

Содержание

Предисловие	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ	6
1.1. Основные водно-физические свойства грунтов	7
1.2. Движение воды в грунте	13
2. ПРИЧИНЫ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ	18
3. НОРМА ОСУШЕНИЯ	26
4. ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ	30
4.1 Рабочие элементы дренажных систем – дрены	31
4.2. Транспортирующие элементы дренажных систем – коллекторы	42
4.3 Сооружения на дренажных системах	48
4.4 Основные схемы дренажных систем	57
5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ	74
5.1 Последовательность проектирования дренажных систем	74
5.2 Анализ природных условий. Выбор схемы дренажной системы	76
5.3 Глубина заложения дрен	77
5.3.1 Минимальная проектная глубина заложения дрен	78
5.3.2 Определение отметок заложения и уклона дрены	81
5.4 Зона влияния дрен	83
5.4.1 Однолинейный дренаж	84
5.4.2 Систематический дренаж	94
5.4.3 Двухлинейный дренаж	102
5.5 Способы представления проекта дренажных систем	103
5.6 Гидрогеологические расчеты дренажных систем	109
5.7 Гидравлический расчет дренажных систем	117
Приложение 1	121
Приложение 2	129
БИБЛИОГРАФИЯ	137

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

В данной работе рассматривается актуальный метод защиты от подтопления территорий грунтовыми водами – водопонижение. Цель данного метода состоит в понижении уровня грунтовых вод на глубину, достаточную для обеспечения условий нормальной эксплуатации территорий.

В отличие от работы автора «Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве» (Санкт-Петербург, 2014 г.) в данной работе не рассматриваются дренажные системы, используемые для защиты от подтопления подземных частей зданий в городской и коттеджной застройке.

В данной работе основное внимание уделено дренажным системам, применяемым при комплексном инженерном благоустройстве территорий при строительстве объектов рекреационно-спортивного назначения, а также индивидуального жилищного строительства.

ВВЕДЕНИЕ

В своде правил СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения» [1] процесс подтопления территорий признается одним из опасных геологическими процессов. Под термином «подтопление» понимается комплексный гидрогеологический и инженерно-геологический процесс, при котором в результате изменения водного режима и баланса территории происходят повышения уровней подземных вод, превышающие критические значения и нарушающие необходимые условия эксплуатации объектов. При этом подчеркивается, что процесс подтопления в зависимости от характера его развития по территории может носить как объектный (отдельные здания, сооружения, фрагменты территории), так и площадной характер.

В своде правил СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления» [2] регламентируются основные положения проектирования систем, объектов и сооружений инженерной защиты от затопления и подтопления территорий населенных пунктов, сельскохозяйственных и лесных угодий, природных ландшафтов. При этом для защиты территорий от подтопления следует применять дренажные системы в сочетании с вертикальной планировкой территории и организацией поверхностного стока (дождевых и талых вод).

Комплекс инженерных сооружений по защите от подтопления должен обеспечивать как локальную защиту отдельных зданий, сооружений, участков, так и защиту всей территории в целом.

К локальным дренажным системам относят: кольцевой, лучевой, пристенный, пластовый, сопутствующий дренаж.

К территориальным системам относят дренажные системы, обеспечивающие общую защиту территории: перехватывающие дренажи (головной и береговой) и систематический дренаж.

Система инженерной защиты от подтопления должна быть территориально единой, объединяющей все локальные системы отдельных участков и объектов.

Примером региональных нормативных документов является «Руководство по проектированию инженерной подготовки территории, инженерных сетей и благоустройства кварталов жилой и общественно-деловой застройки» (РМД 30-23-2014 Санкт-Петербург) [3]. Данный документ предназначен для использования при разработке и экспертизе проектной документации по инженерной подготовке территории, инженерным сетям и благоустройству кварталов жилой и общественно-деловой застройки, подлежащих освоению на территории Санкт-Петербурга. В данном документе при проектировании дренажей рекомендуется использовать региональный документ «Дренажи в проектировании зданий и сооружений» (РМД 50-06-2009 Санкт-Петербург) [4], разработанный с целью обеспечения эффективной системы защиты от подземных вод на территории Санкт-Петербурга.



1.

ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ.

1.1.

Основные водно-физические 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 характеризует наличие пор в объеме грунта (поровое пространство). Поровое пространство может быть схематизировано как совокупность капилляров различных размеров и конфигурации. Размер пор (капилляров) зависит от гранулометрического состава грунтов: в мелкозернистых грунтах размер пор меньше, в крупнозернистых – больше.

Воды, находящиеся в массе (в порах) грунта, во всех физических состояниях (пар, лед, вода), называются **грунтовыми (подземными) водами**.

Влагоемкость – способность грунта вмещать и удерживать в себе грунтовые воды. Количественной характеристикой влагоемкости является влажность грунта W , которая определяется как отношение объема воды, содержащейся в порах грунта, к объему грунта.

При рассмотрении вопросов, связанных с защитой земель от переувлажнения, наибольший интерес представляют понятия:

Полная влагоемкость – характеризует максимальное количество воды всех видов, вмещаемой грунтом при полном насыщении пор. Полной вла-

гоемкости соответствует влажность грунта W_P . Следует подчеркнуть, что в «полевых» условиях вода не вытесняет весь воздух из пор грунта. Из этого следует, что W_P примерно соответствует (но несколько менее) объему пор грунта.

Наименьшая влагоемкость характеризует количество воды, удерживающееся в грунте после свободного стекания воды из грунта под действием гравитации (силы тяжести). Влажность грунта, соответствующая наименьшей влагоемкости W_{HB} , характеризует максимальное количество воды, которое может содержаться в грунте в результате взаимодействия гравитационных и «капиллярных» сил.

Вода, содержащаяся в грунте, условно подразделяется на типы:

- **молекулярная вода** (в диапазоне влажности $W \leq W_m$, где W_m – влажность, соответствующая максимальной молекулярной влагоемкости) – прочносвязанная вода (в виде пленок, обволакивающих частицы грунта); в естественных условиях не может быть удалена из грунта;
- **капиллярная вода** (в диапазоне влажности $W_m < W \leq W_{HB}$) – воды, удерживаемые в порах (капиллярах) грунта за счет сил поверхностного натяжения (движение этих вод может происходить при наличии градиентов влажности и температуры);
- **гравитационная вода** (в диапазоне влажности $W_{HB} < W \leq W_P$) – воды движутся под действием сил тяжести, свободно вытекают из грунта.

Водоотдача – способность водонасыщенных грунтов отдавать гравитационную воду при свободном стекании. Максимальная водоотдача соответствует разнице между полной влажностью W_P и влажностью с наименьшей влагоемкостью W_{HB} .

Схема распределения влажности грунта от дневной поверхности вглубь грунта представлена на рисунке 1.1. Начало координат расположено на поверхности грунта; ось глубин h направлена вглубь грунта; ось влажности W – по поверхности грунта. На оси влажности отмечено два характерных значения влажности – полная влагоемкость W_P и наименьшая влагоемкость – W_{HB} .

На схеме распределения влажности грунта по глубине можно выделить две зоны: зона, где влажность постоянна и равна W_P – зона 1 и зона, где влажность менее W_P – зона 2.

Зона 1, где все поры заняты водой (влажность равняется W_P) может считаться «зоной полного насыщения», а зона 2, где поры заняты водой частично (влажность менее W_P) – «зоной неполного насыщения».

Линию, разделяющую зоны полного и неполного насыщения, можно трактовать, как уровень грунтовых вод (УГВ). Расстояние от поверхности грунта до УГВ называют глубиной УГВ (на рис. 1.1 – h гр. вод).

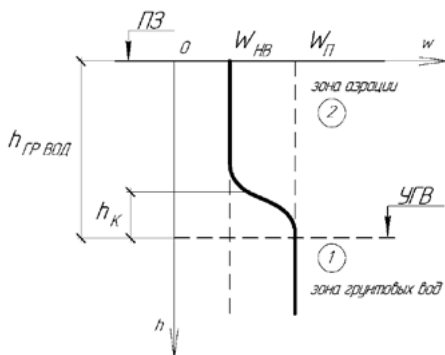


Рис. 1.1 – Схема распределения влажности грунта по глубине

На основании схемы, представленной на рисунке 1.1, можно сделать следующие определения:

- **Уровень грунтовых вод (УГВ)** – условная граница, разделяющая зоны полного и неполного насыщения; или, УГВ – условная линия, ниже которой все поры грунта заняты водой, выше которой поры заняты водой частично.
- **Зона грунтовых вод** – располагается ниже УГВ, характеризуется полным насыщением пор грунта водой.
- **Зона аэрации** – располагается выше УГВ, характеризуется неполным насыщением пор водой.
- **Капиллярная кайма** – располагается в нижней части зоны аэрации, непосредственно над УГВ. Характеризуется изменением 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.

Следует отметить, что на рисунке 1.1 отражена схема, примерно соответствующая осеннему периоду в условиях северо-запада РФ: не высокая положительная температура на поверхности; минимально количество воды, потребляемое растениями; после выпадения слоя дождя прошел достаточный период времени. Однако в реальных условиях в толще грунта происходит постоянное перераспределение влажности [9]:

- В условиях значительных положительных температур на поверхности и при наличии растительности на поверхности грунта (по сравнению с ситуацией, представленной рис. 1.1) в верхней части профиля значение влажности может значительно уменьшиться – как следствие процессов испарения

и транспирации. В условиях значительного по продолжительности такого периода возможно понижение УГВ.

• В условиях выпадения значительного количества осадков на поверхность грунта (по сравнению с ситуацией, представленной *рис. 1.1*) значение влажности значительно увеличится – как следствие процесса инфильтрации. В верхней части профиля увеличение влажности начнется одновременно с выпадением осадков. В средней и нижней части профиля перераспределение инфильтрационных вод по глубине будет происходить длительное время (в том числе и по окончании выпадения осадков). В этом случае, как следствие выпадения осадков, возможно повышение УГВ.

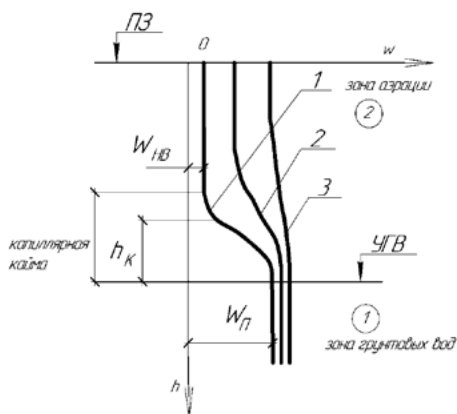


Рис. 1.2 – Изменения влажности по глубине в различных грунтах

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

Различие гранулометрического состава грунта, размер частиц грунта определяет размер и объем пор. В грунтах различного типа (пески, супеси, суглинки), отличающихся размером частиц и пор, распределение воды по глубине будет существенно отличаться при одинаковой глубине залегания УГВ (*рисунок 1.2*).

Будут отличаться значения влажности $W_{НВ}$ и $W_{П}$, будет отличаться высота и форма капиллярной каймы над УГВ.

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.