коллектора.  
1 – дрены, 2 – коллектор, 3 – горизонталь

**9.3.2. Расположение дренажных систем в плане на «несвободных» территориях.** Плановое расположение дрен на «несвободных» территориях с организованным рельефом проектируется на основании генплана (плана размещения на территории зданий, сооружений, инженерных сетей, площадок, дорог, посадок зеленых насаждений и т.д.) и проекта организации рельефа территории.

Дренажная осушительная система на таких территориях в большинстве случаев представляет собой комбинацию локальных дренажных систем, осуществляющих функции водопонижения на площади отдельных фрагментов территории. Выбор конструкции локальной дренажной системы зависит от причин подтопления территории и конструкции сооружения.

Водоотводящие коллекторы осуществляют функции сбора дренажных вод из локальных дренажных систем. В качестве водоотводящих коллекторов во многих случаях используются коллекторы дождевой канализации.

Плановое расположение дрен входящих в состав систем контурных дренажей (пристенный, кольцевой), пластового дренажа, сопутствующего дренажа во многом определяется конфигурацией зданий и сооружений в плане.

В случае плотной застройки близкое расположение локальных дренажных систем обеспечивает необходимое водопонижение между зданиями и сооружениями.

В случае разреженной застройки между локальными дренажными системами зданий и сооружений могут устраиваться дополнительные дренажные линии по типу лучевого дренажа. Необходимость устройства дополнительных дренажей обосновывается гидравлическим расчетом. В случае сложных гидрогеологических условий и сильно

разреженной застройки в качестве дополнительных дренажей может использоваться схема систематического дренажа.

#### **9.4. Проектирование высотного положения дренажных систем**

Проектирование высотного положения дренажных систем выполняется на основании плана расположения дренажных систем. Основные положения проектирования дренажных систем в плане были рассмотрены в главе 9.3.

Основные положения определения высотного расположения дренажей рассмотрены в главе 9.2.

Существует три основных метода представления результатов проектирования высотного расположения дренажных систем:

- метод «ведомость дрен»;
- метод «планово-высотная схема дренажной системы»;
- метод «профилей».

Метод «ведомость дрен» заключается в составлении ведомости дрен, принадлежащих к водосборной площади одного коллектора на основании топографического плана дренажной системы. Ведомость дрен определяет высотное положение дрен (отметку в начале и конце каждой дрены) и уклон дрен. В дополнение к ведомости дрен, как правило, выполняется построение продольного профиля коллектора.

Метод «планово-высотная схема дренажной системы» заключается в нанесении на топографический план дренажной системы отметок заложения дрен в начале и конце дрены (участка дрены, коллектора). Между точками, в которых определены отметки заложения дрен, указывается расстояние между точками и уклон.

Метод «профилей» заключается в построении продольных профилей по каждой дрене (коллектору) на основании топографического плана дренажной системы.

**9.4.1. Метод «ведомость дрен».** Пример проектирования с использованием метода «ведомость дрен» на водосборной площади одного из коллекторов осушительной системы представленной на рисунке 9.6.

Водосборная площадь рассматриваемого коллектора составляет около 4,3га (430×100м). Вид использования водосборной площади – сельскохозяйственные угодья. Водоприемником дренажной системы является открытый коллектор (канал) ОК1.

Дренажная система состоит из 20 дрен длиной 100м и 1 дрены длиной 40м. Расстояние между дренами 20м. Глубина заложения начала дрен принята равной  $b_n = 1,1\text{м}$  (в соответствии с [3]).

В таблице 9.1. представлена ведомость дрен расположенных на водосборной площади рассматриваемого коллектора.



Табл. 9.1. Ведомость дрен закрытого коллектора

№ дрены	$l_{др}$ длина дрены, м	ΔПЗ, отметки поверхности земли		Δh, м	$i_{на}$ уклон поверхности земли	$i_{др}$ уклон дрены	Др, отметки дрены		глубина заложения конца дрены, м	Δb, м
		ΔПЗ <sup>н</sup> начало дрены	ΔПЗ <sup>к</sup> конец дрены				Дрн начало дрены	Дрк конец дрены		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	40,3	22,10	21,67	0,43	0,011	0,011	21,00	20,57	1,10	0,00
2	100	22,06	21,58	0,48	0,005	0,005	20,96	20,48	1,10	0,00
3	100	21,97	21,50	0,47	0,005	0,005	20,87	20,40	1,10	0,00
4	100	21,88	21,35	0,53	0,005	0,005	20,78	20,25	1,10	0,00
5	100	21,79	21,18	0,61	0,006	0,006	20,69	20,08	1,10	0,00
6	100	21,70	20,99	0,71	0,007	0,007	20,60	19,89	1,10	0,00
7	100	21,61	20,96	0,65	0,006	0,006	20,51	19,86	1,10	0,00
8	100	21,53	20,92	0,61	0,006	0,006	20,43	19,82	1,10	0,00
9	100	21,40	20,88	0,52	0,005	0,005	20,30	19,78	1,10	0,00
10	100	21,26	20,84	0,42	0,004	0,004	20,16	19,74	1,10	0,00
11	100	21,20	20,80	0,40	0,004	0,004	20,10	19,70	1,10	0,00
12	100	21,14	20,77	0,37	0,004	0,004	20,04	19,67	1,10	0,00
13	100	21,09	20,73	0,36	0,004	0,004	19,99	19,63	1,10	0,00
14	100	21,00	20,70	0,30	0,003	0,003	19,90	19,60	1,10	0,00
15	100	20,95	20,69	0,26	0,003	0,003	19,85	19,55	1,14	0,04
16	100	20,85	20,65	0,20	0,002	0,003	19,75	19,45	1,20	0,10
17	100	20,78	20,63	0,15	0,002	0,003	19,68	19,38	1,25	0,15
18	100	20,75	20,58	0,17	0,002	0,003	19,65	19,35	1,23	0,13
19	100	20,70	20,59	0,11	0,001	0,003	19,60	19,30	1,29	0,19
20	100	20,68	20,57	0,11	0,001	0,003	19,58	19,28	1,29	0,19
21	100	20,65	-20,55	0,10	0,001	0,003	19,55	19,25	1,30	0,20

\* Примечание: глубина заложения начала дрены принята равной  $b_n = 1,1$  м.

В таблице 9.2. представлены комментарии к информации, представленной в столбцах таблицы 9.1.

Данные таблицы 9.1. достаточно подробно определяют высотное положение каждой дрены (отметки и глубины заложения в начале и конце дрены).

Определен уклон каждой дрены, при этом величина уклона дрены не меньше минимально допустимой величины (0,003). Отметки за-

ожения конца дрен определяют необходимое высотное положение трубы закрытого коллектора. По этим данным может быть построен продольный профиль коллектора (рис. 9.6).

Последний столбец таблицы определяет дополнительное заглубление конца дрен, то есть заглубление коллектора. Для сельскохозяйственных осушительных систем не рекомендуется превышение этой величины значения 0,3м.

Табл. 9.2. Комментарии к таблице 9.1

№ столбца в табл. 9.1.	Обозначения	Комментарии
1	$N_{др}$	номер дрены
2	$l_{др}$	длина дрены, м – определяется по плану
3	$\Delta ПЗ''$	отметки поверхности земли в начале дрены – определяются по плану
4	$\Delta ПЗ^*$	отметки поверхности земли в конце дрены – определяются по плану
5	$\Delta h = \Delta ПЗ - \Delta ПЗ^*$ ;	разность отметок поверхности земли в начале и конце дрены
6	$i_{нз} = \Delta h / l_{др}$	уклон поверхности земли
7	$i_{др}$	уклон дрены – определяется из условий: если $i_{нз} \geq 0,003 \rightarrow i_{др} = i_{нз}$ если $i_{нз} < 0,003 \rightarrow i_{др} = 0,003$
8	$\Delta Др'' = ПЗ_n - b_n$	отметки заложения начала дрены
9	$\Delta Др^* = \Delta Др'' - L_{др} \times i_{др}$	отметки заложения конца дрены
10	$b_n = ПЗ_n - \Delta Др^*$ ;	глубина заложения конца дрены
11	$b = b^* - b'' = (i_{др} - i_{нз}) \times L_{др}$	дополнительное заглубление конца дрены

Данный способ проектирования предполагает наличие в проекте трех документов:

- топографический план дренажной системы;
- ведомость дрен;
- продольный профиль коллектора.

Данный способ наиболее подходит при проектировании дренажных систем на значительной площади при использовании схемы «систематический дренаж».

**9.4.2. Метод «планово-высотная схема дренажной системы».** Сущность метода состоит в нанесении на план территории (с указанием расположения сооружений) отметок поверхности, отметок заложения дренажа, глубины заложения дренажа в точке начала и конца каждого участка дрены; между точками начала и конца каждого участка дрены указывается расстояние, направление и величина уклона. Данный метод аналогичен методу красных отметок, применяемому в проектах организации рельефа.

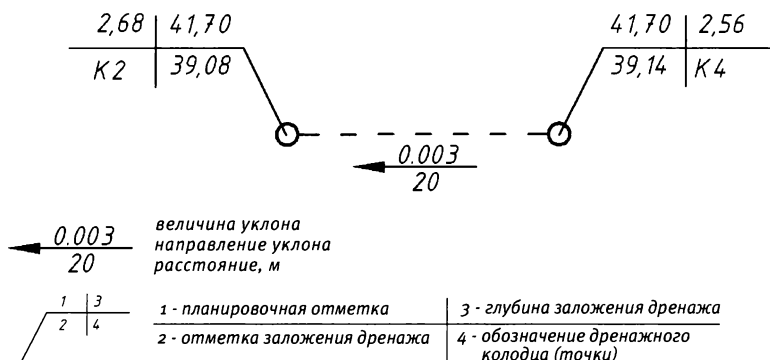


Рис. 9.7. Условные обозначения планово-высотной схемы дренажной системы: 1 – планировочная отметка, 2 – отметка заложения дренажа, 3 – глубина заложения дренажа, 4 – обозначение дренажного колодца (точки)

На рисунке 9.8 представлены планово-высотные схемы дренажных систем футбольного поля и пристенного дренажа здания. Рельеф участков является организованным – определен проектными планировочными отметками.

Начальная глубина заложения дрен на площадке футбольного поля определена из условий глубины промерзания 1,5м (регион г.Санкт-Петербург, грунты – пески среднезернистые). Начальная глубина заложения пристенного дренажа принята примерно равной глубине от планировочной отметки до отметки пола подвала здания – 2,44м. Глубина и отметки заложения дренажа определяются от проектных планировочных отметок. Дальнейший расчет высотного положения дренажных линий выполняется в соответствии с рисунком 9.2.

На рисунке 9.9 представлен пример использования планово-высотной схемы дренажа при проектировании дренажной системы со сложной структурой на площади ~3га.

Примеры, представленные на рисунках 9.8 и 9.9, иллюстрирует возможности использования проектирования способом составления планово-высотной схемы как на значительных территориях при сложных разветвленных дренажных системах, так и на небольших

площадях для простых дренажных систем.

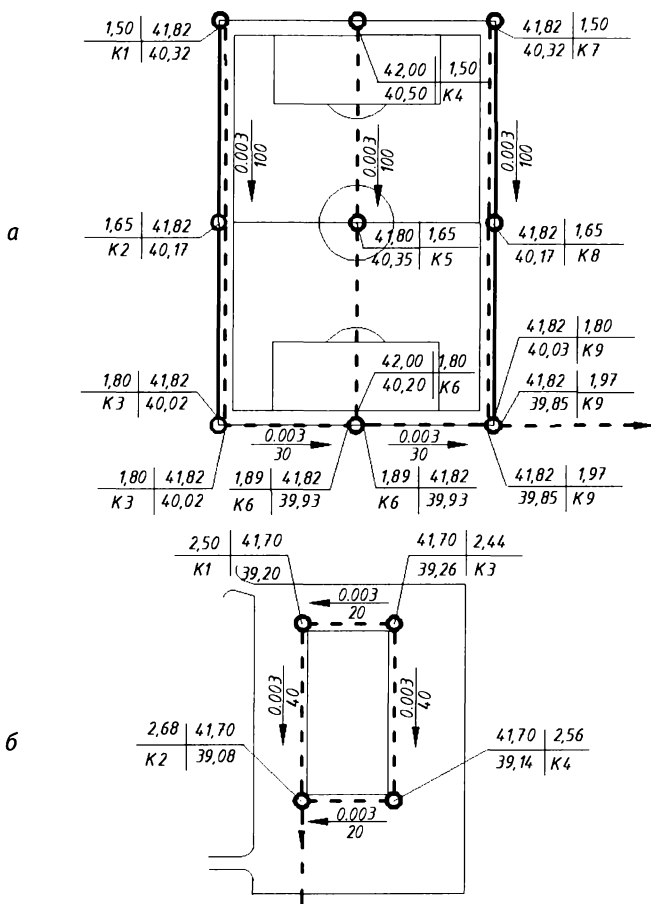
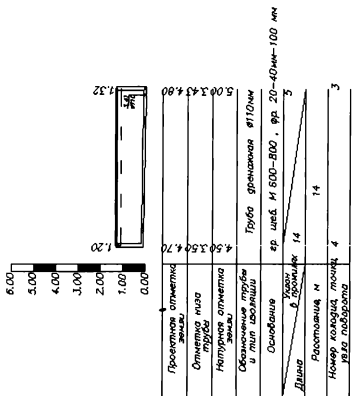
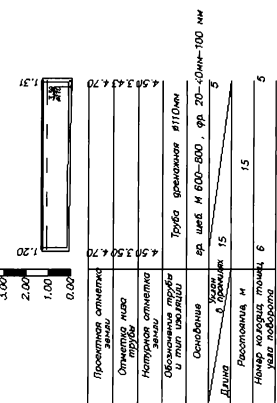
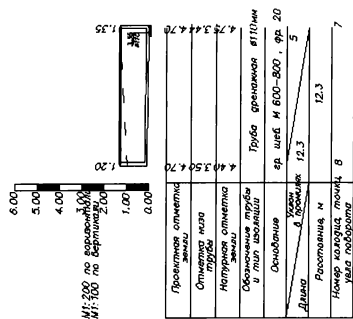


Рис. 9.8. Плано-высотная схема дренажной системы:  
 а – площадки футбольного поля; б – пристенного дренажа здания

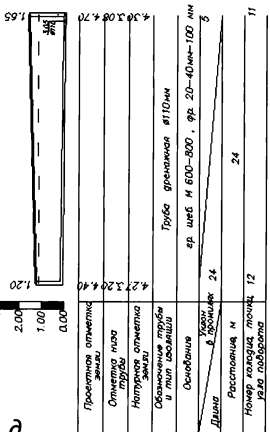
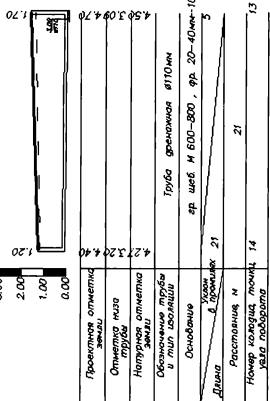
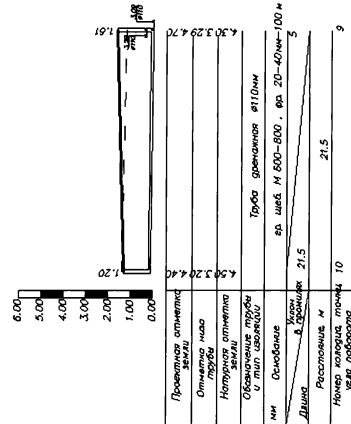
Данный способ проектирования предполагает наличие в проекте одного документа – топографический план дренажной системы, с нанесенными на него элементами плано-высотной схемы.







с



д

Рис. 9.11. Пример использования способа профилей.  
с, д – профили по дренажным линиям

Данный способ проектирования предполагает наличие в проекте большого количества документов – топографический план дренажной системы и продольные профили по каждой дренажной линии (дрене, коллектору).

Из сравнения рассмотренных методов проектирования отметим следующее:

- метод «профилей» является наиболее трудозатратным, даже при небольших размерах дренажной системы требуется представление значительного объема графического материала: топографический план дренажной системы и продольные профили по каждой дренажной линии (дрене, коллектору). При этом продольные профили по дренам, как правило, являются однотипными – отличия только в параметрах точек начала и конца каждой дрены. Данный способ является наиболее детализированным и наглядным, что является необходимым в сложных условиях, при сложном рельефе, при пересечении дренажных линий с трассами инженерных сетей.
- метод «ведомость дрен» в наибольшей степени подходит при проектировании систематического дренажа при большом количестве однотипных дрен на значительной водосборной площади при отсутствии застройки. Графический материал менее объемный: топографический план дренажной системы и продольный профиль по коллектору. В соответствии с этим способом дрены проектируются менее детально – составляется ведомость дрен; а коллектор проектируется более детально – выполняется построение продольного профиля.
- метод «планово-высотная схема дренажной системы» в наибольшей степени подходит при проектировании дренажных систем на небольших участках. Объем графического материала минимален – топографический план дренажной системы, с нанесенными на него элементами планово-высотной схемы. В сложных случаях при необходимости данный способ может быть дополнен построением продольного профиля по основным коллекторам.

Метод «планово-высотная схема дренажной системы» может быть использован как начальный этап проектирования сложной дренажной системы, например, для оценки возможности самотечного стока дренажных вод в водоприемник.

### 10.1. Основные положения гидравлического расчета дренажных систем

*Задачей гидравлического расчета* дренажной системы является:

- определить величину притока грунтовых вод к дренажной системе;
- определить проектное положение грунтовых вод.

На основании расчета притока грунтовых вод к дренажной системе определяется расчетный расход для различных элементов и для дренажной системы в целом. В соответствии с величиной расчетного расхода определяется параметры конструкции элементов дренажной системы (диаметры труб, размеры каналов, параметры насосных станций и т.д.).

На основании расчета проектного положения грунтовых вод (положения грунтовых вод после строительства дренажной системы) определяется:

- в вертикальной плоскости – положение проектного УГВ;
- в горизонтальной плоскости (в плане) – зона влияния дренажной системы.

Зона влияния дренажной системы определяется площадью, в пределах которой проектный УГВ отличается от исходного УГВ. В пределах зоны влияния дренажной системы можно выделить зону эффективного водопонижения – зону, где проектный УГВ располагается ниже глубины соответствующей норме осушения.

Гидравлические расчеты дренажных систем, выполняемые в практических инженерных целях, основываются на схематизации геологического строения грунтов, условий водного питания, конструкции подземной части зданий и сооружений, области влияния дренажной системы.

*Схематизация геологического строения грунтов.* Описание геологического строения грунтов и их воднофизических свойств на территории строительства приводится в отчете о геологических изысканиях, в том числе и в виде геологических скважин (рис. 2.7).

На основании анализа результатов геологических изысканий, геологическое строение грунтов по глубине может быть:

- однородным – наличие одного слоя грунта значительной мощности;
- многослойным – наличие нескольких слоев грунта, различающихся по воднофизическим характеристикам и по мощности слоев (для условий Карельского перешейка Ленинградской области такой тип строения является наиболее типичным).

Геологическое строение грунтов по площади строительства может быть:

- однотипным – на всей территории строительства количество слоев грунта по глубине не меняется, мощность слоев грунта меняется незначительно;
- разнотипным – на территории строительства изменяется количество слоев грунта по глубине, значительно изменяется мощность слоев грунта.

Практические инженерные расчеты, как правило, выполняются на основании схематизации геологического строения грунтов на территории строительства по глубине и по площади.

Схематизация по глубине выполняется на основании следующих критериев:

- близкие по воднофизическим свойствам грунты объединяются в один расчетный слой;
- резко отличающиеся по воднофизическим свойствам слои грунта выделяются в отдельные расчетные слои грунта.

Наиболее простой алгоритм схематизации геологического строения заключается в объединении в расчетный слой и выделении водоупора.

**Объединение в расчетный слой.** При величине отношения значений коэффициентов фильтрации, соприкасающихся слоев грунта менее чем в 10 раз, группа слоев грунта объединяются в один расчетный слой. Расчетная мощность суммарного слоя  $m_p$  равняется:

$$m_p = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_n$  – мощность соответствующих слоев грунта, м. Расчетный коэффициент фильтрации  $k_p$  расчетного слоя  $m_p$  равняется:

$$k_p = \frac{k_1 m_1 + k_2 m_2 + \dots + k_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} \quad 10.1$$

где  $k_1, k_2, \dots, k_n$  – коэффициент фильтрации отдельных слоев грунта,  $\text{м}^3/\text{сут}$ . Значение  $k_n, m_n$  принимают на основе данных геологических изысканий.

**Выделение водоупора.** При величине отношения значений коэффициентов фильтрации соприкасающихся слоев грунта более чем в 20 раз, один из слоев (слабоводопроницаемый) принимается за относительный водоупор (глава 2). При этом расчетный коэффициент фильтрации в этом слое принимается равным нулю.

В результате схематизации реальная область фильтрации, состоящая из нескольких слоев грунта с различными свойствами, преобразуется в схему с наличием 1-2 водопроницаемых слоев грунта и 1-2 слоев водоупора.

В большинстве случаев применительно к коттеджному и ландшафтному строительству, даже в сложных условиях Карельского перешейка

Ленинградской области, реальную область фильтрации можно представить простой расчетной схемой состоящей из одного водопроницаемого слоя грунта и одного водоупора.

При необходимости схематизировать геологические условия по площади для определения среднего коэффициента фильтрации по площади можно воспользоваться (10.1), заменив значения мощности слоя на значение площади слоя.

**Схематизация условий водного питания.** Причины подтопления земель и условия водного питания рассмотрены в главе 4. Схематизация условий водного питания выполняется в результате комплексного анализа геологического строения, топографических условий, проекта организации рельефа и конструкции подземной части зданий и сооружений.

Атмосферный тип водного питания распространен на всей территории северо-западного региона РФ. В зависимости от сочетания условий конкретной территории на фоне атмосферного типа водного питания могут проявляться и являться преобладающими другие источники водного питания: приток грунтовых вод с вышележащих территорий, приток со стороны естественной или искусственной гидрографической сети (реки, озера, каналы и т.д.), грунтово-напорные воды.

**Схематизация планового положения дренажной системы.** Архитектурное решение может определять разнообразную форму контуров зданий их подземных частей. Применительно к коттеджному строительству наиболее часто здания имеют прямоугольную форму; реже П-образную, Т-образную, Г-образную, полигональную форму. В соответствии с формой контура зданий и его подземной части определяется проектное плановое расположение дренажных систем.

В практических гидравлических расчетах схематизация планового положения дренажной системы заключается в замене реальной площади, находящаяся внутри контура дренажной системы, заменяется площадью расчетного круга, с условным радиусом, обозначаемым  $r_o$  – «приведенный радиус» контурной дренажной системы.

Для прямоугольной формы контурных дренажей приведенный радиус может быть определен как

$$r_o = 0,25 \mu (a + \delta) \quad 10.2$$

где  $a$  и  $\delta$  соответственно длина и ширина прямоугольной дренажной системы.

Коэффициент  $\mu$  может быть определен [12] из таблицы 10.1 в зависимости от соотношения величин  $a/\delta$ .

Там же предложен способ определения приведенного радиуса для сложных контуров дренажных систем:

$$r_o = (F/\pi)^{0,5} \quad 10.3$$

где  $F$  – площадь ограниченная контуром дренажной системы.

**Табл. 10.1.** Значения коэффициента формы контурной дренажной системы  $\mu$

$a/\delta$	0,1	0,2	0,3	0,6 – 1,0
$\mu$	1,0	1,12	1,16	1,18

В настоящее время зависимость (10.3) часто используется как универсальный способ определения величины приведенного радиуса для контурных дренажных систем.

Для линейных дрен приведенный радиус  $r_o$  можно считать равным расчетному радиусу дрены  $r_p$ :

- для конструкции дрен с объемной фильтрующей обсыпкой  $r_p = r_o = 0.5 \times b$ , где  $b$  – ширина фильтрующей обсыпки (может быть принята равной ширине строительной траншеи);
- для конструкции дрен без объемной фильтрующей обсыпки  $r_p = r_o = 0.5 \times d_{mp}$ , где  $d_{mp}$  – диаметр дренажной трубы.

**Схематизация области влияния дренажной системы.** До строительства дренажной системы исходная поверхность грунтовых вод, как правило, представляет собой практически плоскую поверхность с минимальным уклоном, а для ее обозначения, как правило, используется термин – уровень грунтовых вод (УГВ).

В результате строительства водопонизительной дренажной системы образуется площадь, внутри которой грунтовые воды находятся ниже исходного УГВ. Эта площадь определяет зону влияния дренажной системы.

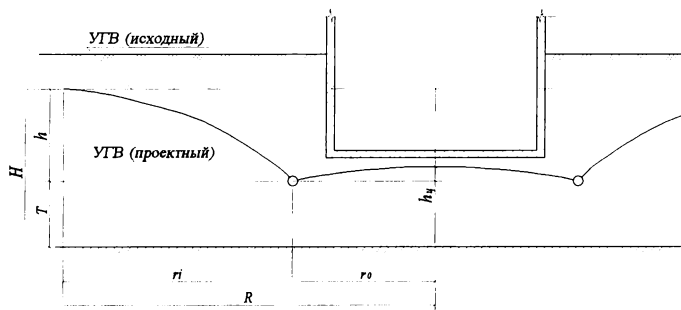


Рис. 10.1. Схематизация области влияния дренажной системы

Высотное положение грунтовых вод внутри зоны влияния дренажной системы изменяется в соответствии с плановым и высотным положением элементов дренажной системы, свойствами грунтов, усло-

виями водного питания.

Наибольшее понижение грунтовых вод происходит вблизи дрен. Форма поверхности грунтовых вод в этой зоне становится криволинейной, а для ее обозначения используется термин – кривая депрессии.

В практических расчетах реальная площадь зоны влияния дренажной системы заменяется расчетной площадью с условным радиусом влияния дренажной системы, обозначаемым  $R$  – «радиус депрессии».

Радиус депрессии отсчитывается от центра дренажной системы и в общем случае складывается из двух составляющих:

$$R = r_o + r_i$$

где:  $r_o$  – приведенный радиус;  $r_i$  – радиус кривой депрессии (расстояние от дренажной системы до границы области влияния дренажной системы).

С увеличением расстояния от дренажной системы проектное положение УГВ приближается к исходному УГВ. Форма поверхности грунтовых вод в этой зоне становится более прямолинейной.

В случае если источник водного питания четко определен (например, береговой дренаж) радиус депрессии однозначно определен расстоянием от дренажной системы до источника водного питания.

В большинстве случаев граница источника водного питания не определена однозначно. В этом случае величина радиуса депрессии теоретически равняется бесконечности, так как проектный уровень грунтовых вод (кривая депрессии) будет асимптотически приближаться к положению исходного непониженного уровня УГВ.

В практических инженерных расчетах величину радиуса депрессии определяют в зависимости от условий водного питания контура дренажной системы и параметров области фильтрации.

В условиях преобладания атмосферного водного питания для пристенного, кольцевого, пластового дренажа может быть использована формула Керкиса [12]

$$R \sqrt{\lg R - \lg r_o - 0,217} = 0,66 \sqrt{\frac{k \cdot h^2}{W}} - 0,5r_o \quad 10.4$$

решение которой выполняется методом последовательных приближений.

В условиях преобладания атмосферного водного питания может быть использована зависимость [10, 12].

$$R = r_o + h \sqrt{\frac{k}{2 \times W}} \quad 10.5$$

Если атмосферное водное питание не является преобладающим, может быть использована зависимость

$$R = r_0 + 2h\sqrt{k \times H}$$

В формулах (10.4, 10.5, 10.6) использованы обозначения:

$H$  – высота исходного (непониженного) УГВ над водоупором, м;

$h$  – высота исходного (непониженного) УГВ над уровнем воды в дрене, м;

$W$  – интенсивность инфильтрации при атмосферном типе водного питания (глава 2.2.1);

$k$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.

Глубина воды в дрене в периоды установившегося режима движения грунтовых вод применительно к условиям ландшафтного строительства, как правило, не превосходит нескольких сантиметров. На этом основании уровень воды в дрене можно принять равным уровню дна дрены, а величину  $h$  считать высотой исходного (непониженного) УГВ над дном дрены.

Существует метод [16] определения величины радиуса депрессии, основанный на использовании величины  $Y_{cp}$  среднего уклона депрессионной кривой:

$$R = r_0 + h / Y_{cp}$$

Величина среднего уклона депрессионной кривой  $Y_{cp}$  определяется по таблице в зависимости от вида грунтов.

Табл. 10.2. Значения среднего уклона депрессионной кривой  $Y_{cp}$

Грунты	$Y_{cp}$
Пески крупнозернистые	0,003 – 0,005
Пески среднезернистые	0,005 – 0,015
Пески мелкие, пылеватые	0,015 – 0,02
Супеси	0,02 – 0,05
Суглинки	0,05 – 0,12
Глины	0,12 – 0,15
Глины тяжелые	0,15 – 0,2

Данные представленные в таблице 10.2 являются обобщением результатов натуральных наблюдений.

## 10.2. Расчетные схемы и расчетные зависимости

Расчетные схемы и расчетные зависимости [12, 17] для определения притока к дренажным системам и положения проектного уровня грунтовых вод представлены в таблицах: однолинейный дренаж – таблица 10.3; систематический дренаж – таблица 10.4; пластовый дренаж – таблица 10.5; кольцевой дренаж – 10.6.

*Условные обозначения:*

$H$	высота исходного (непониженного) УГВ над водоупором, м
$T$	высота несовершенной дрены над водоупором, м
$h$	высота исходного (непониженного) УГВ над уровнем воды в дрене, м (с учетом замечания глава 10.1)
$h_x$	высота проектного (пониженного) УГВ над уровнем воды в дрене на расстоянии «х» от нее, м (с учетом замечания глава 10.1)
$H_x$	высота проектного (пониженного) УГВ над уровнем воды в несовершенной на расстоянии «х» от нее, м
$h_c$	высота проектного (пониженного) УГВ в центре кольцевого контурного дренажа над уровнем воды в дрене, м
$h_{max}$	высота проектного (пониженного) УГВ по середине между дренами систематического дренажа над уровнем воды в дрене, м
$R$	радиус депрессии – расстояние от центра дренажной системы до того места, где положение исходного и проектного УГВ совпадают, м
$r_o$	приведенный радиус контура дренажной системы, м
$r_p$	расчетный радиус дрены, м
$L$	расстояние между дренами систематического дренажа, м
$Q$	расчетный расход, м <sup>3</sup> /сут.
$q$	удельный расчетный расход, м <sup>2</sup> /сут. на 1 погонный метр
$W$	интенсивность инфильтрации при атмосферном типе водного питания (глава 2.2.1)
$l$	длина дрены, м

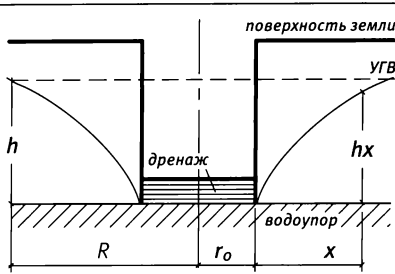
Табл. 10.3. Расчетные схемы и зависимости для расчета однолинейных дренажей

<p style="text-align: center;">Совершенный дренаж</p>	$q = \frac{k \times h^2}{R}$ $Q = q \times l$ $h_x = h \sqrt{\frac{x}{R}}$
<p style="text-align: center;">Несовершенный дренаж</p>	$q = \frac{k \times h^2}{R} + \frac{\pi \times k \times h}{\ln\left(\frac{T}{\pi \times r_p}\right) + \frac{\pi \times R}{2T}}$ $Q = q \times l$ $h_x = \frac{q}{k} \times \left[ \frac{\ln\left(1 - e^{-\frac{\pi \times x}{H}}\right)}{\pi} - \frac{(R - x)}{2H} \right] + h$

Табл. 10.4. Расчетные схемы и зависимости для расчета систематического дренажа

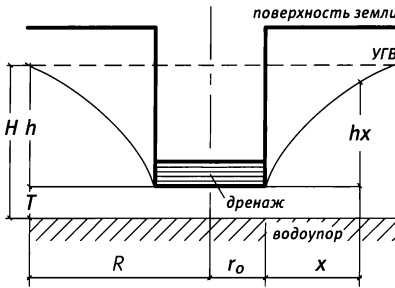
<p style="text-align: center;">Совершенный дренаж</p>	$Q = W \times L \times l$ $L = 2h_{max} \sqrt{(k/W)}$
<p style="text-align: center;">Несовершенный дренаж</p>	$L = T \left[ \sqrt{\frac{8 \times k \times h_{max}}{W \times T} \times \left(1 + \frac{h_{max}}{2T}\right)} + B^2 - B \right]$ $B = 2,94 \times \lg \frac{1}{\sin\left(\frac{\pi \times d_p}{2T}\right)}$ $Q = W \times L \times l$

Табл. 10.5. Расчетные схемы и зависимости для расчета пластовых дренажей



Совершенный дренаж

$$Q = \pi \times k \times \frac{h^2}{\ln(R/r_0)} \quad h_x = h \sqrt{\frac{\ln \frac{(r_0+x)}{r_0}}{\ln(R/r_0)}}$$

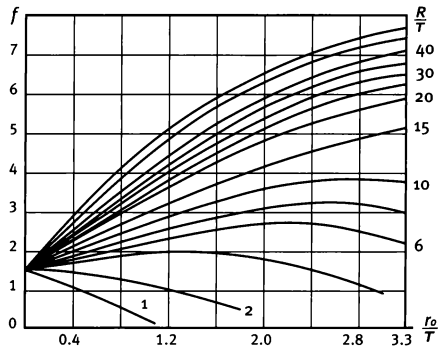


Несовершенный дренаж

при  $r_0/T \geq 0,5$

$$Q = \pi \times k \times \frac{h^2}{\ln(R/r_0)} + \frac{\pi \times k \times h \times 2r_0}{f_{пл.др}}$$

$f_{пл.др.}$  определяется по графику:

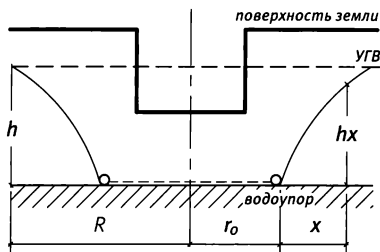


при  $r_0/T \leq 0,5$   $Q = \pi \times k \times \frac{h^2}{\ln(R/r_0)} +$

$$+ \frac{\pi \times k \times h \times 2r_0}{\frac{\pi}{2} + 0,515 \frac{r_0}{T} \times \ln\left(\frac{R}{4T}\right) + 2 \operatorname{arsh} \frac{r_0}{T + \sqrt{T^2 + r_0^2}}}$$

$$h_x = h \sqrt{\frac{\ln \frac{(r_0+x)}{r_0}}{\ln(R/r_0)}}$$

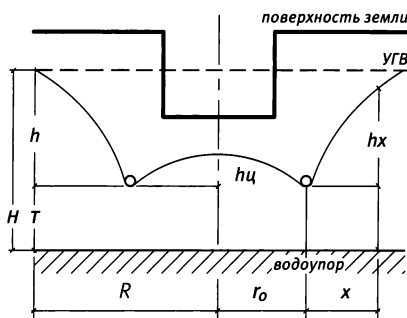
Табл. 10.6. Расчетные схемы и зависимости для расчета кольцевого дренажа



Совершенный

$$Q = \pi \times k \times (h^2 / (\ln(R/r_0)))$$

$$h_x = h \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{r_0+x}{r_0}\right)}{\ln(R/r_0)}}$$



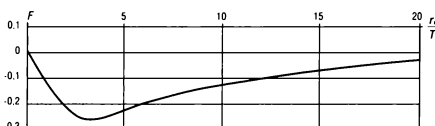
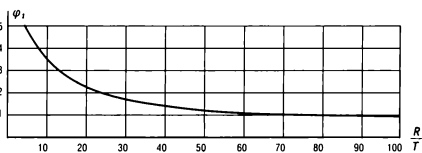
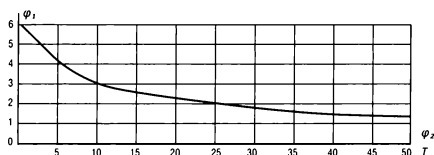
Несовершенный

$$Q = \pi \times k \times \frac{h^2}{\ln\frac{R}{r_0}} + \frac{2\pi^2 \times T \times k \times h \times r_0}{2r_0 \times \varphi + T \times \ln\frac{8r_0}{r_p}}$$

$$h_x = h \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{r_0+x}{r_0}\right)}{\ln\frac{R}{r_0}}}$$

$$h_c = h \frac{\ln\frac{8r_0}{r_p} - \pi + \frac{2r_0 \times F}{T}}{\ln\frac{8r_0}{r_p} + \frac{2r_0 \times \varphi}{T}}$$

$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ ,  $\varphi_1, \varphi_2, F$  определяют по графикам:



### 10.3. Комментарии к гидравлическим расчетам

**1. Однолинейный дренаж.** При решении практических задач в случае близкого залегания водоупора ( $T \leq 2-3M$ ) могут быть использованы более простые зависимости для совершенного или несовершенного однолинейного дренажа:

$$\text{удельный расход} \quad q = \frac{k \times h^2}{R} \left( 1 + \frac{2T}{h} \right)$$

$$\text{проектный УГВ} \quad h_x = h \sqrt{\frac{x}{R}}$$

**2. Систематический дренаж.** В таблице 10.4 представлены расчетные схемы и зависимости применительно к расчету систематических дренажей в промышленном и гражданском строительстве.

Расчет систематического дренажа заключается в определении расстояния между дренами при известных значениях остальных параметров. Проектное значение расстояния между дренами определяется путем округления расчетного значения в большую сторону до целого значения метров.

Расчетный диаметр  $d_p$  линейных дрен систематического дренажа принимается равным:

- для конструкции дрен без объемной фильтрующей обсыпки  
 $d_p = d_{mp}$ , где  $d_{mp}$  – диаметр дренажной трубы;
- для конструкции дрен с объемной фильтрующей обсыпкой  
 $d_p = 2b + d_{mp}$ , где  $b$  – толщина фильтрующей обсыпки (раздел 5.9).

Применительно к проектированию осушительных мелиоративных систем на сельскохозяйственных угодьях принято использовать другие расчетные зависимости [3, 14]. Примерные значения расстояния между дренами в условиях Ленинградской области при глубине заложения дрен 1,1м составляют: пески – 20-30м; супеси 14-20м; суглинки 8-14м.

**3. Совершенный пластовый и кольцевой дренаж** рассчитываются по одинаковым расчетным зависимостям.

**4. Совершенный пристенный дренаж** рассчитываются по тем же расчетным зависимостям, что и **совершенный пластовый и кольцевой дренаж**.

**5. Несовершенный кольцевой дренаж.** Для массового коттеджного строительства характерны не большие размеры подземной части зданий (не более 15×15м) при небольшой величине заглубления (1-1,5м) под исходный УГВ. В этих условиях величину  $h_c$  (высота проектного УГВ в центре кольцевого контурного дренажа над уровнем воды в дрене) можно принять равной 0,05-0,15м.

**6. Несовершенный пристенный дренаж.** При не больших размерах подземной части зданий при небольшой величине заглубления под исходный УГВ несовершенный пристенный дренаж можно рассчитывать как несовершенный кольцевой дренаж.

**7. Несовершенный пластовой, кольцевой, пристенный дренаж.** В диапазоне наиболее характерного изменения параметров ( $1,5 < R/r_0 < 3$ ;  $0,1 < T/r_0 < 0,3$ ) расчет притока к дренажной системе можно приближенно выполнять по зависимости [9]:

$$Q = 6 \times k \times h \times (2H - h)$$

### 10.3. Определение диаметров закрытых дрен и коллекторов

В задачи гидравлического расчета закрытых дрен и коллекторов входит определение диаметров труб и скоростей течения воды в трубах.

Расчет выполняется на основании проекта планового и высотного расположения дренажной системы. Дрена (коллектор) разбивается на расчетные участки. Критерием разделений на расчетные участки является величина уклона или величина расхода. В пределах одного расчетного участка величина расхода и уклона постоянны. Как правило, границами расчетных участков являются смотровые колодцы.

Расчетный режим работы дренажных труб – безнапорное и равномерное движение воды.

Величина расчетного расхода дренажных вод  $Q_p$ , проходящих по трубе определяется по максимальному расчетному притоку грунтовых вод к дренажной системе. По значению  $Q_p$  определяется проектный диаметр трубопровода  $d_{np}$  и расчетная скорость движения  $V_p$ .

**Определение диаметра труб.** Расчетное значение диаметра  $d_p$  может быть определено по зависимости:

$$d_p = 1,55 \left( \frac{Q_p \times n}{\sqrt{i}} \right)^{0,38}$$

где  $Q_p$  – расчетный расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $i$  – проектный уклон;  $n$  – коэффициент относительной шероховатости (табл. 10.7).

Табл. 10.7. Коэффициент относительной шероховатости труб

Типы труб	Асбестоцементные	Бетонные и железобетонные	Пластмассовые
Коэффициенты шероховатости	0,013–0,014	0,014–0,015	0,012–0,015

Проектное значение диаметра  $d_{np}$  определяется путем выбора ближайшего большего значения из типоразмеров труб, выпускаемых про-

мышленностью, по сравнению с вычисленным расчетным значением диаметра  $d_p$ .

**Определение скорости движения воды.** Значение расчетной скорости течения воды в дрене определяется формулой:

$$V_p = \frac{4Q_p}{\pi \times d_{np}^2}$$

Считается, что скорость  $V_p$  должна находиться в пределах от 0,3 до 1,5 м/с при пропуске расчетного расхода  $Q_p$ .

При скоростях больших 1,5 м/с возможен подсос частиц грунта через отверстия труб. Уменьшение скорости возможно путем уменьшения уклона за счет устройства перепадных колодцев.

При скоростях меньших 0,3 м/с возникает опасность заиления. Увеличение скорости достигается увеличением уклона путем заглубления замыкающих сечений.

Следует отметить, что реальная скорость движения воды  $V$  в дрене (коллекторе) не является постоянной величиной и зависит от величины притока к дрене грунтовых вод, который в свою очередь зависит от колебания УГВ, связанных с режимом выпадения атмосферных осадков, температур и т.д. В общем случае для величины наиболее характерным будет изменения величины скорости в диапазоне от  $0 \leq V \leq V_p$  в соответствии с режимом притока грунтовых вод. При этом значения скорости  $V$  близкие к  $V_p$  будут наблюдаться в менее продолжительный период времени (многоводные периоды года), большую часть времени  $V$  будут близки к нулю (маловодные периоды года). В связи с этим обстоятельством рекомендации о постоянном превышении скорости движения воды в дренажной трубе величины 0,3 м/с, в общем случае, не могут быть реализованы.

Рекомендации о создании в дренажной трубе потока воды со скоростью, не допускающей заиления, должны относиться к пропуску расчетных расходов  $Q_p$ . При этом расчетная скорость движения воды в дренажной трубе  $V_p$  должна превышать 0,3 м/с. Следует подчеркнуть, что реализация и этих рекомендаций не всегда представляется возможной.

**Табл. 10.8.** Расчетные расходы и скорости движения воды в дренажных трубах

Уклон	d = 50мм		d = 110мм		d = 150мм		d = 200мм	
	$Q_{max}$ л/с	$V_{max}$ м/с	$Q_{max}$ л/с	$V_{max}$ м/с	$Q_{max}$ л/с	$V_{max}$ м/с	$Q_{max}$ л/с	$V_{max}$ м/с
0,002	0,35	0,18	2,8	0,30	6,4	0,36	13,6	0,43
0,003	0,43	0,22	3,5	0,36	7,8	0,44	16,7	0,53

0,005	0,56	0,29	4,5	0,47	10,1	0,57	21,5	0,69
0,010	0,79	0,40	6,3	0,66	14,3	0,81	30,5	0,97

В таблице 10.8 представлены результаты расчетов максимальной пропускной способности (максимального расхода  $Q_{max}$ ) и максимальной расчетной скорости движения воды  $V_{max}$  (при  $Q_p = Q_{max}$ ) в дренажных трубах для наиболее часто используемых в ландшафтном строительстве типоразмеров труб (50мм, 110мм, 150мм, 200мм).

Расчеты выполнены для наиболее актуального диапазона уклонов дренажных труб в ландшафтном строительстве – от минимально допустимых значений 0,002–0,003 до 0,01. Расчеты выполнены при условии пропуска максимального расхода  $Q_{max}$  при полном наполнении трубы (при глубине воды в трубе равной диаметру трубы).

По данным таблицы при известных проектных значениях уклона дрены и расчетного расхода дрены можно определить диаметр дрены и оценить величину скорости дрены. Например: уклон дрены равен 0,003; расчетный расход 0,40 л/с по таблице определяем проектный диаметр дрены – 50мм ( $Q_p \leq Q_{max}$ ). При этом расчетная скорость будет составлять  $\sim 0,2^M$ /с.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. СНиП 2.06.15.-85 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления».
2. Справочное пособие к СНиП 2.06.15.-85 «Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых территориях и застроенных территориях».
3. СНиП 2.06.03.-85 «Мелиоративные системы и сооружения».
4. СНиП 2.05.02.-85 «Автомобильные дороги».
5. РМД 50-06-2009 «Дренажи в проектировании зданий и сооружений». СПб, 2009.
6. ТМД 50-601-2004 «Методика оценки морозоопасных свойств грунтов в строительстве г.Санкт-Петербурга».– СПб, 2004.
7. Рекомендации по проектированию закрытого дренажа в Северо-Западной зоне РСФСР.– Ленинград, 1976.
8. Справочник проектировщика. Градостроительство.– М.: Стойиздат, 1978.
9. Проектирование дренажей промышленных площадок. Технические указания. РТМ-95.06.19-75.– М.: Стройиздат, 1975.
10. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. – М.: Стойиздат, 1985.
11. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989.
12. *Абрамов С. К.* Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве.– М.: Стройиздат, 1967.
13. *Клиорина И.К.* Дренажи в инженерной подготовке и благоустройстве территории застройки: Учеб. пособие.– М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2002.
14. *Волкова Ю.В., Кriuлин К.Н., Полетаев Ю.Б.* Мелиорация земель. Сушительные мелиорации: Учеб. пособие.– СПб.: СПбГПУ, 2009.
15. *Волкова Ю.В., Кriuлин К.Н., Полетаев Ю.Б.* Мелиорация земель. Сушение земель. Проектирование и расчет осушительных систем: Учеб. пособие.– СПб.: СПбГПУ, 2005.
16. Справочное пособие к СНиП 2.05.07.-85 «Пособие по проектированию земляного полотна и водоотвода железных и автомобильных дорог промышленных предприятий».
17. Временные указания по проектированию дренажей в г. Москве.– М., 1969.

## ОБ АВТОРЕ

Криулин Константин Николаевич, доцент, к.т.н.

Закончил Гидротехнический факультет  
Ленинградского Политехнического института, квалификация:  
инженер-строитель-гидротехник.

Работал в Ленинградском институте по проектированию водного  
хозяйства.

В настоящее время – доцент Инженерно-строительного института  
Санкт-Петербургского государственного политехнического  
университета.

Преподаваемые дисциплины:

- по основным образовательным программам:  
«Защита от подтопления»  
«Организация рельефа»  
«Инженерная подготовка территорий»,  
«Комплексное инженерное благоустройство территорий»;
- на курсах повышения квалификации:  
«Дренажи в ландшафтном и коттеджном строительстве»,  
«Дренажи в промышленном и гражданском строительстве».

Многолетняя практика консультаций организаций и частных лиц по  
вопросам водопонижения и строительства дренажных систем.

Контакт: [drena\\_ok@mail.ru](mailto:drena_ok@mail.ru)

## Группа компаний «Зелёная стрела»

Год основания проекта – 2009 г.

Автономная некоммерческая организация дополнительного и дополнительного профессионального образования «Петербургский международный центр ландшафтного искусства «Зелёная стрела» (ОГРН 1137800001020) занимается повышением квалификации специалистов ландшафтной индустрии, а также популяризацией садового искусства среди любителей. Мы проводим конференции, семинары, различные тематические курсы. Участвуем в издании книг и учебных пособий.

Турагентство ОДО «Гриния», под брендом «Зеленая стрела» (номер в общероссийском генеральном реестре туристических агентств ME100250), постоянно проводит для сборных и заказных групп увлекательные путешествия по садам и паркам пригородов Санкт-Петербурга, всей России, ближнего и дальнего зарубежья.

Студия дизайна ОДО «Гриния» располагает организационным ресурсом для реализации всего комплекса работ по созданию садов и парков - от проектирования до благоустройства и озеленения. Работаем как в сфере малых частных садов, так и в области ландшафтного обеспечения объектов индустрии гостеприимства HoReCa.

Находясь в тесном партнерском и творческом контакте с авторитетными представителями ландшафтной индустрии России, Великобритании, Франции, Италии, мы имеем возможность привлекать для наших задач специалистов самого высокого уровня. При необходимости комплексных решений, мы создаем специальную команду. Имеем успешный опыт ландшафтно-идейной поддержки серьезных культурных проектов, например, «Усадьба Марьино» под Петербургом, «Арт-прибой» в Зеленогорске.

Будем рады сотрудничеству с Вами!

191186, г. Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 29

Тел./факс: -

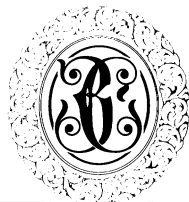
+7 (812) 312 86 82, +7 (812) 956 99 35,

+7 (921) 302 27 63, +7 (911) 265 84 99

Наши сайты:

[www.zstrela.ru](http://www.zstrela.ru), [зеленаястрела.пф](http://зеленаястрела.пф), [vk.com/zelenayastrela](https://vk.com/zelenayastrela)

E-mail: [green-arrow@list.ru](mailto:green-arrow@list.ru)



**ЗЕЛЕНАЯ СТРЕЛА**

*Санкт-Петербург*

## **ДЛЯ ЗАМЕТОК**

ISBN 915422367-9



Подписано в печать 20.03.2014  
Формат 60x90/16  
Печать офсетная.  
Заказ № 13/04-14  
Тираж 1000 экз.

Издательство ООО «Студия «НП-Принт»  
Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, д.199  
Тел. 324-6515  
E-mail: mail@npprint.com

Отпечатано в издательско-полиграфическом  
комплексе «НП-Принт»  
Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, д.199  
Тел. 324-6515  
E-mail: mail@npprint.com

По заказу ОДО «Гриния». Санкт-Петербург,  
Ленинский пр. д.151 оф. 437а.  
E-mail: green-arrow@list.ru, www.zstrela.ru  
Тел. (812) 312-86-82

Семинары по дренажным системам и др. аспектам  
ландшафтного дизайна, туры по садам и паркам  
ближнего и дальнего зарубежья.



# КАСИОР

## Системы Автополива

*Быстро*

*Надёжно*

*Профессионально*

*от проектирования*

*до установки под ключ*

*любых объектов*

*(495) 433-3468; (495) 438-5265*

*www.kasior.ru kasior@rambler.ru*

# Системы дренажных труб «РУВИНИЛ»



## ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Наружный диаметр – 50, 63, 90, 110, 125, 160, 200
- Класс жёсткости (кольцевая жёсткость) – SN 6, SN 8
- Глубина заложения – до 3 метров
- Материал – полиэтилен высшего качества
- Упаковка – в бухтах от 40 до 100 метров
- Ассортимент: труба с геотекстилем Typar SF-27 и без геотекстиля
- Цвет: зелёный, чёрный
- Минимальный радиус изгиба – 8 диаметров трубы
- Оптимальное количество дренажных отверстий на метр трубы
- Срок службы более 50 лет
- Диапазон рабочих температур : от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+90^{\circ}\text{C}$
- Температура монтажа : от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+90^{\circ}\text{C}$

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Защита зданий и сооружений от подтопления грунтовыми водами (дренаж фундаментов, подвалов, цокольных этажей).
- Организация дренажных систем на профессиональных спортивных площадках (футбольные поля, гольф поля и т.д.)
- Для предотвращения размывания полотна автомобильных дорог, пешеходных дорожек и т.д.
- Отведение грунтовых, дождевых и паводковых вод с полей, пахотных земель, с садовых и дачных участков.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ: ЗАО «РУВИНИЛ»

Россия, 125130, г. Москва,  
Старопетровский пр-д, д. 7А, стр. 25  
Телефон/факс: (495) 921-33-53 (многоканальный)  
<http://www.ruvinil.ru> [info@ruvinil.ru](mailto:info@ruvinil.ru)

Дренажные  
системы  
в ландшафтном  
и коттеджном  
строительстве

