

Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

В. И. Сологаев

**ЗАЩИТА
ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ
В ГОРОДСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебное пособие

Омск
2020

УДК 69.034.96

С 60

ББК 38.621

Рецензенты:

д-р геогр. наук, проф. И.В. Карнацевич
(Омский государственный педагогический университет);
канд. техн. наук, заслуженный строитель России Р.Ш. Абжалимов
(Территориальный проектный институт ОАО «Омскгражданпроект»)

Работа утверждена издательским советом СибАДИ в качестве учебного пособия.

Сологаев Валерий Иванович.

Защита от подтопления в городском строительстве. Учебное пособие. – Омск : СибАДИ, 2020. – 56 с.

ISBN 978-5-00113-001-7

Разработано по материалам лекций, которые проводились автором впервые весной 1999 года на потоке третьего курса городского строительства и хозяйства (ГСХ). Носит практическую направленность и является введением в курс по защите от подтопления в городском строительстве. Рекомендовано бакалаврам, магистрам и аспирантам направления «Строительство», изучающим защиту от подтопления, также может быть полезно проектировщикам, строителям и работникам служб эксплуатации. Подготовлено на кафедре городского строительства, хозяйства и экспертизы объектов недвижимости СибАДИ.

Электронное интерактивное издание (0,9 МБ).

Минимальные системные требования:

ПК 586, 96 МБ ОЗУ, Windows XP, Linux 2.4;

любая программа для чтения pdf-файлов.

Редактор И.Г. Кузнецова.

Набор, иллюстрации и макет автора.

Дата подписания к использованию 01.12.2020.

Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ,

644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1.

ISBN 978-5-00113-001-7

© Сологаев В.И., 2020

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2020

Оглавление

Предисловие	5
Что такое проблема подтопления и как с ней бороться?	5
От автора	5
Введение	6
О литературе	6
Принятые сокращения	7
Условные обозначения	7
Что такое подтопление	8
Терминология	9
Причины и источники подтопления застройки	13
Естественные причины (и источники) подтопления	13
Техногенные причины (и источники) подтопления	16
Последствия подтопления застройки	18
Аварийно-катастрофические последствия подтопления	18
Антисанитарно дискомфортные последствия подтопления ...	19
Экономический ущерб от подтопления застройки	19
Методы защиты от подтопления	20
Предупредительные мероприятия (пассивные методы)	20
Вертикальная планировка	20
Дождевая канализация	21
Гидронамыв и подсыпка территорий	21
Гидроизоляция зданий и сооружений	21
Противофильтрационные завесы («стены в грунте»)	23
Предотвращение утечек из водонесущих коммуникаций	24
Профилактические дренажи сетей и сооружений	24
Сохранение естественного подземного стока	25
Вентиляция подземных частей зданий и сооружений	25

Защитные дренажи (активные методы)	26
Что такое дренаж	26
Классификации дренажей	26
Общие дренажи (территорий)	28
Систематические дренажи	28
Перехватывающие дренажи	29
Береговые дренажи	29
Головные дренажи	29
Дренирующие водоёмы и водотоки	29
Локальные дренажи (зданий и сооружений)	30
Элементы дренажа	31
Дрены, фильтрующие обсыпки и слои	32
Скважины	34
Смотровые колодцы	35
Трубы-коллекторы	35
Насосные станции перекачки	35
Выпуски дренажных вод	36
Пластовые дренажи	38
Горизонтальные трубчатые дренажи	39
Лучевые дренажи	40
Сопутствующие дренажи	41
Стадии жизненного цикла систем ЗПТЗ	42
Проектирование	43
Строительство	46
Эксплуатация	50
Реконструкция	51
Библиографические ссылки	52
Указатель	55

Предисловие

Что такое проблема подтопления и как с ней бороться?

Для ответа на этот вопрос недостаточно не только одного параграфа, но и всей данной книги. Мало того, можно смело утверждать, что вся изданная техническая литература до сих пор окончательно не разрешила этой проблемы. Вот примеры.

Недавно в Москве на улице Большая Дмитровка провалился под землю двухэтажный жилой дом. Телевидение показало, как он ушёл под землю и образовалась воронка. Одной из главных причин этой катастрофы явилась подземная вода, постепенно подтачивавшая основание дома.

Другой пример. Несколько лет назад в г. Омске около здания речного вокзала подземная вода периодически подтапливала подвал жилого дома и так же регулярно производился водоотлив насосами. В результате произошёл подмыв грунта под домом. Около здания образовались подземные пустоты, куда однажды провалился грузовой автомобиль.

Проблема подтопления – это не только повышение уровня подземных вод и вереница сопутствующих ему процессов. Это также проблема правильного устройства защиты от подтопления, а затем проблема её работы.

От автора

Эта книга задумана как учебное пособие к нормативно-справочной литературе по защите от подтопления [1, 2]. Её стиль – краткий, телеграфный стиль студенческих конспектов. Главные положения борьбы с подтоплением излагаются в тесном переплетении с практическими примерами. Обилие иллюстраций восполняет некоторую краткость текста, который для удобства получения быстрой справки снабжён алфавитно-предметным указателем в конце книги со ссылками на нужные страницы.

Учебное пособие по защите от подтопления является первым опытом. Рассматриваемая учебная тематика нова для российских вузов. Молодые специалисты, ознакомившись с основами этой тематики, смогут самостоятельно разрабатывать технологии защиты от подтопления в городском строительстве.

Данная книга по защите от подтопления «Устройство и работа» является введением. В дальнейшем планируется выпустить другие части курса, посвященные фильтрационным расчётам и компьютерному моделированию, которые были апробированы на занятиях со студентами. Предполагается также выпуск практикума по защите от подтопления.

Введение

О литературе

Первым в списке литературы стоит СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления» [1]. Это вообще исторически первый СНиП по данной теме, созданный коллективами ведущих научно-исследовательских и проектных институтов Советского Союза в 1980-х годах. Основные положения защиты от подтопления изложены в СНиП в сжатой форме. Рекомендуются прочитать СНиП.

Справочное пособие к СНиП [2] было разработано группой учёных ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР под руководством профессора А.Ж. Муфтахова. Оно является обязательным дополнением к СНиП [1] при проектировании и строительстве защиты от подтопления.

Книга Б.М. Дегтярёва «Дренаж в промышленном и гражданском строительстве» [3] замечательна тем, что в ней впервые в практике защиты от подтопления предложен системный градостроительный подход по проектированию основных защитных сооружений – дренажей. Кроме того, в ней много оригинальных авторских предложений по вакуумным дренажам.

Популярная книга Г.А. Разумова и М.Ф. Хасина «Тонущие города» [4] в занимательной форме знакомит с серьёзнейшими проблемами, которые преследуют человечество с начала его истории, – затоплением и подтоплением городов. Художественная красота в ней переплетается с принципами инженерного искусства городского строительства.

Н.П. Куранов, А.Ж. Муфтахов, А.П. Шевчик и И.М. Бывальцев в совместном труде «Последствия подтопления застроенных территорий и способы их дренирования» [5] систематизировали большой фактический материал и предложили перспективные средства инженерной защиты подтопленных территорий.

Учебник Г.И. Клиориной, В.А. Осина, М.С. Шумилова «Инженерная подготовка городских территорий» [6] предназначен для специальности ГСХ и весьма удачно излагает принципы защиты от подтопления городов в совокупности с другими проблемами городского строительства и хозяйства. Рассмотрены вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и экономики инженерной защиты.

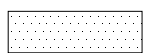
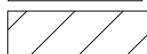
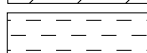
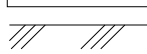
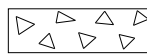
Книга Р. Эггельсманна «Руководство по дренажу» [7] знакомит с зарубежной практикой защиты от подтопления, в частности в Германии.

Список литературы содержит многочисленные книги, монографии, статьи отечественных и зарубежных авторов по защите от подтопления. Они помогут специалисту существенно расширить свой кругозор .

Принятые сокращения

ЗПТЗ	– защита от подтопления территории застройки.
ПВ	– подземные воды.
ГВ	– грунтовые воды.
НПВ	– напорные подземные воды.
СВ	– сезонная верховодка.
УПВ	– уровень подземных вод.
УГВ	– уровень грунтовых вод (свободная поверхность).
УНПВ	– уровень напорных подземных вод.
УСВ	– уровень сезонной верховодки.
Ур.з.	– уровень земли.
Ур.в.	– уровень воды (в водоёме, дрене или траншее).
ест.УГВ	– естественный уровень грунтовых вод.
Скв.	– скважина.
К2	– канализация дождевая (по-старому: ливневая, ливнёвка).
ПФЗ	– противодиффузионная завеса («стена в грунте»).
ЗФМ	– защитно-фильтрующий материал.
ДВУ	– датчик верхнего уровня воды.
ДНУ	– датчик нижнего уровня воды.
СНиП	– строительные нормы и правила (в России).
ГОСТ	– государственный стандарт (в России).
DIN	– государственный стандарт (в Германии).
ASTM	– государственный стандарт (в США).
МКР	– метод конечных разностей.
ТЭЦ	– теплоэлектроцентраль (тепловая электростанция).
min	– минимальный.
Ст.	– станция (например, метрополитена).
ГСХ	– городское строительство и хозяйство.
ТИСИЗ	– трест инженерно-строительных изысканий.
НИР	– научно-исследовательская работа.
ТЭО	– технико-экономическое обоснование.

Условные обозначения

	– проницаемые грунты и материалы (или засыпка из песка).
	– водоупорные грунты и материалы.
	– подземная вода или водоём.
	– поверхность земли.
	– засыпка из щебня или гравия.

Что такое подтопление

Подтопление – это повышение уровня подземных вод (УПВ), приводящее в отдельности или совокупности:

- к аварийно-катастрофическому,
- антисанитарно-дискомфортному,
- экономически убыточному

состоянию зданий, сооружений, коммуникаций и других элементов городской территории (дорог, парков и т.д.).

По СНиП [1] подтопление застройки определяется с помощью критерия «норма осушения».

Нормы осушения – это глубины понижения уровня грунтовых вод (УГВ), считая от проектной отметки территории, которые при проектировании защиты от подтопления принимаются в зависимости от характера застройки защищаемой территории в соответствии с табл. 1 СНиП [1]. Таким образом, нормы осушения, по [1] являются обобщёнными показателями подтопления.

Рассмотрим пример определения, подтоплен ли жилой район города (селитебная территория), с помощью критерия «норма осушения». Пусть, по данным многолетних наблюдений, УГВ залегает в течение года в данном районе не ближе 2 метров от поверхности. Тогда согласно п. 3 табл. 1 данная территория не подтоплена, так как норма осушения соблюдена.

Таблица 1 [1]

Характер застройки	Норма осушения, м
1. Территории крупных промышленных зон и комплексов	До 15
2. Территории городских промышленных зон, коммунально-складских зон, центры крупнейших, крупных и больших городов	5
3. Селитебные территории городов и сельских населённых пунктов	2
4. Территории спортивно-оздоровительных объектов и учреждений обслуживания зон отдыха	1
5. Территории зон рекреационного и защитного назначения (зелёные насаждения общего пользования, парки, санитарно-защитные зоны)	1

Терминология

Вся терминология по защите от подтопления территории застройки (ЗПТЗ) разбросана по книге. Чтобы найти разъяснение какого-либо слова, надо обратиться к алфавитно-предметному указателю в конце книги (см. с. 55). Там к каждому термину могут быть даны ссылки сразу на несколько страниц. Просматривая в тексте различные истолкования, можно в конце концов добиться достаточно удовлетворительного понимания термина. Наиболее важные термины оговорим на примерах. Так, на с. 8 были упомянуты УПВ и УГВ. Различие между ними связано с классификацией подземных вод (рис. 1).

Подземные воды (ПВ) подразделяются на грунтовые (ГВ), напорные (НПВ) и сезонную верховодку (СВ).

Грунтовые воды имеют свободную поверхность (УГВ), сообщаются с атмосферой через зону аэрации и считаются безнапорными (рис. 2).

Снизу они поддерживаются водоупорными породами (например, глинами). Водонасыщенный грунт от водоупора до УГВ называется мощностью грунтовых вод или естественной мощностью H_e . На поверхности УГВ давление равно атмосферному $p_{атм}$. Подтопление городов происходит в основном при повышении УГВ вследствие разных причин (см. с. 13-17). УГВ подвержен сезонным колебаниям (см. с. 15).

Напорные подземные воды сверху и снизу перекрыты водоупорными породами и имеют пьезометрический напор h_p до отметки УНПВ (см. рис. 2). Скважина, пробуренная до НПВ, вскрывает их и заполняется поднимающимся столбом воды высотой h_p – это и есть пьезометрический напор. Если напор h_p больше глубины скважины, то она начинает фонтанировать. Расстояние от водоупорной кровли до подошвы называется мощностью водоносного пласта M (см. рис. 2) – это толщина проницаемого грунта, водонасыщенного и с напором h_p .

Верховодка – это временно образующаяся подземная вода. Её происхождение может быть как естественно-сезонным, в основном весной, так и техногенным, под влиянием деятельности человека. Летом верховодка исчезает из-за испарения в атмосферу и перетекания в нижележащие пласты. На рис. 2 показан случай образования верховодки на линзе – непроницаемом или слабопроницаемом включении в толще грунта – и обозначен уровень верховодки (УСВ).

Термин УПВ является общим. Это может быть УГВ, УНПВ или УСВ. При проектировании лучше оговаривать точно, что это за уровень.

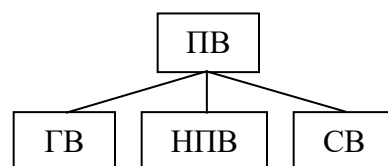


Рис. 1. Классификация подземных вод

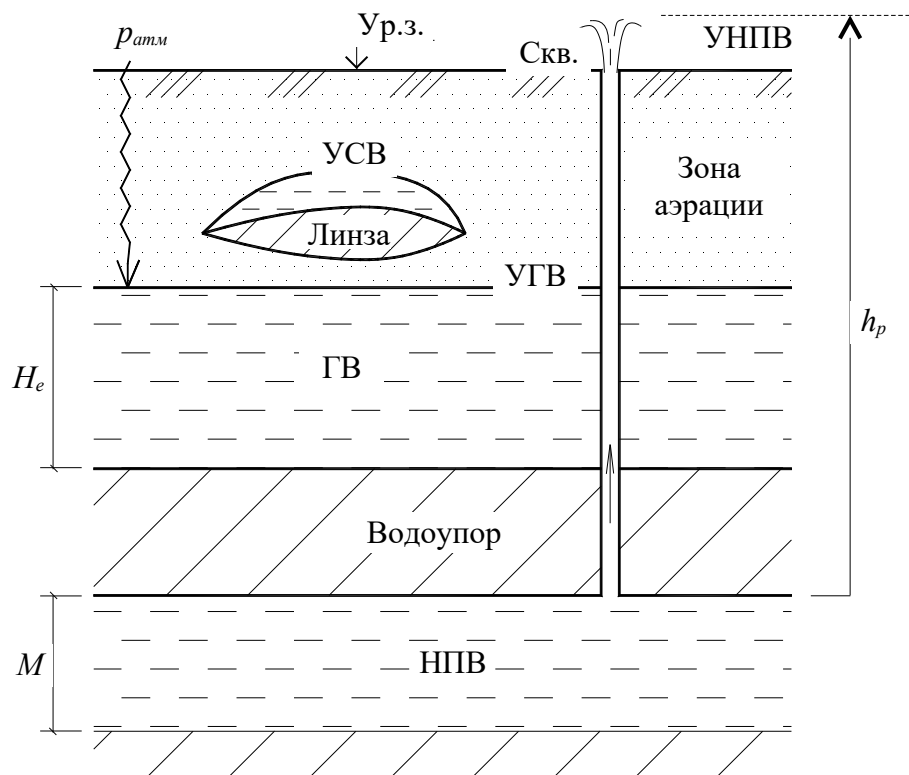


Рис. 2. Схема гидрогеологического разреза

Рассмотрим гидрогеологический разрез на рис. 2. Он схематизирован. В природе пласты обычно не имеют строго горизонтальных поверхностей.

Напорные воды по скважине поднимаются вверх, как показано стрелкой. Обратим внимание, что НПВ поступают за пределы своего природного залегания – мощности M . Движение происходит под влиянием разности напоров. НПВ имеют некоторое избыточное давление $p_{изб} = \gamma h_p$. Здесь γ – удельный вес подземной воды. Поэтому НПВ по скважине стремятся подняться до отметки УНПВ, что на гидрогеологических разрезах принято показывать в виде Г-образной стрелки (показано справа на рис. 2).

Грунтовые воды ведут себя совсем иначе. Они не поднимаются в скважине выше своей мощности H_e . Другими словами, где ГВ залегали, там и продолжают оставаться. Поэтому УГВ может быть измерен по уровню воды (Ур.в.) в открытой скважине, котловане или траншее, так как и УГВ и Ур.в. являются свободными поверхностями.

Верховодка безнапорна, как и грунтовые воды. Она может стекать с краёв линзы, а может и просачиваться вниз через неё. Верховодка может также возникать на слабопроницаемых прослоях. Она сезонна.

Инфильтрацией называется просачивание влаги вниз до УГВ. Инфильтрация может быть естественной или техногенной.

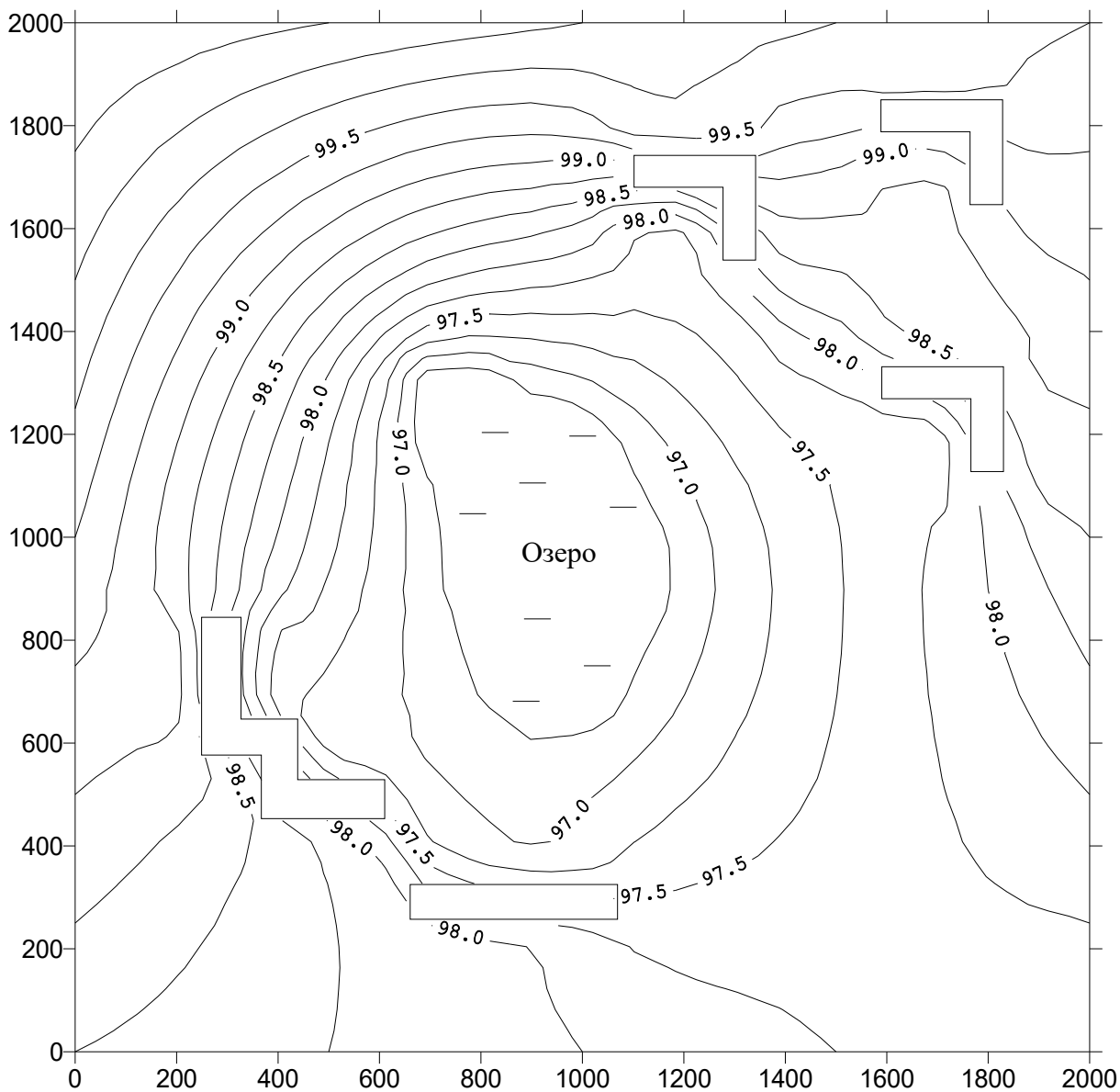


Рис. 3. Гидрогеологическая карта микрорайона с озером

На гидрогеологической карте (рис. 3) показан участок местности размером 2х2 км, предназначенный для строительства микрорайона с озером. Эта прогнозная карта получена компьютерным моделированием по авторской методике МКР-Excel. Градостроительная идея принадлежит кандидату архитектуры П.В. Радищеву [8]. По его замыслу искусственное озеро должно дренировать грунтовые воды и испарять в атмосферу.

Естественный поток ГВ направлен от левого верхнего угла участка к правому нижнему. УГВ показан с помощью гидроизогипс с шагом 0,25 м по высоте. Гидроизогипсы – это линии равных УГВ (гидроизопьезы – линии равных УНПВ). Карта иллюстрирует влияние застройки на естественный поток грунтовых вод – здания, как плотины, перегораживают фильтрацию (барражный эффект). Любопытно, что между зданиями и озером дренирующий эффект – понижение УГВ – несколько усиливается.

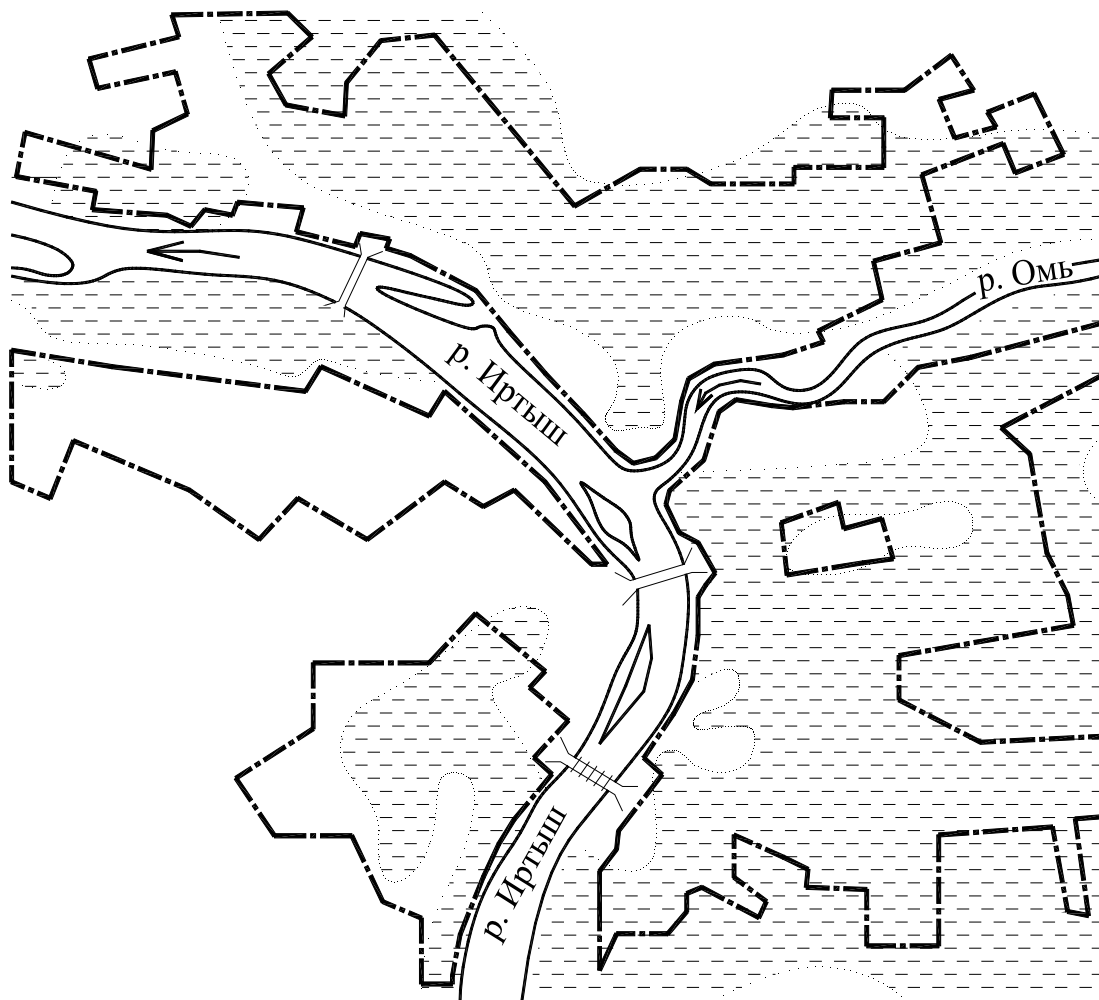


Рис. 4. Схематичная карта сезонного подтопления Омска

Ежегодно в мае Омск оказывается сезонно подтопленным грунтовыми водами примерно на 80 % (рис. 4). Данная карта построена с опорой на геофондовые материалы ОАО «ОмскТИСИЗ» (Омского треста инженерно-строительных изысканий). Районы города очерчены штрихпунктирной линией, а зоны подтопления заштрихованы как подземные воды, где УГВ менее 2 метров от поверхности земли. Согласно критерию «норма осушения» такая территория города относится к подтопленной (см. п. 3 табл. 1 на с. 8). Летом начинается спад УГВ, вода уходит из подвалов зданий. В конце октября опять наблюдается небольшое осеннее повышение УГВ. Даже сезонное подтопление приносит огромные убытки городскому хозяйству. В целом по Омску защита от подтопления отсутствует.

Подтопление охватило многие города мира. Причины подтопления различны. Подтоплены города европейской части России, Украины, Урала, Сибири, Казахстана, Средней Азии, а также Великобритании, стран Западной, Центральной и Восточной Европы, США, Бразилии, Индии, Китая [3, 4]. Перейдём к рассмотрению причин подтопления.

Причины и источники подтопления застройки

Причины и источники подтопления подразделяются на две группы:

- естественные;
- техногенные (антропогенные).

Причины и источники подтопления могут проявляться по отдельности или комплексно. Влияют на застройку они по-разному.

Естественные причины (и источники) подтопления:

- подъём уровня водоёмов (источники – моря, озёра и реки);
- опускание поверхности прибрежных городов (источники те же);
- циклы колебания климата (источник – атмосферная влага);
- сезонные колебания УГВ (источник – атмосферная влага).

Подъём уровня водоёмов особенно влияет на подтопление приморских городов. Наиболее яркими примерами являются Венеция, Санкт-Петербург и города Голландии [4]. Повышение уровня водоёмов влияет на подтопление городов в двух случаях: 1) когда происходит поверхностное затопление из-за наводнения и вода насыщает грунты с повышением УГВ; 2) когда происходит фильтрация воды в берега без наводнения и повышение УГВ (подпор) распространяется на прибрежную территорию, однако это возможно лишь в случае хорошо проницаемых грунтов. Причинами неожиданного и непредсказуемого повышения уровня моря могут быть наводнения во время штормов, таяние полярных льдов при потеплении климата Земли, возникновение гигантских волн-цунами при подводных землетрясениях (Дальний Восток). Наводнения на континентальных реках и озёрах связаны с обильными ливнями, таянием снега и ледников в горах. В последние годы произошли катастрофические наводнения на реках США, Западной Европы и Восточной Сибири. С 1960 года Омское Прииртышье не подвержено наводнениям вследствие зарегулированности стока р. Иртыша после пуска Бухтарминской ГЭС.

Опускание поверхности прибрежных городов может происходить по причине тектонических движений и подвижек земной коры медленно во времени или быстро, при землетрясениях. Медленно погружается в море Италия, особенно Венеция. Погружается Голландия, 40% её территории находится на отметках ниже уровня моря, и лишь самоотверженный труд местных жителей помогает им выжить в борьбе с затоплением и подтоплением. Ежедневные землетрясения на озере Байкал приводят к опусканию его прибрежной территории и подтоплению берегов [4]. Кроме опускания земной поверхности, землетрясения, сотрясая грунт, вызывают повышение УГВ до величин порядка 1-2 м [9]. К счастью, Омская область расположена в несейсмичной зоне и ей такие процессы не грозят.

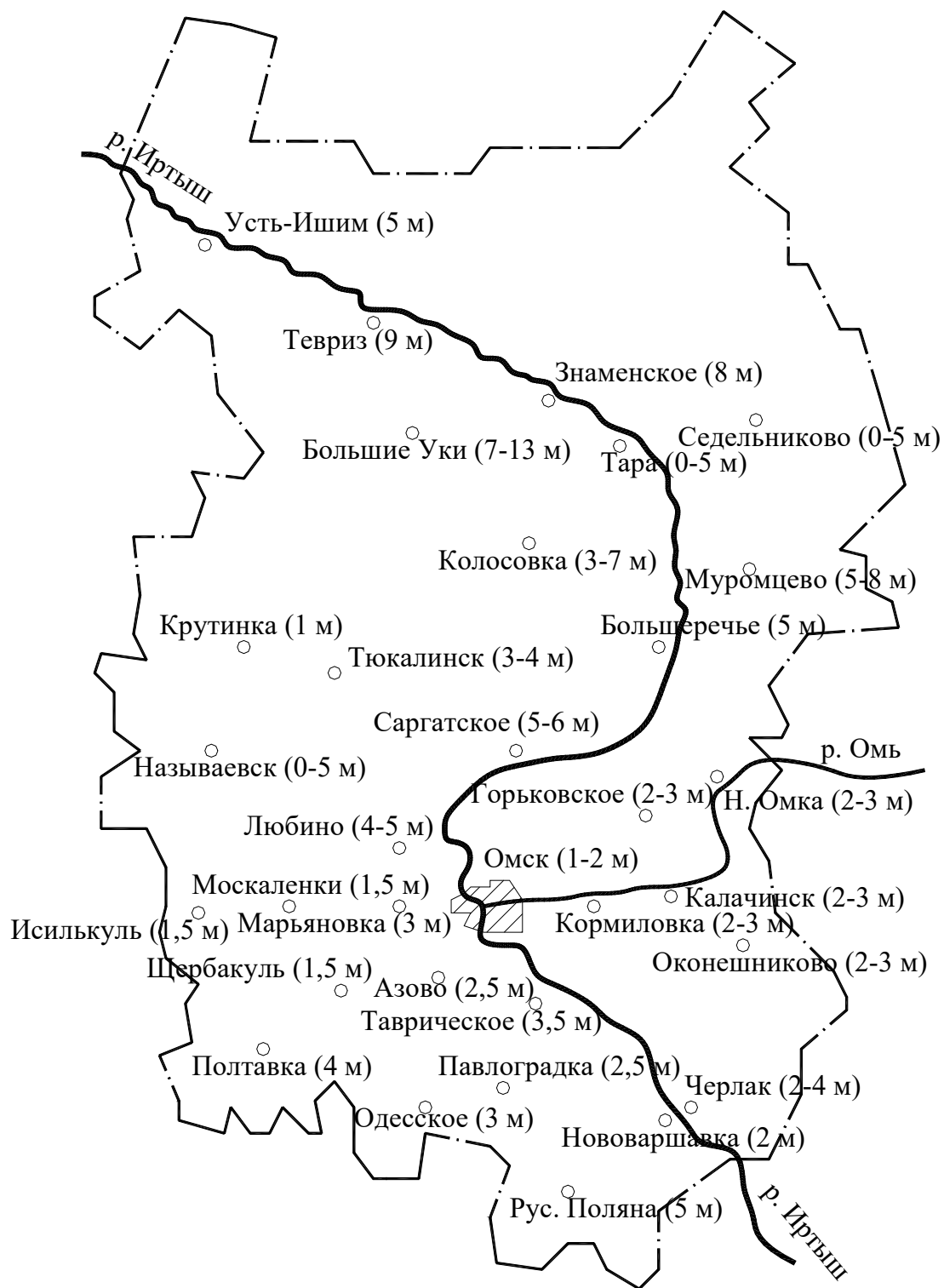


Рис. 5. Схематичная карта подтопления городов и районных центров Омской области (по материалам ОАО «ОмскТИСИЗ»).
 В скобках показаны среднестатистические глубины залегания УГВ весеннего максимума на территории застройки

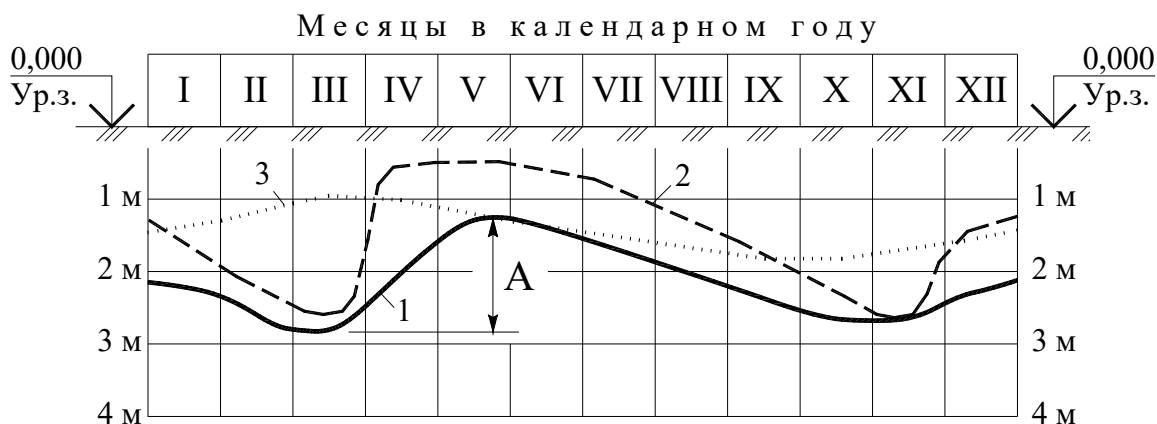


Рис. 6. Графики сезонных колебаний УГВ:
 1 – в Омске; 2 – в Санкт-Петербурге (Ленинграде); 3 – в Мюнхене (ФРГ);
 А – годовая амплитуда колебаний УГВ (в Омске $A \approx 1,2-1,5$ м)

Циклы колебаний климата на земном шаре довольно чётко установлены как 11-летние [10]. Характерно, что они совпали с циклами появления солнечных пятен. Режим грунтовых вод зависит от климата, так как ГВ сообщаются с атмосферой через зону аэрации (см. рис. 2). Однако климат мало влияет на подтопление городов и населённых пунктов [5]. Некоторое представление о слабой связи климата и подтопления застройки в Омской области может дать карта-схема на рис. 5, составленная по материалам ОАО «ОмскТИСИЗ». Климат Омской области континентальный [11]. Северная часть лежит в зоне оптимального увлажнения, здесь много болот. Южная часть области засушливая. Омск недостаточно увлажнён. Согласно критерию «норма осушения», к подтопленным городам можно отнести г. Омск, Тару, Седельниково, Крутинку, Называевск, Москаленки, Исилькуль, Щербакуль. Заметим, что города, охваченные подтоплением, разбросаны по всей области независимо от климатических зон. Последние тридцать лет в области наблюдается климатический цикл пониженной влажности, однако даже наличие столетних наблюдений не позволяет предсказать, что произойдёт с климатом в будущем [12] и соответственно – с его влиянием на УГВ.

Сезонные колебания УГВ, происходящие в течение года, изучены в городах довольно хорошо. На рис. 6 представлены сравнительные графики сезонных колебаний УГВ в г. Омске (построены по данным ОАО «ОмскТИСИЗ»), г. Санкт-Петербурге (Ленинграде) [13] и г. Мюнхене [7]. Нетрудно сделать общий вывод, что множество осложнений в городских хозяйствах связано с весенним повышением УГВ. Специалистам знание таких графиков необходимо для заблаговременной подготовки к весеннему подтоплению.

Естественные причины подтопления трудно отделить от техногенных.

Техногенные причины (и источники) подтопления:

- гидротехническое строительство водохранилищ и каналов;
- нарушение естественного поверхностного и подземного стоков;
- утечки из водонесущих коммуникаций.

В справочном пособии к СНиП [2] подчеркнуто, что основные причины подтопления застройки связаны со стадиями строительства и последующей эксплуатацией. С началом освоения городской территории начинается техногенное (антропогенное) подтопление, происходящее под влиянием деятельности человека. Оно возникает и развивается вследствие нарушения сложившегося природного динамического равновесия в водном балансе территории – это и есть основная причина подтопления городских территорий.

Причины подтопления застройки связаны с источниками подтопления. В некоторых случаях причины и источники подтопления неразделимы, совпадают друг с другом, в других – нет. Приведём примеры.

Гидротехническое строительство водохранилищ и каналов преследует водохозяйственные цели, однако побочным явлением возникает подтопление окружающей территории. После наполнения этих сооружений начинается фильтрация воды в берега, прибрежные города подтапливаются повышающимся УГВ – это явление называют подпором. Вблизи этих сооружений возникают подтопленные территории шириной до нескольких, иногда до десятков километров [4]. Такое подтопление свойственно городам Поволжья, где грунты берегов песчаные, хорошо проницаемые.

Нарушение естественного поверхностного стока застройкой происходит практически повсеместно. Задерживаемая строительными котлованами, траншеями, зданиями и сооружениями атмосферная влага (источник) просачивается (инфильтруется) в грунт. Природный баланс влаги нарушается, УГВ повышается, возникает подтопление. В редких случаях, когда грунты хорошо проницаемые, то подтопления вследствие рассматриваемой причины может и не произойти, особенно если застройка находится в зоне дренирующего влияния водоёмов или оврагов. В Омске таких случаев практически не наблюдается.

Устройство дождевой (ливневой) канализации К2 в городах улучшает нарушенный застройкой поверхностный сток. Канализация К2 должна устраиваться в сочетании с вертикальной планировкой городской территории [6]. Кроме того, ливнёвка влияет и на улучшение подземного стока с городской территории, так как она может принимать в себя воды из дренажей, понижающих УПВ. К сожалению, город Омск не имеет достаточно развитой системы дождевой канализации, потребность в ней составляет около 80 %. Это одна из причин подтопления Омска на 80 % площади. Канализация К2 не понижает УГВ, а уменьшает источник подтопления.

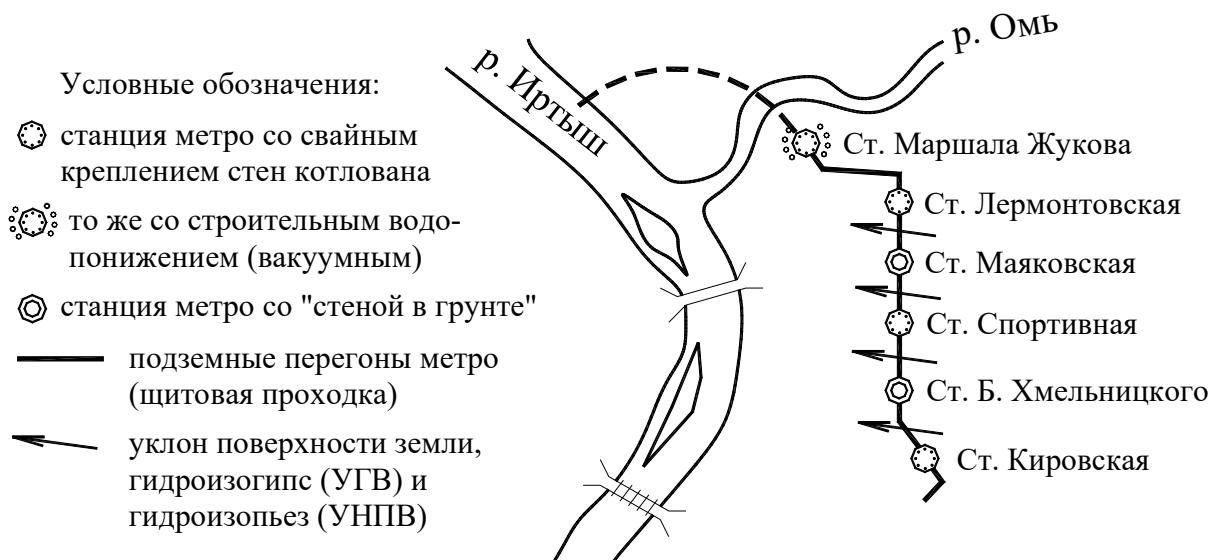


Рис. 7. Омский метрополитен (1-я очередь 1-й линии) и потоки подземных вод

Нарушение естественного подземного стока происходит вследствие перегораживания зданиями и сооружениями естественных фильтрационных потоков (источников). На рис. 7 приведена схематичная карта 1-й очереди 1-й линии строящегося метрополитена г. Омска. Метро мелкого заложения перекроет потоки подземных вод (ГВ и НПВ), направленные в сторону естественных дренажей – рек Иртыша и Оми. Чтобы с верховой стороны потоков не возник подпор ПВ, под метро предусмотрен водопропускной слой щебня толщиной 0,5 м.

Утечки из водонесущих коммуникаций – водопровода, канализации, теплосетей – являются настоящим бедствием всех городов, создавая локальное подтопление территории в виде куполов грунтовых вод. Сети стареют, начинаются скрытые подземные утечки воды, которые очень трудно обнаружить. Часто место прорыва трубопровода находят лишь после выхода воды на поверхность, но это значит, что куполообразное подтопление в этом месте уже произошло. Теоретически утечки должны происходить там, где трубопроводы уже выработали свой срок эксплуатации. На практике же бывает, что и новые системы протекают. На это влияет множество причин. Хотя в последнее время предложено статистически прогнозировать подтопление [14], однако основные прогнозы подтопления проводят аналоговым методом [2]. Для этого применяют величину дополнительной инфильтрации влаги ω (м/сут), вызывающую техногенное повышение УГВ. Величина ω входит почти во все расчётные формулы прогнозов подтопления [2]. Наиболее достоверно она может быть определена на основе режимных наблюдений за УГВ на застроенной территории. В Омске такие наблюдения не проводились, поэтому величину ω можно определить лишь ориентировочно по [2, с. 71-74].

Последствия подтопления застройки

Последствия подтопления застройки можно разбить на три группы:

- аварийно-катастрофические (табл. 2);
- антисанитарно дискомфортные;
- экономические.

Таблица 2

Последствия	Результаты (примеры)
Потеря несущей способности и устойчивости грунтов в основании зданий и сооружений	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провал здания под землю (дом в г. Москве на улице Большая Дмитровка, 1998 г.) 2. Опрокидывание здания (эlevator в Норс-Трансконе в Канаде, 1913 г. [15]) 3. Крен здания (Пизанская башня в Италии [16]) 4. Деформация и подвижки конструкций здания, трещинообразование (повсеместно)
Оползни и оплывы берегов и крутых склонов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снос зданий и сооружений (снос моста через реку <i>Peace River</i> в Канаде, 1957 г. [17]) 2. Мгновенный оползень вызывает наводнение (оползень объёмом 0,25 км³ в водохранилище Вайонт в Италии привёл к наводнению в 5 селениях и гибели 2000 человек, 1963 г [6])
Повышение сейсмичности территории на 1-2 балла [5]	Провалы зданий и просадка грунта (застройка в долине реки Ганг в Индии, пострадало более 360 зданий и сооружений, территория просела на глубину более 1 м [17])
Увеличение морозного пучения грунта	Деформация и подвижки конструкций здания, трещинообразование (суммарное пучение грунта за зиму в г. Омске доходит до 10-20 см, по данным В.М. Гольцова, 1999)
Усиление коррозионной активности грунтов	Электрохимическая коррозия стальных подземных труб, конструкций и разрушение бетона фундаментов (повсеместно)
Уменьшение электробезопасности	Поражение электротоком в сырых помещениях (гибель студента СибАДИ в подвальной подтопленной мастерской в 1990 г.)

Антисанитарно дискомфортные последствия подтопления в основном вызываются появлением сырости в помещениях. При повышенной влажности воздуха человеку становится дискомфортно. На стенах и потолках начинает конденсироваться влага, возникают плесень, грибки. Плодятся комары и мошки. Повышается заболеваемость людей, особенно простудными болезнями.

Экономический ущерб от подтопления застройки имеет довольно сложную структуру. Существуют методики его расчёта, изложенные в [18, 19], взаимно дополняющие друг друга. В настоящее время эти методики нужно переосмысливать с учётом многоукладной экономики города. Годовой ущерб от подтопления селитебной территории города в ценах 1984 г. представлен в табл. 3 [5].

Таблица 3 [5]

Этажность	Годовой ущерб селитебной территории (тыс. руб./га)			
	При глубине залегания УГВ (м)			При изменении физико-механических свойств грунтов
	0	1	2-3	
2	58,1	38,9	4,6	105,7
5	95,6	66,5	7,7	173,9
9	120,1	80,5	9,6	218,4
12	134,1	89,8	10,2	243,9
16	176,3	118,1	14,1	320,6

Анализируя таблицу, заметим, что при глубине залегания УГВ 2-3 метра, согласно критерию СНиПа [1] «норма осушения», селитебная территория относится к неподтопленной (см. табл. 1, с. 8), однако ущерб от подтопления всё равно происходит, хотя значительно меньший, чем при УГВ на 0 и 1 м.

Применим показатели табл. 3 к г. Омску в 1990-х годах. Согласно официальным данным [20] город имеет общую площадь 48,9 тыс. га, а селитебная территория занимает 10,9 тыс. га при средней этажности 5. По данным ОАО «ОмскТИСИЗ», УГВ в г. Омске залегает в среднем на 2-3 м ниже поверхности земли. Тогда годовой ущерб от подтопления на селитебной территории г. Омска $У = 7,7 \cdot 10,9 = 83,93$ млн. руб. (в ценах 1984 г.). В 1990-х годах в г. Омске намечалось строить жилья ежегодно на 240 млн. руб. [20]. Таким образом, ущерб от подтопления селитебной территории г. Омска составляет не менее трети средств на строительство жилья, что весьма существенно.

Методы защиты от подтопления

Методы защиты от подтопления делятся на две группы:

- предупредительные мероприятия (пассивные методы);
- защитные дренажи (активные методы).

Подтопление современной застройки практически неотвратно наступает в большинстве городов [5], поэтому основными являются активные методы борьбы с подтоплением – применение защитных дренажей. В г. Омске защитные дренажи развиты недостаточно.

Предупредительные мероприятия (пассивные методы)

Предупредительные мероприятия по защите от подтопления застройки можно подразделить на 9 типов:

- 1) вертикальная планировка;
- 2) дождевая канализация;
- 3) гидронамыв и подсыпка территорий;
- 4) гидроизоляция зданий и сооружений;
- 5) противофильтрационные завесы («стены в грунте»);
- 6) предотвращение утечек из водонесущих коммуникаций;
- 7) профилактические дренажи сетей и сооружений;
- 8) сохранение естественного подземного стока;
- 9) вентиляция подземных частей зданий и сооружений.

Мероприятия имеют разную степень влияния на защиту от подтопления. Некоторые являются общими по территории (1-3), другие – локальными для отдельных зданий и сооружений (4-9).

Вертикальная планировка

Вертикальная планировка – это комплексное преобразование естественного или существующего рельефа территории города для размещения зданий, сооружений, дорожно-транспортных коммуникаций и организации поверхностного стока атмосферных вод [21]. Она является основной частью инженерной подготовки территории. Рельеф с уклонами 0,005-0,1 на неводоненных непросадочных грунтах наиболее благоприятен для городского строительства [22]. Омск был бы идеален в этом отношении, если бы не подтопление. Существенно повлиять на уменьшение подтопления города средствами вертикальной планировки нельзя. Вертикальная планировка должна быть увязана с уличной сетью, которая принимает поверхностный сток талых и дождевых вод от застройки и сбрасывает в систему дождевой канализации.

Дождевая канализация

Наружная дождевая канализация К2 предназначена для отведения поверхностных атмосферных и талых вод с городской территории и выпуска их в водоём [23]. Её проектируют по СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [24]. Мнение о том, что развитая сеть К2 «способствует понижению горизонта грунтовых вод» [25], не совсем верно. Сама по себе К2 не может понижать УГВ, если только она не совмещена с дренажом [3, 26]. Другие соображения по К2 мы уже рассматривали на с. 16.

Гидронамыв и подсыпка территорий

Гидронамыв и подсыпку территорий применяют как средство ухода от высокого УГВ, а также при строительстве на поймах рек, подверженных затоплению. Производят земляные работы, искусственное повышение планировочных отметок поверхности территории [2]. Например, способом гидронамыва песчаного грунта из русла Иртыша с 1960-х годов была образована Иртышская набережная г. Омска площадью более 150 га [27, 28], где теперь расположены три жилых микрорайона. Правда, через 30 лет эта территория всё равно стала сезонно подтапливаться грунтовыми водами. Это произошло из-за отсутствия защитных дренажей, которые следовало бы заложить тогда же. Таким образом, гидронамыв и подсыпка территорий сами по себе не гарантируют от подтопления.

Гидроизоляция зданий и сооружений

Гидроизоляция зданий и сооружений является альтернативой другим способам защиты от подтопления. В отличие от предыдущих, это локальное мероприятие для отдельного здания или сооружения. Она подразделяется на два класса: противofильтрационная и антикоррозионная [21]. Для защиты от подтопления наибольший интерес представляет противofильтрационная гидроизоляция, которую можно классифицировать по:

- способу устройства;
- материалу;
- конструкции.

По способу устройства гидроизоляция делится на окрасочную, штукатурную, оклеечную, литую, пропиточную, инъекционную, засыпную и монтируемую.

По материалу гидроизоляция подразделяется на битумную, минеральную (цементы, глины), полимерную и металлическую (чаще всего из стальных листов, соединяемых электросваркой).

По конструкции гидроизоляцию выполняют по наружной поверхности стены (широко распространена) или по внутренней. В последнем случае гидроизоляция работает «на отрыв» (закрепляют анкерами).

Окрасочная (противокапиллярная) гидроизоляция не защищает от подтопления. Она предназначена не пускать капиллярную влагу из грунта в подземные конструкции. Наиболее распространена окраска горячей битумной мастикой в два слоя толщиной около 2 мм по вертикальным наружным поверхностям подвальных стен, соприкасающихся с грунтом. В условиях подтопления применение такой гидроизоляции не эффективно.

Штукатурную гидроизоляцию чаще всего применяют в виде торкрет-бетона толщиной до 2 см по вертикальным железобетонным конструкциям. Она может держать напор воды. Для её устройства на расстоянии около метра от стены ставят цемент-пушку, которая делает высокоскоростной на-брызг жёсткого цементного раствора. Например, таким способом в 1979 году была устроена гидроизоляция стен высотой 3 м железобетонной подземной чаши градирни ТЭЦ-5 в г. Омске.

Оклеечную гидроизоляцию устраивают наклейкой горячим битумом рулонного материала (руберида, толя и др.) в 3-4 слоя по вертикальным и горизонтальным поверхностям с обязательным устройством соответственно прижимной стенки в полкирпича или стяжки из цементно-песчаного раствора и балластной пригрузки. Держит напор до 2 м водяного столба. Весьма склонна к трещинообразованию [21].

Литую гидроизоляцию выполняют по горизонтальным поверхностям из асфальтовых мастик. Выдерживает напор не более 1 м. Отличается дороговизной.

Пропиточная гидроизоляция – это пропитка битумом или полимерными смолами железобетонных плит, блоков, панелей в заводских условиях. Это в основном антикоррозионное мероприятие.

Инъекционная гидроизоляция предназначена для ремонта существующей гидроизоляции. Её можно применять в двух разновидностях: инъекция в грунт и инъекция в конструкцию. Для инъекции применяют жидкое стекло, полимерные смолы или расширяющийся цементный раствор. Вероятность положительного эффекта ремонта невысокая: 50 на 50 %.

Монтируемую гидроизоляцию собирают из металлических или пластмассовых листов, которые крепятся к стенам с помощью монтажных связей. Швы герметизируют сваркой. Это дорогостоящая гидроизоляция.

Засыпная гидроизоляция – это заполнение полостей или траншей гидрофобным материалом. Самое недорогое мероприятие – устройство глинистого экрана толщиной не менее 0,5 м. Глина должна быть водупорной, влажной. От сырости такая гидроизоляция не защитит.

Недостатком большинства гидроизоляций является трещинообразование как следствие подтопления [16].

Противофильтрационные завесы («стены в грунте»)

Противофильтрационные завесы (ПФЗ), или «стены в грунте», предназначены для защиты от подтопления отдельных площадок, зданий и сооружений, для строительства несущих и ограждающих конструкций и фундаментов [30]. Две станции метро в г. Омске предполагается строить методом «стена в грунте» (см. рис. 7, с. 17). Схематичный разрез показан на рис. 8. Железобетонная стена толщиной 0,6 м первоначально была запроектирована гидродинамически несовершенной, то есть не достигающей до водоупорных глин. Расчёты показали, что будет фильтрационный проскок НПВ под стеной, поэтому необходимо или довести стену вниз до водоупора, на 1,5 м ниже, или предусмотреть на период строительства водоотлив в котловане. Второй вариант хуже, так как восходящая фильтрация будет разжижать грунт основания котлована.

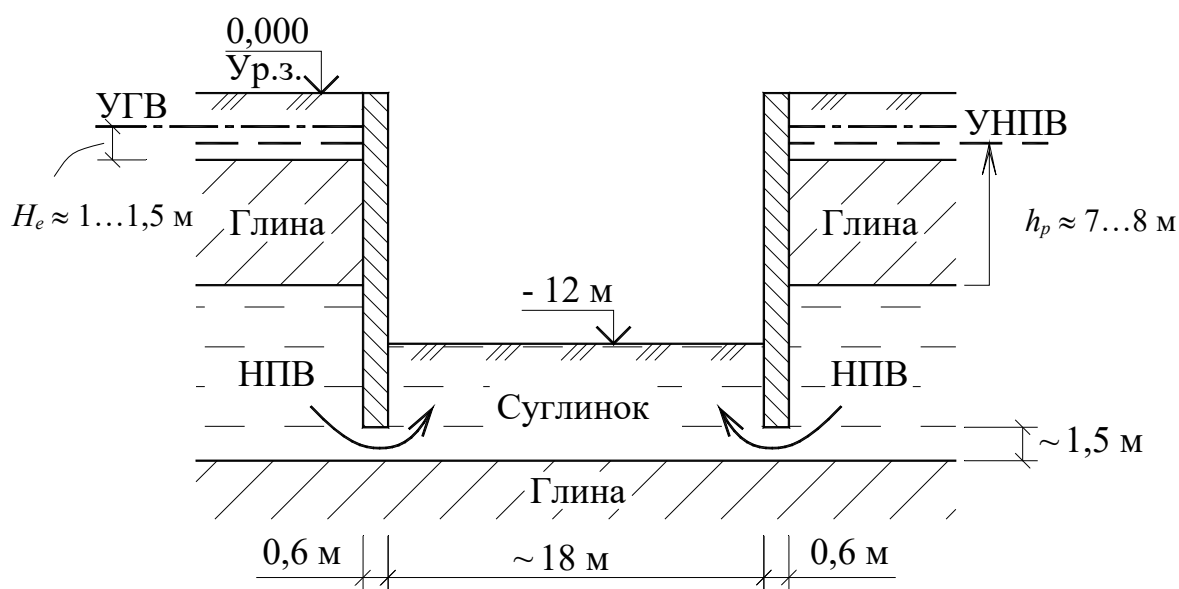


Рис. 8. Схематичный гидрогеологический разрез со «стеной в грунте»

Технология возведения «стены в грунте» такова. Вначале специальной техникой отрывают узкие и глубокие траншеи шириной 0,6 м. В процессе откопки их заполняют жидким глинистым раствором, который удерживает стенки траншеи от обрушения. Затем в траншею опускают арматурные каркасы и по трубопроводу нагнетают бетон, вытесняющий глину. Примерно через месяц, когда стена наберёт прочность, откапывают внутренний котлован, а стена защищает от обрушения грунта и притока подземных вод. В дальнейшем «стена в грунте» изнутри будет отделана, как стена подземной станции метрополитена.

Другие ПФЗ – инъекционные из цемента, глиноцемента, силикатного геля, смолы или битума [2]. Для г. Омска они неприменимы из-за низких коэффициентов фильтрации пылевато-глинистых грунтов менее 1 м/сут.

Противофильтрационные экраны применяют по дну водоёмов [2].

Предотвращение утечек из водонесущих коммуникаций

Утечки в грунт из водонесущих коммуникаций (водопроводных, канализационных и теплофикационных сетей) в среднем составляют 8-9 %, а иногда достигают 15 % объёма поданной воды [31]. Подтопление от утечек носит локальный характер в виде куполов УГВ, частично это уже рассмотрено на с. 17. Предупредить утечки можно проведением организационных, эксплуатационных и конструктивно-технологических мероприятий [2], однако снижение утечек до уровня менее 5 % экономически и технически нецелесообразно [5]. Поэтому нельзя строить слишком оптимистические прогнозы на будущее об избавлении от утечек. Выход – в создании защитных систем (активные методы).

Профилактические дренажи сетей и сооружений

Профилактические дренажи предназначены перехватывать распространение утечек воды из водонесущих сетей и сооружений при фильтрации в грунты застройки. Дренаж для перехвата утечек из сети водопровода, канализации или теплофикации называется сопутствующим, и он может быть линейным или пластовым. Для сооружений, компактных в плане, обычно устраивают кольцевой или пластовый дренаж. Все разновидности дренажа рассмотрены дальше (см. с. 26). Кольцевой профилактический дренаж производственного водоёма – пруда с промстоками – показан на рис. 9. Вредные стоки просачиваются в грунт из котлована 1 и перехватываются дренами 2 – трубами с отверстиями и фильтрующими обсыпками. Дрены уложены на водоупорный грунт. При фильтрации образуется свободная поверхность воды в грунте – кривая депрессии 3. Таким образом, профилактические дренажи могут не только препятствовать подтоплению местности, но и защищать её от загрязнения вредными сточными водами. Разумеется, дренажи должны быть устойчивы к агрессивному воздействию промстоков.

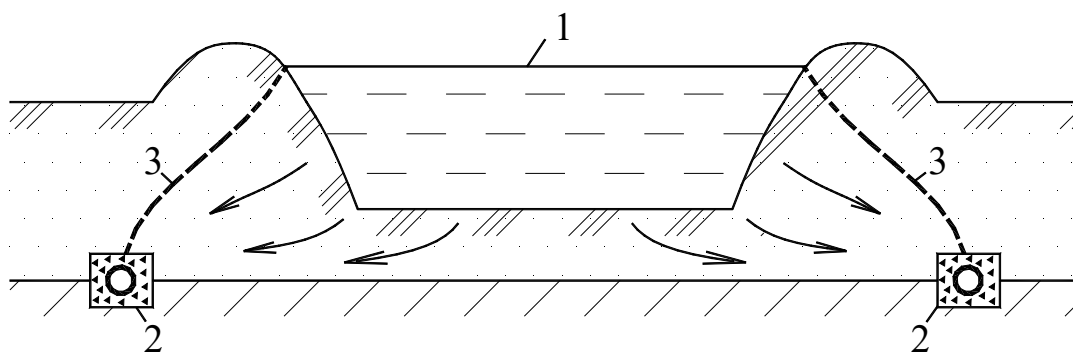


Рис. 9. Кольцевой профилактический дренаж производственного водоёма:

1 – пруд с промстоками; 2 – дренажи с обсыпкой; 3 – кривая депрессии

Сохранение естественного подземного стока

Естественные подземные потоки могут перекрываться зданиями и сооружениями, как плотинами. Возникает подпор потоков, то есть повышение УПВ с верховой стороны. С низовой стороны потока УПВ, наоборот, понижается. Такой подпор называют иногда барражным эффектом, так как барраж – это то же, что ПФЗ [32]. Пример подпора подземных вод и его профилактики для метро в г. Омске рассмотрен на с. 17. Мероприятия по сохранению естественного подземного стока аналогичны устройству водопропускных труб на дорогах с целью не допустить скопления воды.

Вентиляция подземных частей зданий и сооружений

Такая вентиляция – профилактическое мероприятие не столько от подтопления, сколько от сырости зданий и сооружений [33]. Например, повсеместно устраивают продухи под деревянными полами 1-го этажа на грунте. Это позволяет продлить срок службы и защитить древесину от гниения и домовых грибов [34].

Наиболее интересно в перспективе для условий г. Омска устройство так называемого «вентиляционного дренажа» для зданий и сооружений на слабопроницаемых грунтах. Такой термин подчёркивает двойную роль этого устройства. С одной стороны, воздушная вентиляция подсушивает грунт, окружающий подземную часть объекта. С другой – вызывает понижение УГВ [2]. Необходимо подчеркнуть, что вентиляционный дренаж работает в зоне аэрации над УГВ (см. рис. 2 на с. 10). Под УГВ надо закладывать дренажи традиционного типа или совмещать их конструктивно с вентиляционными. Проиллюстрируем это на примере.

На рис. 10 показан вариант устройства вентиляционного дренажа. Движение воздуха из нижней дрены в верхнюю через слой щебня происходит под влиянием перепада давлений, то есть две дрены работают как приточно-вытяжная вентиляция. В результате грунт обратной засыпки и фундаменты подсушиваются. Капиллярная влага подтягивается от окружающего грунта к щебню и уносится потоком воздуха. Если вдруг появятся подземные воды, то нижняя дрена заработает как традиционная, понижая УГВ.

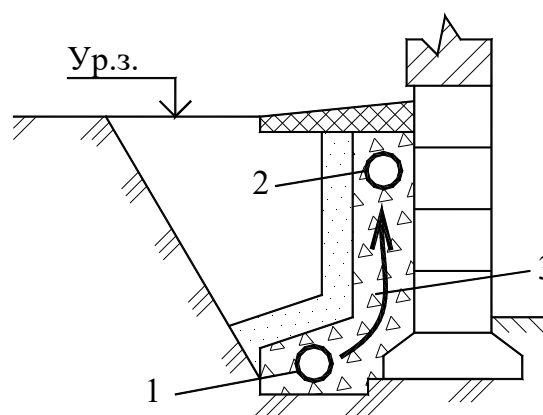


Рис. 10. Вентиляционный пристенный дренаж: 1 – воздухоприточная дрена; 2 – вытяжная дрена; 3 – поток воздуха

Защитные дренажи (активные методы)

Защитные дренажи отличаются от рассмотренных предупредительных мероприятий тем, что они надёжно понижают УПВ и обеспечивают норму осушения на территории застройки, для отдельного здания или сооружения. Таким образом, дренажи представляют собой активные методы защиты от подтопления.

Что такое дренаж

Дренаж – это инженерная система из дрен (труб с отверстиями), фильтрующих обсыпок, слоёв и других элементов, предназначенная для понижения УПВ не менее нормы осушения или не менее 0,5 м ниже пола подвала, основания сооружения со сбросом дренажных вод:

- в дождевую канализацию К2 ;
- близлежащий водоём или водоток;
- нижележащий подземный пласт.

Классификации дренажей

Дренажи, применяемые в городском строительстве, можно классифицировать по пяти признакам:

- 1) степень охвата территории;
- 2) положение дрен в пространстве;
- 3) движущая сила фильтрации или влагопереноса;
- 4) продолжительность работы;
- 5) целевое предназначение.

Классификация дренажей по степени охвата территории (рис. 11):

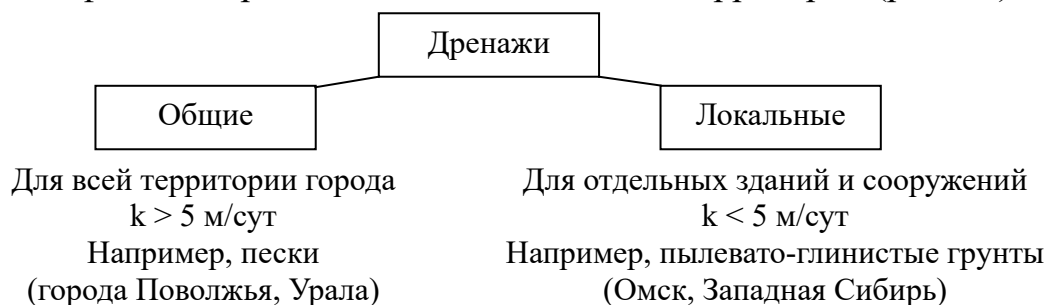


Рис. 11

Это основная классификация дренажей [2, 3]. Выбор общего или локального дренажа зависит от величины коэффициента фильтрации грунта k (см. рис. 11). Другие классификации дренажей необходимы для лучшего понимания их работы и применения в городском строительстве.

Классификация дренажей по положению дрен в пространстве:

1. По отношению к поверхности земли:
 - а) подземные дренажи (на промзонах и селитебных территориях);
 - б) открытые дренажные каналы (в зелёных зонах, на дорогах).
2. По отношению к линии горизонта:
 - а) горизонтальные дренажи (применяются наиболее часто);
 - б) вертикальные дренажи (водопонизительные скважины);
 - в) комбинированные и наклонные дрены (применяются редко).

Классификация дренажей по движущей силе фильтрации или влагопереноса (6 типов):

1. Гравитационные системы (гравитационные дренажи) – основные! Стеkanie воды в дренаж из грунта вызывается силой тяжести [5]. Водопритоки, под влиянием разности напоров в подземных водах и дрене, происходят самотёком, поэтому гравитационные системы являются энергосберегающими. Они понижают уровни грунтовых вод (УГВ), напорных подземных вод (УНПВ) и сезонной верховодки (УСВ). Если дренаж конструктивно выполнен в виде скважины, то её называют грунтовой (принимает безнапорные ГВ) или артезианской напорной скважиной (принимает НПВ) [35, 36].

2. Вакуумные дренажи, в сравнении с гравитационными, интенсивнее осушают обводнённый грунт за счёт создания вакуума в дрене (принудительного отсоса). Применяют в грунтах с малыми коэффициентами фильтрации: $0,01 < k < 0,5$ м/сут. Требуют тщательной изоляции дрен от атмосферного давления, что усложняет устройство дренажа. Весьма много изобретений и разработок по таким дренажам у Б.М. Дегтярёва [3].

3. Вентиляционные дренажи закладываются в зоне аэрации грунта. Движущей силой влагопереноса служит перепад влажности. Используются для дополнительной подсушки грунта. Пример см. на с. 25, рис. 10.

4. Пневмонагнетательные дренажи оттесняют в грунте УПВ посредством нагнетаемого компрессором воздуха. Эти весьма энергоёмкие системы могут применяться лишь для сезонного или периодического осушения слабопроницаемых грунтов [2].

5. Электроосмотический дренаж использует эффект электроосмоса: при пропускании электрического тока через обводнённый грунт вода устремляется к отрицательно заряженной металлической дрене-катоде. Позволяет осушать грунты с малой проницаемостью – при $0,001 < k < 0,01$ м/сут. Весьма энергоёмок, но применим там, где другие способы не годятся [5, 37].

6. Биодренаж – это миф! Всасывающая сила корней деревьев действует лишь около полугода. К тому же весной под деревьями образуются купола УГВ [5]. Таким образом, зелёные насаждения не могут понижать УГВ круглый год и для защиты от подтопления застройки не подходят.

Классификация дренажей по продолжительности работы:

- капитальные дренажи, рассчитанные на многолетнюю работу по защите от подтопления территории, здания или сооружения;
- временные дренажи, обычно на период строительства объекта.

Классификация дренажей по целевому предназначению:

- защитные дренажи (рассматриваются в данном разделе);
- профилактические дренажи (для перехвата утечек – см. с. 24);
- дренажи для строительных мелиораций (по улучшению свойств грунта, например для быстрого его уплотнения).

Вернёмся к основной классификации дренажей (см. с. 26) и рассмотрим их разновидности.

Общие дренажи (территорий)

Дренажи для общего понижения УПВ на территории города подразделяются на систематические и перехватывающие [2, 3]. Они применяются в хорошо проницаемых грунтах ($k > 5$ м/сут). К общим дренажам можно также отнести дренирующие искусственные водоёмы и водотоки.

Систематические дренажи, в свою очередь, делятся:

- на горизонтальные (наиболее распространённые);
- вертикальные;
- комбинированные;
- лучевые.

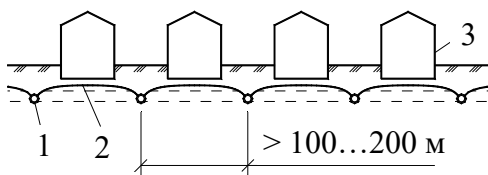


Рис. 12. Горизонтальный систематический дренаж: 1 – дрена; 2 – кривая депрессии (пониженный УПВ); 3 – защищаемое здание

Горизонтальный систематический дренаж устраивают из трубопроводов-дрен, которые укладывают на расстоянии не ближе 100-200 метров друг от друга на глубине до 6-8 метров, обеспечивающей норму осушения городской территории (рис. 12). При большей глубине устраивают галереи.

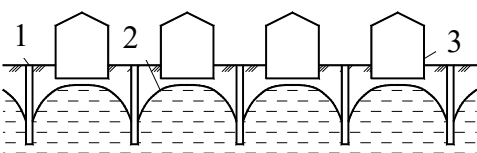


Рис. 13. Вертикальный систематический дренаж: 1 – скважина; 2 – кривая депрессии (пониженный УПВ); 3 – защищаемое здание

Вертикальный систематический дренаж делают из скважин (рис. 13). Энергоёмок из-за наличия погружных насосов. В случае поглощающих скважин – экономичен. Положительный опыт использования имеется в США, штате Айдахо, где сброс дренажных вод через поглощающие скважины происходит в пористые вулканические лавы на глубину около 20 метров [38].

Комбинированный систематический дренаж – это система горизонтальных дрен с самоизливающимися скважинами (рис. 14). Применяется при слоистом гидрогеологическом разрезе. Горизонтальные дрены понижают УГВ, а вертикальные – УНПВ. Конструкция дренажа достаточно сложна, поэтому его устраивают редко.

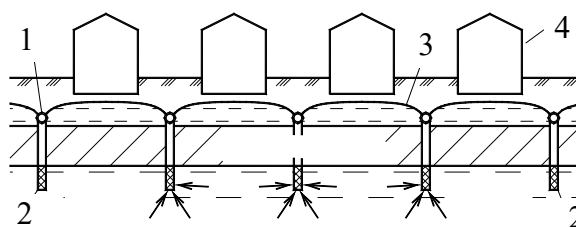


Рис. 14. Комбинированный систематический дренаж: 1 – горизонтальная дрена; 2 – самоизливающаяся скважина; 3 – кривая депрессии (пониженный УГВ); 4 – защищаемое здание

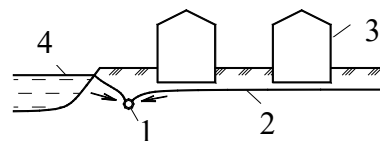
Лучевой систематический дренаж внесён в классификацию как перспективный для тесной городской застройки [3]. На практике он реализован только как локальный лучевой дренаж и рассмотрен в следующем разделе по локальным дренажам.

Перехватывающие дренажи подразделяются на две разновидности:

- береговые (перехват фильтрации из водоёмов);
- головные (перехват фильтрационных потоков со склонов).

Береговой перехватывающий дренаж устраивают вдоль берега водоёма для защиты застройки от подъёма УГВ вследствие фильтрации в берега, то есть для защиты от подпора со стороны водоёма (рис. 15).

Рис. 15. Береговой перехватывающий дренаж: 1 – горизонтальная дрена; 2 – кривая депрессии (пониженный УГВ); 3 – защищаемое здание; 4 – водоём



Головной перехватывающий дренаж защищает застройку от фильтрационных потоков со склонов (рис. 16). Кроме горизонтальной дрены возможно устройство нагорной канавы для перехвата поверхностного стока, а также в качестве открытой дрены. Немаловажно, что головная дрена защищает не только от подтопления, но и от возможного оползня грунта, так как происходит постоянное осушение массива склона.

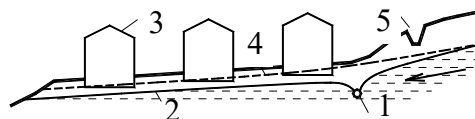


Рис. 16. Головной перехватывающий дренаж: 1 – горизонтальная дрена; 2 – кривая депрессии (пониженный УГВ); 3 – защищаемое здание; 4 – естественный УГВ; 5 – нагорная канава

Дренирующие водоёмы и водотоки –

это искусственные озёра, пруды, котлованы, каналы, канавы. Пример искусственного озера для дренирования микрорайонной застройки показан на рис. 3 (см. с. 11). Главными условиями для надёжного дренирования являются хорошая проницаемость грунтов прилегающей территории ($k > 5$ м/сут) и гидравлическая связь этих грунтов с водоёмом или водотоком. Устройство дренирующих водоёмов связано с ландшафтной архитектурой. Они не только дренируют местность, но и улучшают её живописность и микроклимат.

Локальные дренажи (зданий и сооружений)

Локальные дренажи устраивают для защиты от подтопления отдельных зданий и сооружений. При нормальной работе дренажа пониженный УПВ должен находиться ниже отметки пола подвала или основания сооружения не менее 0,5 м [2]. Таким образом, при локальной защите от подтопления норма осушения берётся не по [1] (в отличие от общих дренажей), а отсчитывается как понижение УПВ от низа защищаемого объекта. Локальные дренажи применяют повсеместно. Хотя критерий их выбора связан с грунтами небольшой проницаемости при коэффициентах фильтрации $k < 5$ м/сут, однако такие дренажи применяют и в хорошо проницаемых грунтах. Поэтому локальные дренажи можно считать достаточно универсальными.

Для зданий и сооружений в городском строительстве устраивают следующие локальные дренажи [2]:

- 1) пластовые (наиболее надёжные);
- 2) горизонтальные трубчатые (массовое применение);
 - а) пристенные (для зданий на водоупоре);
 - б) кольцевые (контурные, вокруг компактных зданий);
 - в) одно- и двухлинейные (для вытянутых зданий);
- 3) вертикальные (скважины – распространены в США);
- 4) лучевые (в условиях тесной городской застройки);
- 5) сопутствующие (для дорог и сетей);
- 6) вакуумные;
- 7) пневмонагнетательные;
- 8) комбинированные (в широкой трактовке термина).

В перечисленной классификации основное место занимают дренажи, в которых движущей силой является гравитация. Другими словами, это дренажи, где фильтрационный водоприток грунтовых и напорных вод происходит самотёком, без привлечения дополнительных движущих сил (вакуума, электроосмоса и др.). Это наиболее распространённые дренажи. Простейшим дренажом такого типа является канава. Как только её дно оказывается ниже УГВ, то сразу же в неё начинается фильтрационный водоприток. С дренажей в виде канав начиналась история древних цивилизаций: осушение болот долины Нила 6000 лет назад, осушение междуречья Тигра и Евфрата 5000 лет назад [39]. С тех пор дренажи сильно усложнились.

Вначале познакомимся с основными элементами дренажа, для чего проследим путь прохождения подземной воды из грунта – через фильтрующие обсыпки – в дрены и далее, вплоть до выпуска в дождевую канализацию, или водоём, или нижележащий подземный пласт.

Элементы дренажа

Перечислим основные элементы дренажа:

- 1) водоприёмное устройство (дрена, скважина);
- 2) фильтрующие обсыпки и слои (защита от заилиenia);
- 3) смотровые колодцы (для удобства обслуживания и ремонта);
- 4) водоотводящая труба (дренажный коллектор);
- 5) насосная станция перекачки дренажных вод (не всегда);
- 6) труба-выпуск дренажных вод (в К2, водоём или пласт).

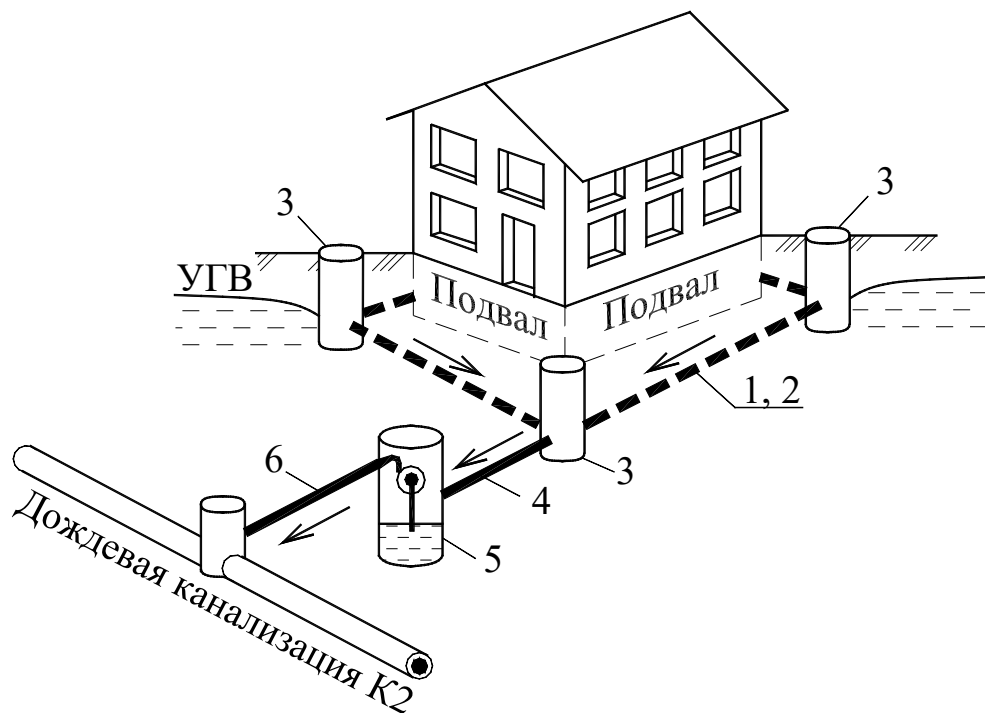


Рис. 17. Элементы дренажа (на примере кольцевого дренажа)

Элементы дренажа рассмотрим на примере кольцевого дренажа (рис. 17). Он защищает от подтопления грунтовыми водами подвал дома. Дрены 1 уложены вокруг здания на такой глубине, чтобы кривая депрессии УГВ находилась относительно пола подвала как минимум на 0,5 м ниже. Дрены обсыпаны слоями щебня (в непосредственной близости) и песка (между щебнем и окружающим грунтом) для защиты внутреннего пространства дрен от заилиenia частицами грунта. Грунтовая вода проходит фильтрующую обсыпку 2 и, довольно чистая, попадает в дренаю 1 через водоприёмные отверстия или щели-пропилы. Подземная вода, попавшая внутрь дрен, называется дренажным стоком, который самотёком отводится дренами и через один из смотровых колодцев 3 поступает по дренажному коллектору 4 в резервуар насосной станции перекачки 5. Оттуда дренажные воды время от времени насосом перекачиваются в коллектор дождевой канализации К2. Элемент 5 не всегда нужен (см. с. 35).

Дрены, фильтрующие обсыпки и слои

Дрены – это водоприёмные и одновременно водоотводящие элементы дренажных сооружений и систем. В городском строительстве их устраивают из труб. Трубопроводы могут быть [2]:

- асбестоцементные (чаще всего);
- чугунные (обычно под фундаментами);
- керамические (в агрессивных средах);
- трубофильтры из пористого беспесчаного бетона;
- полимерные гибкие (в основном в период строительства).

Трубы, кроме полимерных, применяют диаметром 150 (min), 200, 250, 300 мм. Полимерные – 100, 200 мм. Минимальный уклон дрен 0,003, в проектах обычно назначают уклон 0,005 [40].

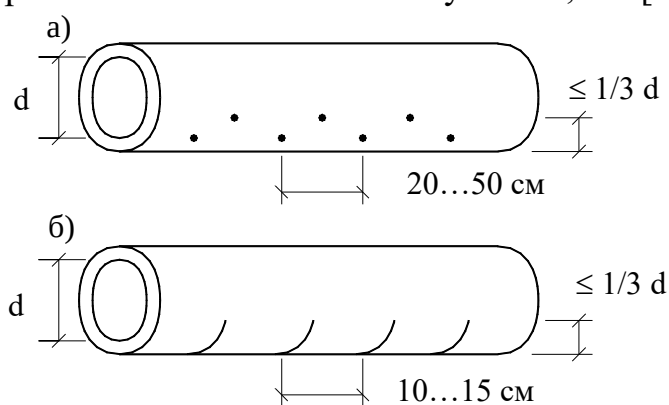


Рис. 18. Асбестоцементные трубы:
а – с пропилами; б – с отверстиями

Асбестоцементные трубы безнапорные по ГОСТ 1839-80* чаще всего используют для дрен из-за лёгкости продельвания в них отверстий. Пропилы ножовкой или сверлённые отверстия диаметром 1-1,5 см не должны захватывать более 1/3 диаметра трубы (рис. 18). Шаг пропилов и отверстий рассчитывают по [2]. Трубы соединяют муфтами (рис. 19).

Чугунные канализационные раструбные трубы по ГОСТ 6942-80 применяют под зданиями, так как они прочнее асбестоцементных. Водоприёмными отверстиями в них служат стыки-раструбы, которые свер-ху не зачеканивают наполовину (рис. 20). Стык не доводят до упора на 1,5-2 см [40]. Эти трубы применяют также для глухих коллекторов, отводящих дренажный сток. Стыки зачеканивают смоляной или битумизированной паклей (каболкой) и расширяющимся асбестоцементным раствором [41].

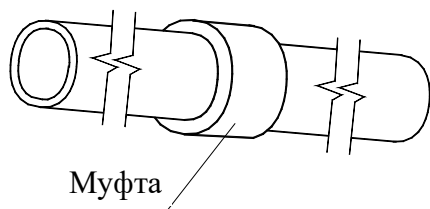


Рис. 19. Соединение дрен из асбестоцементных безнапорных труб

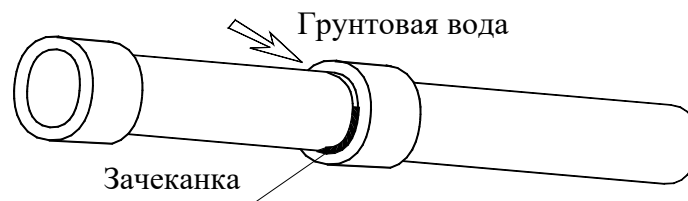


Рис. 20. Соединение дрен из чугунных канализационных раструбных труб

Керамические дренажные трубы по ГОСТ 8411-74* отличаются стойкостью к агрессивным воздействиям грунтовой влаги. Особенность их устройства состоит в том, что отверстия в них не пробиваются. Грунтовая вода попадает внутрь дрены через зазор стыка, который должен быть 10 мм (рис. 21). Стык накрывают защитным фильтрующим материалом (ЗФМ) – стекловатой, геотекстилем или мхом. Трубы выпускают длиной 33 и 50 см [42]. В городах их применяют в основном для дренирования парковых зон.

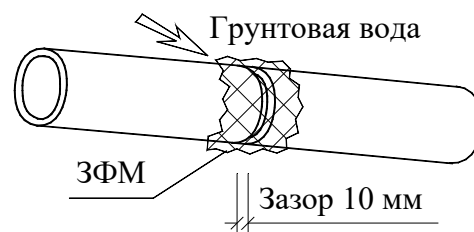


Рис. 21. Керамические трубы

Трубофильтры из пористого беспесчаного бетона [2, 3, 40, 43, 44] применяют для повышения технологичности строительства дренажа, так как вместо двухслойной щебёночно-песчаной обсыпки вокруг дренажной трубы требуется уложить лишь песок. Конструкции трубофильтров показаны на рис. 22. Они рассчитаны на работу в неагрессивных средах. Изготавливают трубофильтры из мелкого щебня или гравия фракций 2,5-10 мм и цемента М500 [3, 40, 43, 46]. Соотношение вяжущего и заполнителя принимается 1:6, водоцементное отношение берётся в пределах 0,35-0,45. В г. Омске трубофильтры не изготавливают.

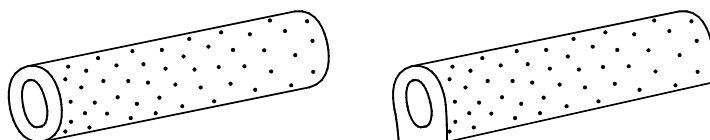


Рис. 22. Трубофильтры

Полимерные гибкие трубы находят применение в основном для временных дренажей на период строительства, что облегчает работы нулевого цикла в котлованах с водопритоками подземных вод. Их поставляют в бухтах. Водоприёмные отверстия в них проделывают на заводе-изготовителе, поверхность труб гофрирована с укрепленным ЗФМ из минваты или полимерного волокна (рис. 23).

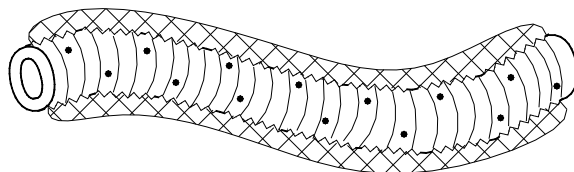


Рис. 23. Полимерная гибкая гофрированная труба с ЗФМ

Фильтрующие обсыпки и слои вокруг дрен и скважин защищают их от заиления частицами грунта. На рис. 24 изображено поперечное сечение дрены с традиционной двухслойной обсыпкой. Первый слой, рядом с дренажной трубой, устраивают из щебня. Вторим слоем, между щебнем и грунтом, – из песка.

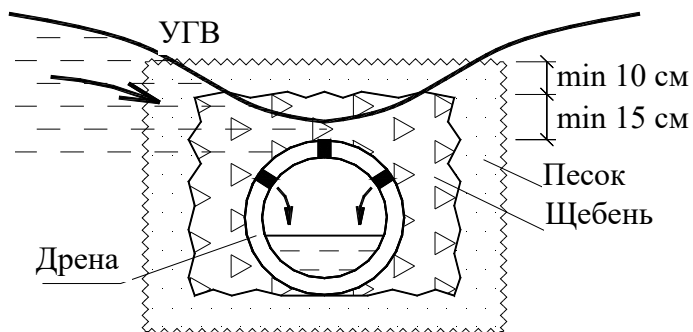


Рис. 24. Двухслойная обсыпка дрены

Щебень берётся фракций 3-20 мм, желательно кубической или сферической формы с содержанием глинистых частиц не более 1,5% по массе. Песок среднезернистый, с коэффициентом неоднородности $K_{60/10} < 5$, должен быть чистый, лучше речной, с содержанием глинистых частиц не более 5% [40]. Проверку подбора обсыпок следует делать по [2].

Скважины

Дренажные вертикальные скважины удобны в тесной застройке, когда грунты имеют коэффициент фильтрации более 5 м/сут [2]. Мощность водоносных пород должна превышать несколько метров, с глубиной залегания водоупора свыше 8-10 м [2]. Выбор скважины вместо горизонтальной дрены должен быть экономически обоснован, так как она требует насоса. В г. Омске скважины для понижения УГВ нецелесообразны, так как грунты имеют коэффициенты фильтрации менее 1 м/сут. Исключение составляют поглощающие скважины, сбрасывающие дренажные воды в нижележащий пласт; они экономичны, но такой сброс должен быть обоснован (см. с. 36). Разновидностью дренажных скважин являются горизонтальные и наклонные. Их устраивают с помощью специальных буровых станков или продавливанием домкратом. Горизонтальные скважины применяют для лучевых дренажей (см. с. 40).

Скважины изготавливают чаще всего из стальных труб диаметром 100-200 мм. Просверливают отверстия на участке трубы, соответствующем залеганию ПВ. Сквозность отверстий должна быть 20-25% [2]. Трубу поверх отверстий обматывают мелкой латунной сеткой (ячейка не более 1 мм) и опускают в пробуренную полость грунта. В зазор между трубой и грунтом насыпают крупнозернистый песок слоем не менее 5 см – это защитная фильтрующая обсыпка [45]. Внутри скважины опускают погружной насос. Подробнее о скважинах см. в [2].

Смотровые колодцы

Смотровые колодцы для дренажа сооружают из железобетонных колец почти так же, как канализационные, по ГОСТ 8020-80. Шаг колодцев не более 35 м при диаметре дрены 150 мм и не более 50 м – при диаметре 200-300 мм. В отличие от канализационных, они должны иметь отстойник для выпадения в осадок частиц грунта из дренажных вод (рис. 25). Люки колодцев на асфальтовых покрытиях должны быть вровень с ними, на газонах – выше на 5...7 см, на пустырях – выше на 20 см. Диаметр колец 1 м при глубине колодца до 3 м или 1,5 м – при его глубине свыше 3 м [24]. Дно колодца устраивают из монолитной подбетонки [2].

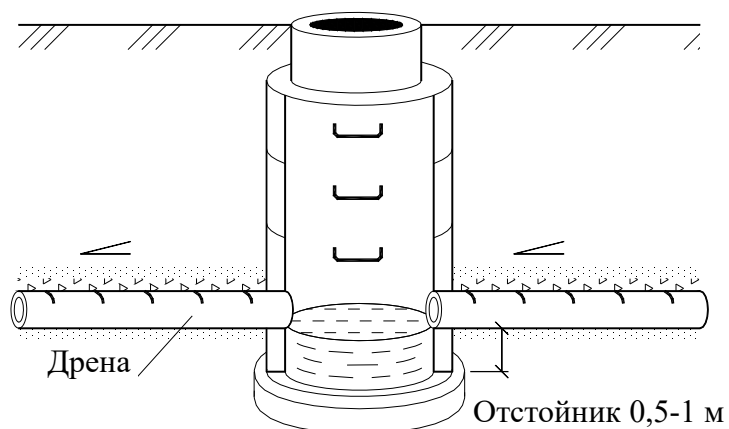


Рис. 25. Смотровой колодец

Трубы-коллекторы

Трубы-коллекторы отводят самотёком дренажные воды от защищаемого объекта для последующего выпуска в дождевую канализацию К2, водоём или подземный пласт через поглощающую скважину или колодец. Трубы устраивают глухие, с полной заделкой стыков, как для наружной канализации, по [24]. Иногда их функционально совмещают с дренами, иногда – с дождевыми (ливнедренажными) коллекторами [3, 26].

Насосные станции перекачки

Насосные станции перекачки устраивают при невозможности самотечного стока дренажных вод в места выпуска [2]. Они могут быть выполнены, например, как большие смотровые колодцы с резервуаром-отстойником (рис. 26). Работу насоса автоматизируют с помощью двух датчиков уровня воды – на верхний и нижний уровни (ДВУ и ДНУ). Насос, при накоплении воды до ДВУ, включается и перекачивает воду по трубе-выпуску. Когда уровень воды в резервуаре понизится до ДНУ, насос выключается. Время работы насоса должно быть не менее 10-15 минут, что достигается подбором насоса и объёма резервуара.

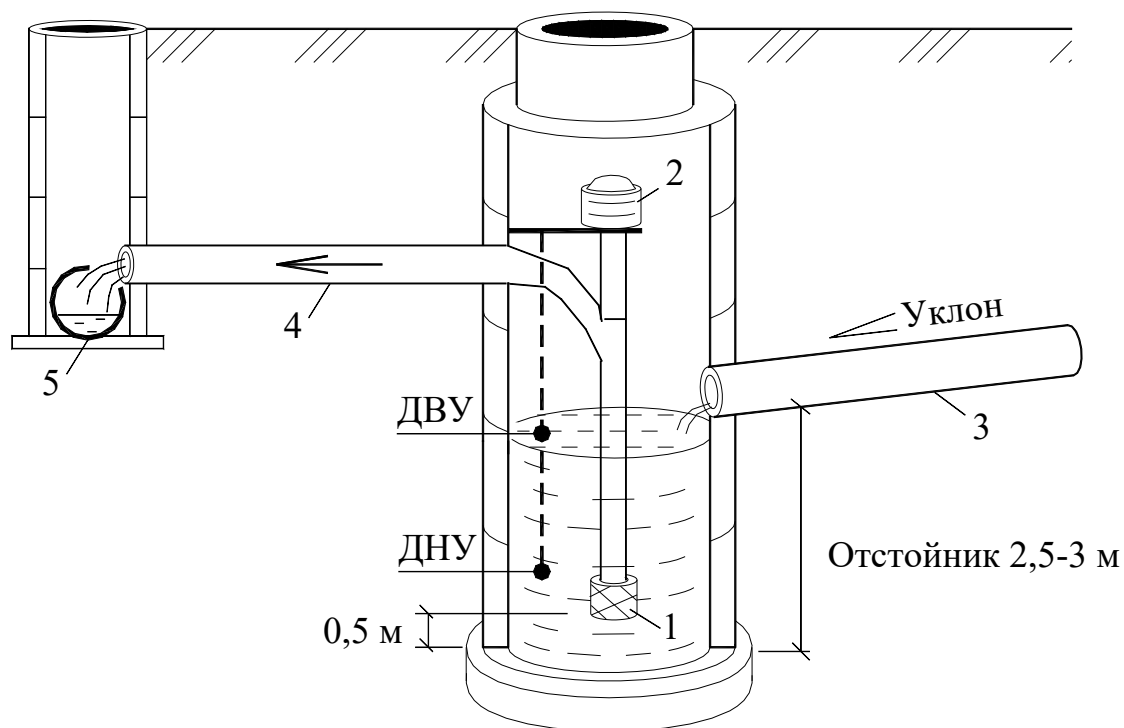


Рис. 26. Насосная станция перекачки дренажных вод:
 1 – насос; 2 – электродвигатель; 3 – дренажный коллектор;
 4 – труба-выпуск; 5 – коллектор дождевой канализации К2

Выпуски дренажных вод

Выпуски дренажных вод могут быть решены по одному из трёх вариантов:

- 1) в дождевую канализацию К2;
- 2) поверхностный водоём или водоток;
- 3) подземный пласт.

Выпуск в дождевую канализацию может быть самотечным, если коллектор К2 находится ниже трубы-выпуска. Иначе надо устраивать насосную станцию перекачки дренажных вод (см. рис. 26). Подсоединение трубопровода выпуска к К2 выполняют через смотровой колодец.

Выпуск в поверхностный водоём или водоток (рис. 27) устраивают незатопленный [2]. Низ трубы должен быть на 0,3 м выше уровня водоёма. Поверхность берега в месте выпуска укрепляют мощёным камнем или бетонными плитами. Трубу закрывают решеткой от грызунов.

Выпуск в подземный пласт устраивают через поглощающую скважину или колодец (рис. 28). Надзирающие государственные органы по охране природы обычно противятся такому сбросу, мотивируя опасностью загрязнения подземных вод. Однако такой выпуск можно обосновать. Во-первых, дренажные воды могут, наоборот, улучшить ПВ, особенно если ПВ – солончатые. Во-вторых, если дренажный сток действительно загрязнённый, то он легко очищается с помощью септиков [23].

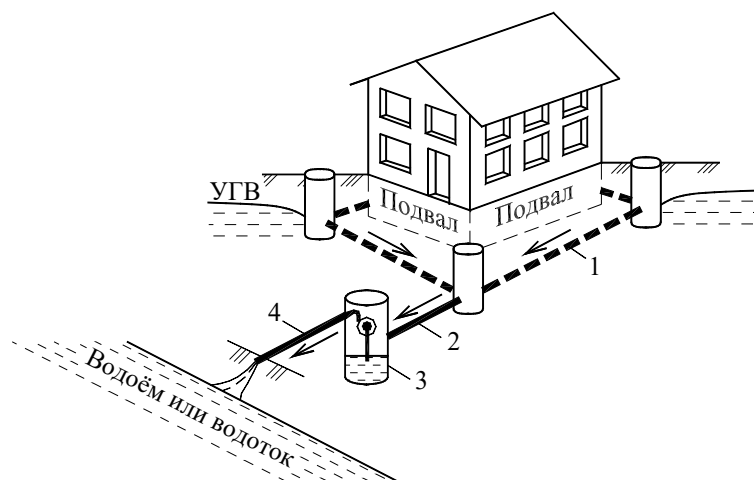


Рис. 27. Выпуск дренажных вод в водоём или водоток:
 1 – кольцевой дренаж; 2 – дренажный коллектор;
 3 – насосная станция перекачки; 4 – выпуск с дренажным устьем

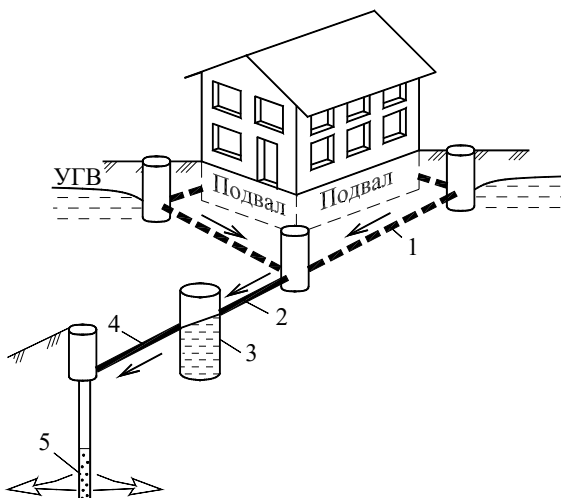


Рис. 28. Выпуск дренажных вод в подземный пласт:
 1 – кольцевой дренаж; 2 – дренажный коллектор; 3 – септик;
 4 – выпуск очищенных дренажных вод; 5 – поглощающая скважина

После знакомства с основными элементами дренажа рассмотрим наиболее распространённые локальные дренажи из перечисленных на с. 30.

Пластовые дренажи

Пластовый дренаж является самым надёжным из всех типов дренажей. Он стандартизован во всём мире. Например, в Германии – это стандарт DIN 4095 [7], в США имеется соответствующий стандарт ASTM. Наиболее подробно об этом дренаже изложено в отечественной книге [46]. При проектировании, кроме того, можно использовать типовую серию 8.005-1 «Конструкции пластовых дренажей» [40]. Пример пластового дренажа изложим по [2, 40, 46].

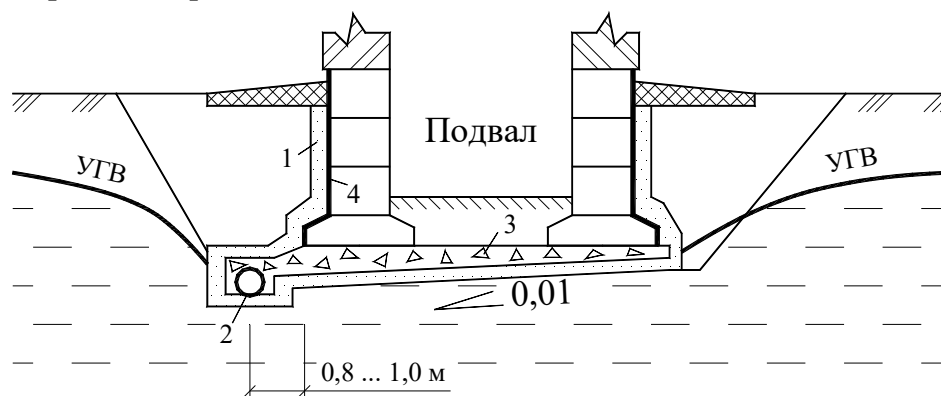


Рис. 29. Пластовый дренаж при ширине здания не более 30 метров:
1 – песок; 2 – пристенная дрена; 3 – щебень; 4 – гидроизоляция

На рис. 29 изображён пластовый дренаж здания шириной не более 30 м. Характерной особенностью таких дренажей является их сооружение до строительства защищаемого здания или сооружения.

Вначале откапывают котлован, дно которого планируют с уклоном 0,01 в одну сторону, где делают небольшую канаву. По дну котлована и в канаве отсыпают слой среднезернистого песка толщиной не менее 10 см. С использованием нивелира в канаву укладывают пристенную дренажную трубу 2 с уклоном 0,005 в сторону отводящего коллектора. Все работы по укладке дренажей и коллекторов делают по способу «снизу вверх», то есть монтаж трубопроводов начинают с самой низкой точки. Затем насыпают слой щебня 3 толщиной не менее 15 см, который будет отводить грунтовую воду из-под здания в дренаж. После устройства пластового дренажа начинают строительство фундаментов. Стену снаружи обмазывают двумя слоями горячего битума – это гидроизоляция 4 от влаги, стекающей по фильтрующей песчаной шторе 1.

В случае сооружения пластового дренажа для здания шириной более 30 метров пристенные дренажи укладывают с двух сторон дома, а при ширине более 60 м – под зданием из чугунных труб.

Горизонтальные трубчатые дренажи

Горизонтальные трубчатые дренажи подразделяются на три вида:

- а) пристенные (для зданий на водоупоре);
- б) кольцевые (контурные, вокруг компактных зданий);
- в) одно- и двухлинейные (для вытянутых зданий).

Пристенный дренаж показан на рис. 30. Такой дренаж предназначен для зданий, посаженных на водоупорные породы (жирные глины, нетрещиноватую скалу). Водоупор должен быть сплошной под зданием. Хотя в г. Омске водоупорные глины часто расположены близко от поверхности земли, но они являются относительными водоупорами, то есть слегка пропускающими воду.

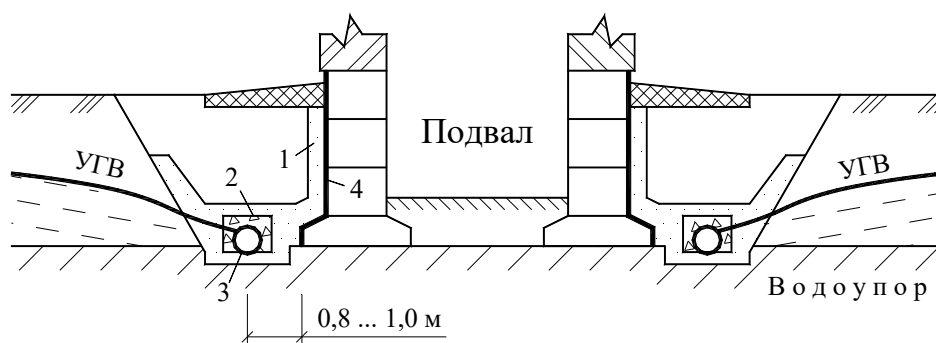


Рис. 30. Пристенный дренаж:

1 – песок; 2 – щебень; 3 – дрена; 4 – гидроизоляция

Кольцевой (контурный) дренаж показан на рис. 17, 27, 28. Описание его работы см. на с. 31. Такие дренажи можно устраивать в грунтах с коэффициентами фильтрации не менее 2 м/сут [22].

Одно- и двухлинейные дренажи сооружают для вытянутых в плане зданий (рис. 31). Однолинейный – со стороны склона, как головной (см. рис. 16, с. 29).

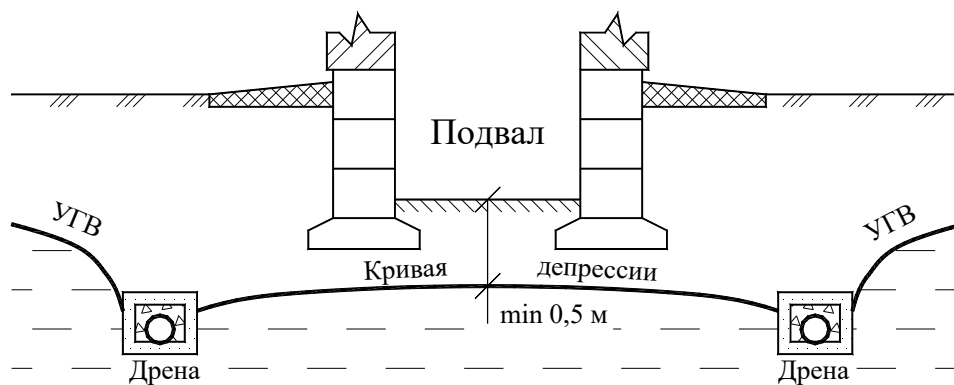


Рис. 31. Двухлинейный дренаж

Лучевые дренажи

Лучевой дренаж позволяет осушать грунты существующей плотной застройки под зданиями. Технология его строительства имеет особенность – бестраншейная прокладка дрен-лучей путём горизонтального бурения прямо из шахт-колодцев (рис. 32). Нетрудно заметить, что по конструкции шахта аналогична насосной станции перекачки (см. рис. 26, с. 36).

Изначально такие дренажи сооружались для нужд водоснабжения около рек и назывались лучевыми водозаборами [47]. Затем они были модифицированы для защиты от подтопления застройки [29, 48].

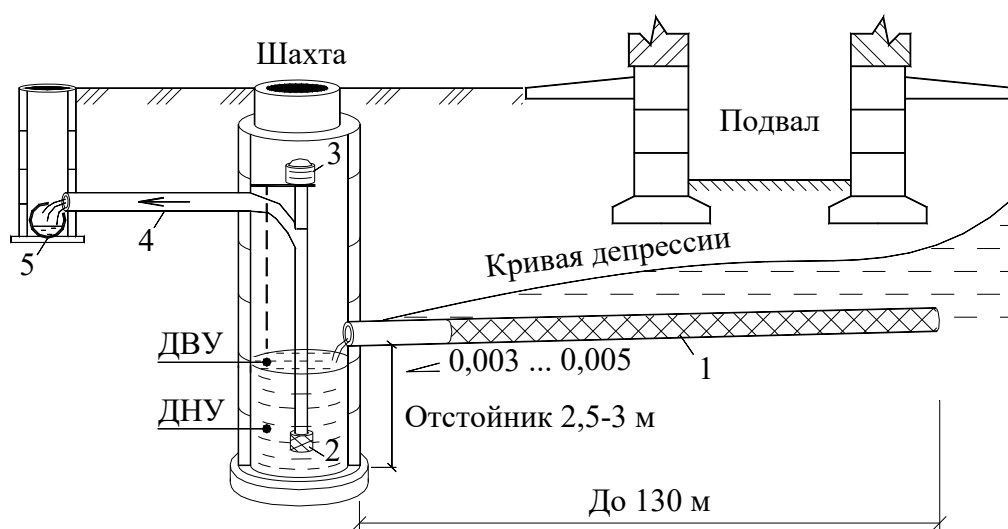


Рис. 32. Лучевой дренаж:

1 – луч-дрена (труба 100 мм); 2 – насос; 3 – электродвигатель;
4 – выпуск дренажных вод; 5 – коллектор дождевой канализации К2

Луч-дрена должна закладываться в хорошо проницаемые прослойки грунта, например в пески. В этом случае дренаж будет эффективен. Шахту сооружают из железобетонных колец диаметром от 2 до 6 м – чаще 4,5-5 м [2] – методом опускного колодца глубиной 10-15 м. Затем выше дна колодца на 2,5-3 м устанавливают станок горизонтального бурения и с помощью шнеков пробуривают скважину с обсадной трубой. Туда устанавливают лучевую дренажную трубу с ЗФМ, а обсадную трубу извлекают. Другим способом дренаж может быть задавлен в грунт с помощью домкрата. В шахте устанавливают насос для перекачки дренажных вод. Из шахты может быть пробурено несколько лучевых дрен, идущих под зданием (рис. 33).

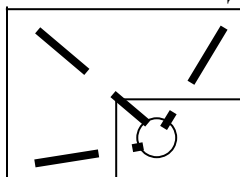


Рис. 33. План дома с лучевым дренажом

Наибольший производственный опыт по сооружению лучевых дренажей накоплен в г. Белгороде и г. Харькове. В г. Омске такие дренажи не строили, были лишь проектные предложения.

Сопутствующие дренажи

Сопутствующие дренажи устраивают для вытянутых сооружений:

- дорог;
- инженерных сетей.

Сопутствующие дренажи дорог необходимы для осушения верхней части земляного полотна с целью увеличения межремонтного срока эксплуатации дорог. Стоимость благоустроенных сетей городских дорог составляет не менее 50% бюджета каждого города [49], поэтому дренажное устройство земляного полотна автомобильных дорог общей сети Союза ССР» [50]. На рис. 34 показан вариант дренажа дороги.

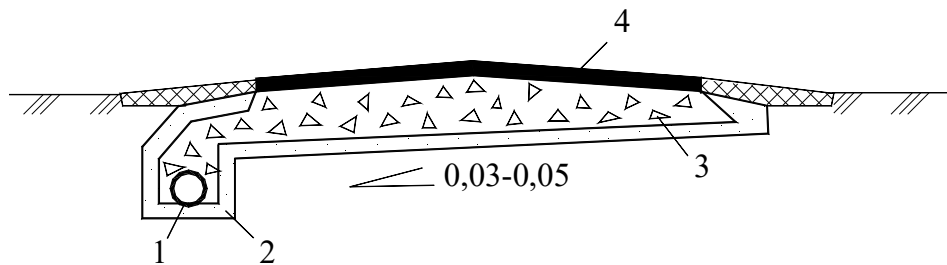


Рис. 34. Сопутствующий дренаж дороги:
1 – дрена; 2 – песок; 3 – щебень; 4 – дорожное покрытие

Сопутствующие дренажи инженерных сетей (теплотрасс, водопровода, канализации) нужны как профилактические и как защитные одновременно, так как они могут перехватывать утечки воды из сетей и понижать УПВ около них. На рис. 35 показан пример пластового дренажа лотка теплотрассы. Нетрудно заметить сходство с дренажом дороги и отличия от пластового дренажа здания. Во-первых, уклон водоотводящей фильтрующей постели принимают гораздо больший, чем у пластового дренажа здания (см. рис. 29, с. 38). Во-вторых, сопутствующий дренаж рассмотренных сооружений имеет мелкое заложение. Уклон сопутствующей дрены принимают тоже больший (0,04), чем около здания (0,005). Это делается с учётом возможного замерзания воды при мелком заложении дренажа [49]. Сброс дренажных вод может быть осуществлён самотёком в коллекторы дождевой канализации К2, прокладываемые обычно вблизи дорог.

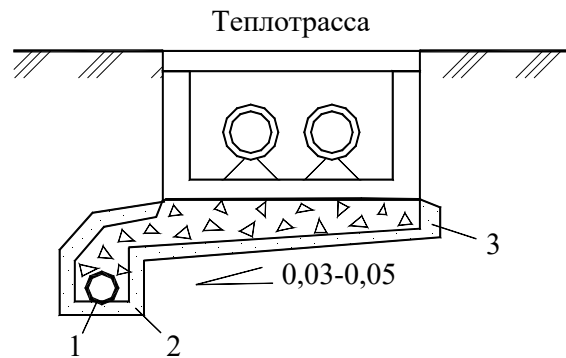


Рис. 35. Сопутствующий дренаж теплотрассы: 1 – дрена; 2 – песок; 3 – щебень

Стадии жизненного цикла систем ЗПТЗ

Стадии жизненного цикла систем защиты от подтопления территории застройки (ЗПТЗ) удобно представить в виде табл. 4.

Таблица 4

Работы	Результаты
1. Исследования по определению потребности в системе ЗПТЗ	1. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) и техническое задание на проектирование
2. Проектно-изыскательские работы	2. Проект ЗПТЗ
3. Строительно-монтажные работы	3. Реализация ЗПТЗ
4. Эксплуатация и ремонты	4. Функционирование ЗПТЗ
5. Реконструкция	5. Продлённый или новый жизненный цикл

Приведённую последовательность стадий выполняют на крупных объектах, таких как общая защита от подтопления всего города. В случае же локальной защиты отдельного здания или сооружения проводят следующие работы:

- проектирование;
- строительство;
- эксплуатация;
- реконструкция.

Работы по определению потребности в системе ЗПТЗ традиционно относят к стадии проектирования [21]. Однако в действительности уровень квалификации проектировщиков оказывается недостаточным для проведения научно-исследовательских работ (НИР), особенно на крупных объектах защиты – городах, промплощадках, районах селитебной застройки. Тогда привлекаются научно-исследовательские организации. Проводятся НИР, которые завершаются составлением задания на проектирование.

Далее рассмотрим стадии устройства и работы систем ЗПТЗ применительно к локальным системам.

Проектирование

Проектирование защиты от подтопления территории застройки (ЗПТЗ) проводят по [1]. Общие правила процесса проектирования выполняют в соответствии с [51]. Градостроительное проектирование ведут по следующим стадиям [6]:

- проект районной планировки (для региона, области);
- генеральный план города;
- проект детальной планировки (для городских районов и зон);
- проект застройки (для микрорайона, квартала или групп домов);
- проект отдельного здания или сооружения.

ЗПТЗ является частью инженерной подготовки территории и поэтому должна разрабатываться на всех перечисленных стадиях градостроительного проектирования. В книгах [3, 6] подробно изложен такой глобальный подход, а здесь, в качестве примера, рассмотрим проектирование локального пристенного дренажа отдельного здания.

Проект дренажа здания или сооружения должен содержать:

- чертежи и спецификации;
- сметы;
- пояснительную записку.

До проектирования проводят технико-экономическое обоснование (ТЭО). Выбирают площадку строительства, делают предварительные расчёты, сравнение вариантов и выбор систем ЗПТЗ. В результате составляют задание на проектирование (составляет проектировщик, утверждает заказчик).

Затем проводят инженерно-строительные изыскания, в результате которых получают следующие материалы [46]: топографическую, инженерно-геологическую и гидрогеологическую съёмку в масштабе 1:500 или 1:1000, данные бурения скважин (колонки), гидрогеологические разрезы, описание режима подземных вод, лабораторных исследований грунта и воды (а при расположении участка строительства вблизи водоёма также и описание режима поверхностных вод). Все эти материалы изыскательская организация компонует в виде отчёта, который поступает проектировщику.

В исходные данные для проектирования входят: задание на проектирование, отчёт об инженерно-строительных изысканиях, план застройки участка и архитектурно-строительные решения подземных частей здания.

Начинают проектирование с расчётов. В первую очередь проектировщик обязан провести два гидрогеологических прогноза [1]:

- подъёма УГВ (прогноз подтопления);
- снижения УГВ при осуществлении защитных мероприятий.

Прогнозы подтопления и расчёты дренажных систем с помощью аналитического метода (по формулам) изложены в [2]. Они позволяют рассчитывать типовые гидрогеологические схемы. С этой целью реальный водоносный пласт подземных вод, залегающих под зданием, должен быть схематизирован, то есть упрощен геометрически, по проницаемостям грунта и т.д. Другими словами, ситуация подгоняется под существующую формулу. Ещё десять лет назад аналитический метод был основным.

Развитием методов прогнозирования является моделирование. В настоящее время моделирование УПВ при защите от подтопления во всём мире реализуется численно на ЭВМ (компьютерное моделирование) и считается наиболее чистым способом. Метод конечных разностей (МКР) является основным для численного моделирования фильтрации подземных вод [52]. Электронные таблицы Microsoft Excel для Windows имеют массовое распространение. Автором данной книги разработан метод моделирования ЗПТЗ с помощью таблиц Excel – метод МКР-Excel. В эти таблицы встроен макроязык программирования Visual Basic for Application (VBA), позволяющий пользователю практически неограниченно наращивать возможности моделирования на свой вкус.

В результате гидрогеологических расчётов и моделирования определяют положение УПВ, например кривые депрессии при работе дренажа (см. рис. 31, 32). Это позволяет обоснованно назначить глубину заложения дрена с учётом необходимой нормы осушения. Напомним, что для локальных дренажей кривая депрессии должна быть ниже отметки пола подвала или основания сооружения не менее 0,5 м [2].

Продолжим рассматривать проектирование пристенного дренажа. После проведения расчётов или моделирования можно приступить к изготовлению чертежей, которые лучше всего разрабатывать на компьютере. Сейчас среди проектировщиков наибольшей популярностью пользуется пакет автоматизированного проектирования AutoCAD для Windows фирмы Autodesk. Снова отметим, что и здесь можно настроить автоматизацию «под себя», применив встроенный макроязык (VBA) и объединив процесс черчения с моделированием в Excel.

На рис. 36 показан генплан здания с пристенным дренажом. Смотровые колодцы дренажа обозначены КД-1 ... КД-7. Дрены – буквой «Д». В центре здания показана абсолютная отметка пола 1-го этажа, а по углам дома – планировочные отметки земли.

Продольный профиль пристенного дренажа (рис. 37) кроме элементов дренажа содержит положение максимального УГВ в соответствии с прогнозом подтопления.

Рассматривая эти чертежи, нетрудно заметить сходство с чертежами наружных канализационных сетей.

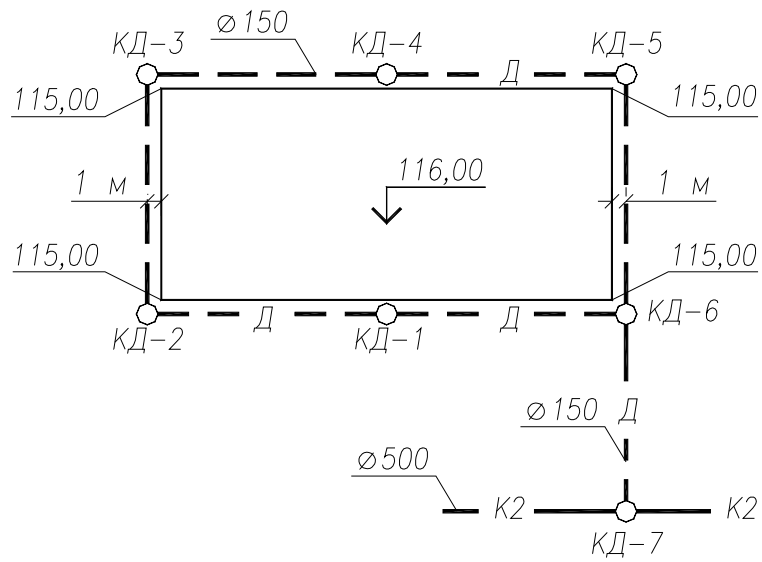


Рис. 36. Генплан здания с пристенным дренажом

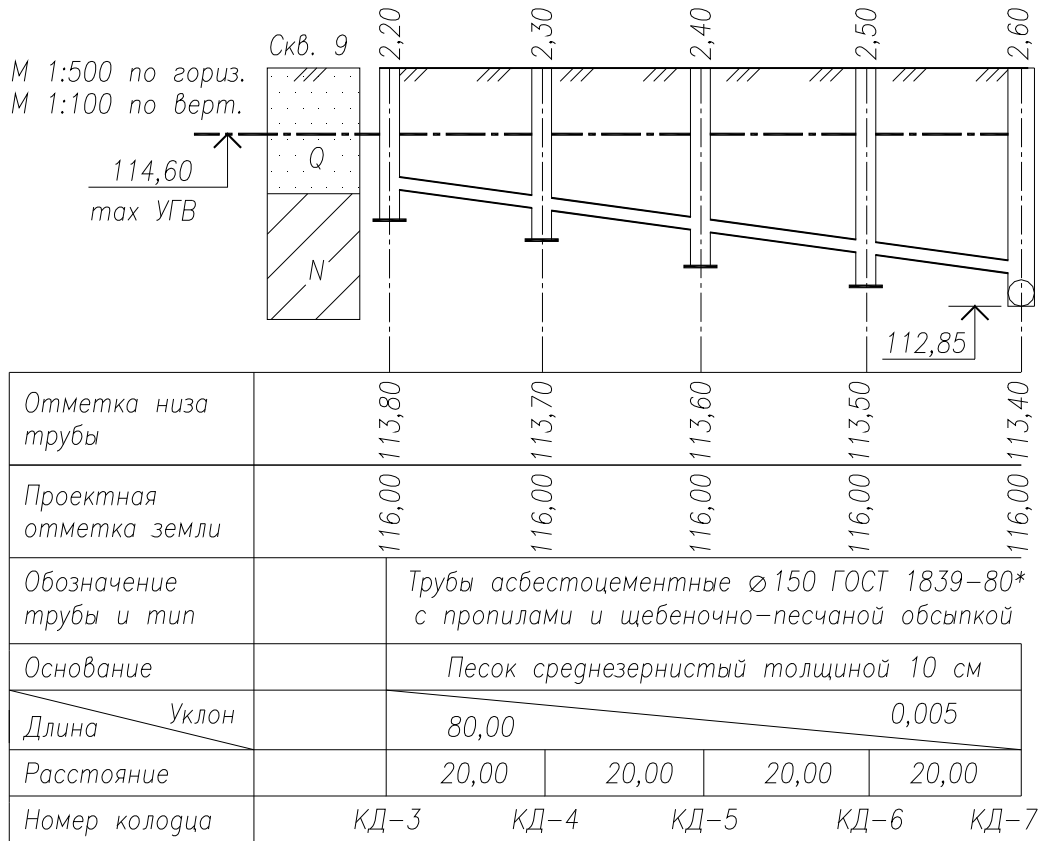


Рис. 37. Продольный профиль пристенного дренажа

Строительство

Строительство ЗПТЗ осуществляют при наличии проекта, прошедшего согласования и утверждённого заказчиком [51]. Проект организации строительства (ПОС) разрабатывается на стадии ТЭО проектировщиками, а проект производства работ (ППР) составляется по рабочим чертежам инженерами строительного-монтажных организаций [53]. ПОС и ППР обычно имеют в своём составе календарные графики строительства, ведомости объёмов работ, чертёж стройгенплана с объектом строительства и временными сооружениями, пояснительную записку.

Большинство систем ЗПТЗ строят открытым способом, то есть с поверхности земли [6]. Траншеи и котлованы до глубин 6-8 м выполняют с естественными откосами, а более глубокие – с вертикальными стенками, закреплёнными от обрушения металлическим шпунтом [37] или «стеной в грунте» (см. с. 23, рис. 8).

Дренажи – основные системы ЗПТЗ. Особенности их строительства рассмотрим на примере локального пристенного дренажа, приведённом в предыдущем разделе «Проектирование».

Рекомендации по производству работ при строительстве дренажей изложены в [2, с. 135-137], где сказано: «Пристенные дренажи, укладываемые в пазухи строящихся сооружений, должны выполняться после закладки фундаментов защищаемого сооружения». Применительно к дренажу, показанному на рис. 36 и 37, это положение надо откорректировать с привязкой к конкретным условиям строительства. Вернёмся к рис. 30 на с. 39. Если вначале устраивать фундаменты, то с боков котлована будет прибывать грунтовая вода. При отсутствии дренажа откосы котлована начнут разжижаться и оплывать, а из котлована придётся откачивать воду насосами. Затем придётся и дрены укладывать на разжиженный грунт, что опять-таки недопустимо [2, с. 136].

Чтобы не возникло такого неудобства, дренаж нужно строить с опережением устройства фундаментов. Тогда он будет заблаговременно отводить грунтовые воды из котлована. Эта технология почерпнута из [46].

Вначале должен быть обеспечен отвод дренажных вод из котлована, для чего устраивают колодец КД-7 с подключением к коллектору

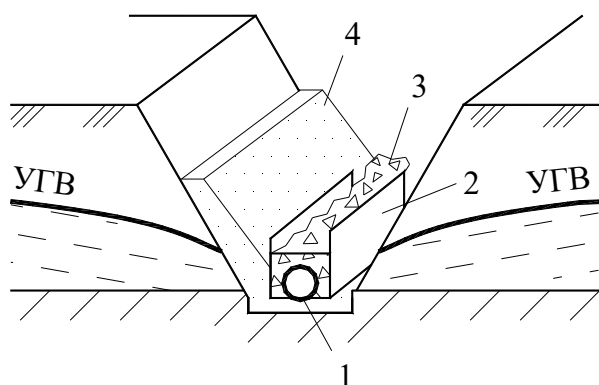


Рис. 38. Устройство дренажной обсыпки:
1 – дрена; 2 – стальной лист со штырями;
3 – щебень; 4 – фильтрующая штора (пе-

дождевой канализации К2 и от него прокапывают траншею до точки колодца КД-6 (см. рис. 36). В траншее устраивают дрена с щебёночно-песчаной обсыпкой (рис. 38), которая сразу же начинает дренировать участок строительства. Торец дрены у колодца КД-6 временно накрывают металлической сеткой, с присыпкой щебнем (слой 15 см) и песком (10 см) – защита от заиливания дрены. Котлован вскрывают экскаватором почти до самого дна с недобором 10-12 см (добирают вручную лопатами под нивелир). Эскавацию ведут, расширяя котлован от точки колодца КД-6 в направлении к КД-1 ... КД-5. Перевалив за эти последние две точки, устраивают колодец КД-6, от которого продлевают дрены с обсыпкой к КД-1 и КД-5. Сетку у колодца КД-6 убирают, а у колодцев КД-1 и КД-5 устраивают точно так же. Обратите внимание, что дренаж постепенно развивается в котловане в направлении снизу – вверх, то есть против уклона дрен. Таким образом, часть котлована уже защищена от подтопления дренажом, вода самотёком уходит в К2. Дрены обсыпают с устройством фильтрующей шторы из песка на естественном откосе стенки котлована, чтобы предотвратить оплывание грунта. Размеры шторы показаны слева на рис. 39.

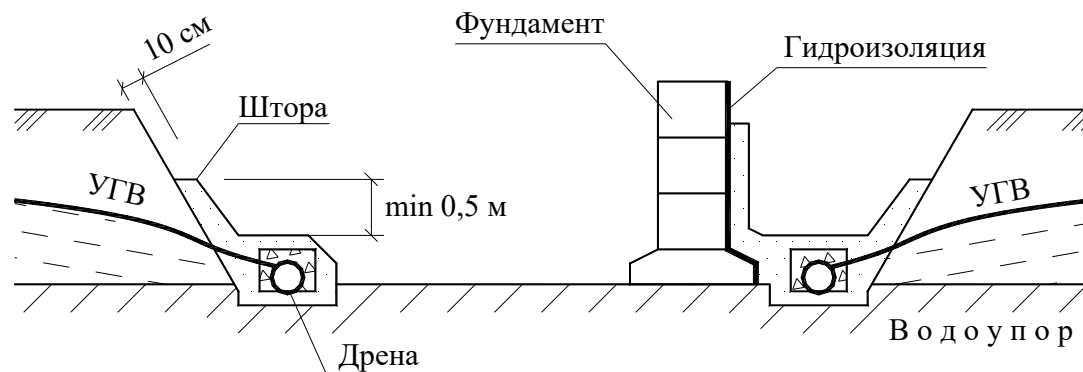


Рис. 39. Устройство дренажа и фундаментов в котловане

В правой части рис. 39 изображена фундаментная стена, которую начали возводить под защитой дренажа. Снаружи её обмазывают противокapиллярной изоляцией – горячим битумом за 2 раза. Затем устраивают другую песчаную штору, уже около стены, для улавливания влаги и отвода её в дренаж. Технология устройства шторы такая же, как показано на рис. 38, то есть с применением стального листа, который, после обратной засыпки фундаментной пазухи местным грунтом, вытаскивают. Таким образом, опалубочный лист используют многократно, что экономит затраты на строительные-монтажные работы.

Вот так, под защитой от подтопления с помощью дренажа, производят работы нулевого цикла по возведению фундаментов здания. Дренаж начал работать уже с момента откопки котлована. На этом примере была показана рациональная технология строительства дренажа.

Рассмотренная технология строительства дренажа, обеспечивающая нормальное проведение работ по устройству фундаментов в котлованах, не всегда выполнима. Обводнённый грунт стенок котлована может оказаться плавунным или текучепластичной консистенции. Образуются языки оплывания грунта в котлован. Это явление встречается повсеместно. Тогда строительство в котловане должно быть защищено или «стеной в грунте» (см. с. 23, рис. 8), или шпунтом [37], или системами строительного водопонижения. Последние описаны в [37, 54, 60].

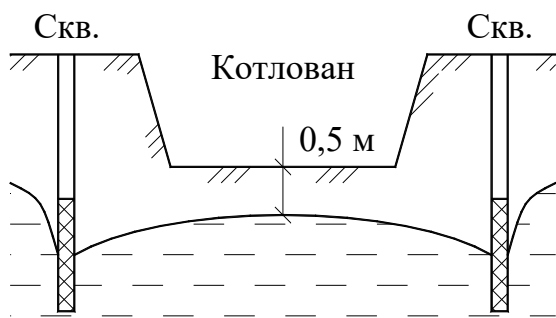


Рис. 40. Строительное водопонижение

Строительным водопонижением называется временное, на период строительства, понижение УПВ ниже отметок дна котлованов и траншей на величину не менее 0,5 м с помощью скважин различной конструкции с принудительной откачкой насосами (рис. 40). Осушение грунта в пределах котлована устраняет оплывание его откосов и резко повышает производительность труда.

Выбор той или иной системы строительного водопонижения производят с учётом коэффициентов фильтрации грунта k , м/сут. В гравийно-галечниковых и песчаных грунтах при $k > 10$ м/сут требуется водопонижение с помощью гравитационных скважин, открытых в атмосферу. В мелкозернистых песках и супесях при $2 < k < 10$ м/сут применяют иглофильтры с поверхностными вакуум-насосами, обеспечивающие понижение УПВ не более 5-6 метров ниже поверхности земли. В глинистых грунтах при $0,01 < k < 2$ м/сут нужно применять эжекторные вакуумные скважины, понижающие УПВ до глубины 25-30 метров. Большинство грунтов в Омске имеют $k < 1$ м/сут, поэтому выбор строительного водопонижения однозначен – системы с эжекторными вакуумными скважинами. Принцип работы этих систем показан на рис. 41.

Вакуумные водопонижительные системы (ВВС) сооружают до вскрытия котлована. Вначале, с определённым шагом, пробуривают и обустроивают скважины по периметру котлована. Вакуумные скважины (ВС) изолируют от атмосферы. Внутри ВС имеют две трубы: подающую и отводящую. Данный вариант конструкции скважины излагаем с учётом положений статьи [61].

Внизу скважины размещено U-образное колено с эжектором (водоструйным насосом). В пределах обводнённых грунтов скважина имеет фильтр с обсыпкой крупнозернистым песком. Верхушку скважины герметично прикрывают фланцем с резиновым уплотнителем. Две трубы скважи-

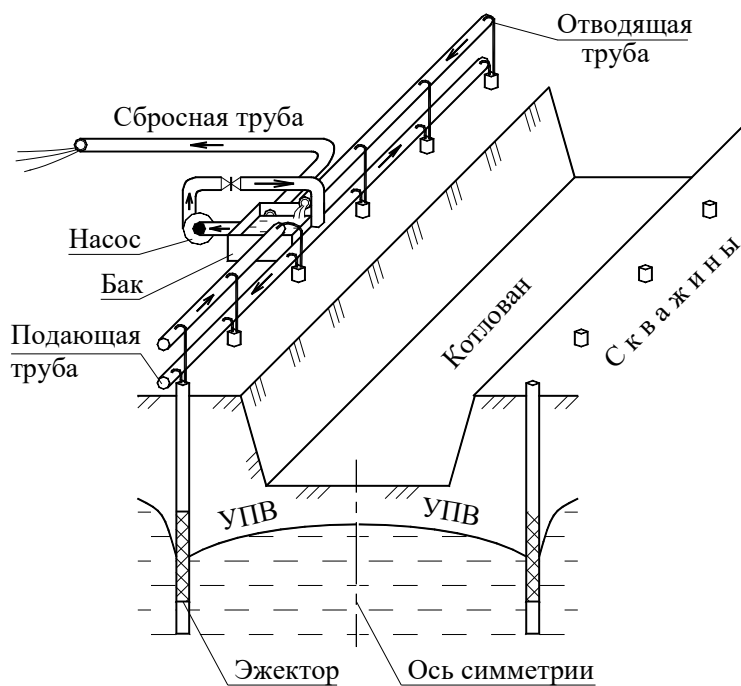


Рис. 41. Вакуумное водопонижение

ны соединяют гибкими напорными шлангами с соответствующими двумя трубами на поверхности земли – подающей и отводящей (см. рис. 41). Подающую трубу соединяют с центробежным насосом, установленным на поверхности земли, а отводящую подводят под уклоном к баку с водой. От бака отводят сбросную трубу. После подведения электроэнергии к центробежному насосу установка готова к работе.

Насос включают и открывают задвижку. Вода из бака под напором устремляется по горизонтальным подающим трубам к скважинам. Достигнув эжектора внизу скважины, рабочая жидкость (вода из бака) проходит через сопло, и в зоне фильтра скважины появляется вакуум. Скважина начинает принудительно отсасывать подземную воду из грунта, которая смешивается с рабочей жидкостью и поднимается вверх. Далее смесь стекает по горизонтальному отводящему трубопроводу в бак. Излишек воды из бака уходит по сбросной трубе в сторону от осушаемого котлована, а центробежный насос постоянно забирает воду из бака и гонит её обратно в скважины. Таким образом, при циркуляции воды в ВВС и вакуумном отсосе подземной воды происходит понижение УПВ под будущим котлованом.

Примерно через сутки после осушающего действия ВВС начинают копать котлован. Осушенный грунт хорошо держится в откосах котлована и не оплывает. Этот пример показывает, что для г. Омска технология вакуумного водопонижения весьма перспективна.

Эксплуатация

При эксплуатации систем и сооружений ЗПТЗ необходимо поддерживать их безотказную работу в течение нескольких десятилетий по обеспечению требуемых норм осушения для городской территории или отдельных зданий, сооружений (см. с. 8, 26, 30).

Службы эксплуатации при городских администрациях, дирекциях крупных предприятий и местных самоуправлениях должны проводить следующие работы [6, 62, 66]:

- приём в эксплуатацию систем и сооружений ЗПТЗ;
- уход, надзор, натурные обследования и паспортизацию ЗПТЗ;
- ремонты текущие, капитальные и аварийные.

Приём в эксплуатацию систем и сооружений ЗПТЗ производят комиссии с представителями заказчика, строительной организации и служб природоохраны. Проверяют соответствие выполненных строительно-монтажных работ проектным решениям. Оформляют приёмку-сдачу.

Дренажи подлежат уходу и надзору. По данным Р.А. Нагуманова, обследовавшего более 150 горизонтальных трубчатых дренажей городов Южного Урала, «бесхозные» дренажи служат не более 6-7 лет. Затем наступает отказ в их работе, территория застройки снова подтопляется (сообщено в частной беседе, март 1999 г.). Основными причинами выхода из строя дренажей являются следующие:

- заиление внутреннего пространства дрен при плохой обсыпке;
- засорение смотровых колодцев при открытых люках;
- разрушение дрен при просадках грунта;
- промерзание дрен, фильтрующих обсыпок и выпусков.

Вертикальные дренажные скважины служат около 6 лет, затем наступает снижение их эффективности водопонижения [67].

Натурные обследования [64] – это экспертно-ревизионная проверка состояния существующих систем ЗПТЗ. Их проводит независимая комиссия в связи с неудовлетворительным функционированием ЗПТЗ. Проверяют качество проектирования, строительства и эксплуатации. Выводы комиссии могут содержать указания по составу ремонтно-восстановительных работ или по реконструкции системы (при невозможности ремонта).

Практика эксплуатации дренажных систем [68] показывает, что при ежегодной промывке дренажа в течение первых 2-3 лет его работы в дальнейшем заиления дрен и фильтрующих обсыпок не происходит.

По данным отечественных натуральных обследований [46], исправно обустроенные и ухоженные дренажи могут работать несколько десятилетий без ремонта. В Германии [7] текущие ремонты дренажей проводят один раз в 5 лет, что обеспечивает срок службы дренажа около 30 лет.

Реконструкция

Реконструкция систем и сооружений ЗПТЗ может быть вызвана следующими причинами:

- общей реконструкцией города, его центра, районов, микрорайонов, кварталов или групп домов, включая снос старой, ветхой застройки, разуплотнением застройки, созданием лесопарков и зелёных насаждений [69];

- строительством глубоких коллекторов дождевой канализации К2, что даёт возможность отказаться от станций перекачки дренажных вод;

- полным или частичным отказом эксплуатируемых систем ЗПТЗ;

- моральным износом существующих систем ЗПТЗ в связи с появлением новых и существенно более эффективных, экономичных, энергосберегающих и экологичных систем защиты от подтопления застройки.

Реконструкция ЗПТЗ – это тоже строительство, но в стеснённых условиях застройки и с сохранением элементов существующих систем. Она должна проводиться только при наличии ТЭО и проекта реконструкции. Реконструкция может быть полной или частичной [62].

Технологии проведения реконструкции систем защиты от подтопления в городах разработаны недостаточно. Дефицитна малогабаритная техника для проведения работ по устройству дренажей и других систем ЗПТЗ в условиях тесной застройки с обилием существующих сетей водопровода, канализации, теплотрасс, электрокабелей. Поэтому реконструкционные работы содержат большую долю ручного труда. Теснота застройки принуждает делать траншеи и котлованы с вертикальными креплениями, а часто вообще переходить на закрытые способы прокладки дрен с помощью горизонтального бурения, прокола, продавливания. Такие особенности приводят к значительному удорожанию работ и увеличению их продолжительности. Решению о реконструкции должны предшествовать оптимизационные расчёты по выбору наиболее подходящего варианта.

На рис. 42 показано устройство пластового дренажа при реконструкции подвала, подверженного подтоплению техногенными грунтовыми водами. Пол подвала углубляют с уклоном к центру. По грунту насыпают слой песка (min 10 см), в центре укладывают дренаж. Затем насыпают слой щебня (min 15 см), который накрывает дренаж. Дренаж выводят из здания наружу, подсоединяют к смотровому колодцу для стока дренажных вод. Щебень прикрывают рубероидом, делают цементно-песчаную стяжку, а по ней устраивают пол подвала. Таким образом, пластовый дренаж можно сооружать и для существующего здания [46].

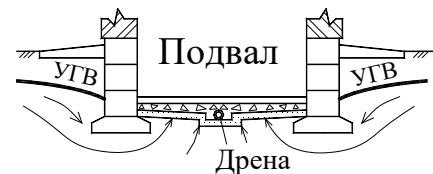


Рис. 42. Пластовый дренаж (реконструкция)

Библиографические ссылки

1. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 20 с.
2. Прогнозы подтопления и расчёт дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях / ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с. – (Справочное пособие к СНиП).
3. Дегтярев Б.М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. – М.: Стройиздат, 1990. – 238 с.
4. Разумов Г.А., Хасин М.Ф. Тонущие города. – М.: Стройиздат, 1991. – 256 с.
5. Куранов Н.П., Муфтахов А.Ж., Шевчик А.П., Бывальцев И.М. Последствия подтопления застроенных территорий и способы их дренирования // Итоги науки и техники: Гидрогеология. – М.: Изд-во ВИНТИ, 1991. – Т.13. – 130 с.
6. Клиорина Г.И., Осин В.А., Шумилов М.С. Инженерная подготовка городских территорий. – М.: Высшая школа, 1984. – 271 с.
7. Эггельсманн Р. Руководство по дренажу / Пер. с нем. – М.: Колос, 1984. – 247 с.
8. Радищев П.В. Градостроительные методы предупреждения подтопления территорий и зданий населённых мест юга Западно-Сибирской равнины / ВДНХ СССР, СибАДИ. – Омск: Изд-во «Омская правда», 1986. – 8 с.
9. Окамото Ш. Сейсмостойкость инженерных сооружений / Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1980. – 342 с.
10. Климат Омска / Под. ред. Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 247 с.
11. Атлас Омской области. – Омск: Изд-во Роскартография, 1996. – 56 с.
12. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Антропогенные изменения в режиме Иртыша у Омска до 1980 г. // Водохозяйственные проблемы освоения Сибири. – Омск: ОмГАУ, 1996. – С. 10-17.
13. Зальцберг Э.А. Режим и баланс грунтовых вод зоны избыточного увлажнения. – Л.: Недра, 1980. – 207 с.
14. Болгов М.В., Дзекцер Е.С., Писаренко В.Ф. Статистический анализ подтопления застраиваемых территорий // Водные ресурсы. – 1998. – № 5. – С. 534-540.
15. Костерин Э.В. Основания и фундаменты. – М.: Высшая школа, 1991. – 431 с.
16. Ретхати Л. Грунтовые воды и строительство / Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1989. – 432 с.
17. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.
18. Чернега Л.Г. и др. Экономическая оценка последствий подтопления на урбанизированных территориях // Гидрогеологические прогнозы при защите территорий от подтопления. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1988. – С. 48-53.
19. Методические рекомендации по оценке ущерба от подтопления территорий городов и определению экономической эффективности применения предупредительных и защитных мероприятий / НИИЭС Госстроя СССР. – М., 1986. – 64 с.
20. Омск – 2000: Справочный материал для депутатов городского совета / ГлавОмск-архитектура. – Омск, 1989. – 56 с.
21. Большая советская энциклопедия (В 30 томах) / – Изд. 3-е. – М.: Советская энциклопедия, 1970-1978 гг.
22. Справочник по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий / Под ред. В.С. Нищука. – Киев: Будівельник, 1983. – 192 с.

23. Яковлев С.В., Ласков Ю.М. Канализация. – М.: Стройиздат, 1987. – 319 с.
24. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
25. Давидянц Н.М., Карагодин А.Л., Карагодин В.Л. Городские водостоки. – М.: Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1961. – 184 с.
26. Молоков М.В. Дождевая канализация площадок промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1964. – 184 с.
27. Найфельд Л.Р., Тарасов Н.А. Освоение неудобных земель под городскую застройку. – М.: Стройиздат, 1968. – 224 с.
28. Найфельд Л.Р. Инженерная подготовка пойменных и заболоченных территорий для градостроительства. – М.: Стройиздат, 1974. – 179 с.
29. Справочник по осушению горных пород. – М.: Недра, 1984. – 572 с.
30. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
31. Кожин И.В., Добровольский Р.Г. Устранение потерь воды при эксплуатации систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1988. – 348 с.
32. Момчилов В.С. Защита шахт от подземных вод. – М.: Недра, 1989. – 189 с.
33. Сенченко Н.М. Сырость в жилых зданиях, её источники и борьба с ней. – М.: Стройиздат, 1967. – 257 с.
34. Крейшман К.К. Защита деревянных конструкций от гниения, древоточцев и огня. – Л.: Стройиздат, 1967. – 136 с.
35. Аравин В.И., Нумеров С.Н. Фильтрационные расчёты гидротехнических сооружений. – М.-Л.: Госстройиздат, 1955. – 292 с.
36. Климентов П.П., Кононов В.М. Динамика подземных вод. – М.: Высшая школа, 1985. – 384 с.
37. Кнаупе В. Устройство котлованов и водопонижение / Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1988. – 376 с.
38. Дренаж сельскохозяйственных земель / Пер. с англ.; Под ред. Дж.Н. Лутин – М.: Колос, 1964. – 720 с.
39. Гумилёв Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – М.: ДИ-КАРТ, 1993. – 503 с.
40. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Конструкции пластовых дренажей. Серия 8.005-1. Выпуск 0. Материалы для проектирования / Институт «Фундаментпроект» Минмонтажспецстроя СССР. – М., 1986. – 39 листов.
41. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации: Справочник строителя / Под ред. А.К. Перешивкина. – М.: Стройиздат, 1988. – 653 с.
42. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
43. Абрамов С.К., Дегтярёв Б.М., Коринченко И.В. Рекомендации по проектированию и расчётам горизонтальных дренажей с применением трубофильтров из пористого бетона / ВНИИ ВОДГЕО. – М., 1973. – 36 с.
44. Сторожук С.И. Пористый дренаж в аридной зоне. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 104 с.
45. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
46. Абрамов С.К., Кузнецова Н.А., Муфтахов А.Ж. Пластовые дренажи в промышленном и городском строительстве. – М.: Стройиздат, 1964. – 180 с.
47. Разумов Г.А. Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей. – М.: Стройиздат, 1988. – 240 с.

48. Пономаренко Ю.В., Анпилов В.Е. Лучевой дренаж застроенных территорий. – М.: Недра, 1989. – 198 с.
49. Тулаев А.Я. Осушение земляного полотна городских дорог. – М.: Стройиздат, 1983. – 132 с.
50. Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна (к СНиП 2.05.02-85) / СоюздорНИИ. – М.: Стройиздат, 1989. – 97 с.
51. СНиП 1.02.01-85. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений / Госстрой СССР. – М.: АПП ЦИТП, 1991. – 40 с.
52. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. – М.: Недра, 1988. – 228 с.
53. Канюка Н.С., Шевчук Б.М., Белостоцкий О.Б. Справочник по проектированию организации строительства. – Киев: Изд-во «Будівельник», 1969. – 448 с.
54. Григорьев В.М. Понижение уровня грунтовых вод иглофильтровыми установками. – М.: Госстройиздат, 1955. – 232 с.
55. Григорьев В.М. Вакуумное водопонижение. – М.: Стройиздат, 1973. – 224 с.
56. Арутюнян Р.Н. Вакуумное водопонижение в практике строительства. – М.: Стройиздат, 1990. – 184 с.
57. Болотских Н.С. Строительное водопонижение в сложных гидрогеологических условиях. – Киев: Изд-во «Будівельник», 1976. – 112 с.
58. Воробков Л.Н., Гаврилко В.М., Лобачёв П.В., Шестаков В.М. Водопонижение в гидротехническом строительстве. – М.: Стройиздат, 1960. – 244 с.
59. Емельянов А.В., Клейман Д.Б. Водопонижение в гражданском и промышленном строительстве. – М.: Стройиздат, 1971. – 81 с.
60. Смородинов М.И. Водопонизительные установки. – М.: Стройиздат, 1984. – 117 с.
61. Боголюбов К.С., Краковский Б.С., Кузьмина А.С. Экспериментальные исследования эжектора водопонизительной установки ЭСУ-20 при откачке водовоздушной смеси // Технология и технические средства строительного водопонижения и дренажа. – М., 1990. – С. 13-27. – (Труды ВНИИ ВОДГЕО).
62. Зубец В.М., Вакар А.Е. Эксплуатация закрытых осушительных систем. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – 136 с.
63. Артемьева З.Н., Елизаров Б.А., Лукашенко П.К. Организация и технология дренажных работ. – Л.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 239 с.
64. Рекомендации по натурному обследованию дренажей застроенных территорий / ВНИИ ВОДГЕО. – М., 1984. – 14 с.
65. Песков В.Г., Зинь В.С., Мобило Л.В. Механизация эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах. – М.: Агропромиздат, 1986. – 143 с.
66. Рекомендации по определению капитальных вложений и эксплуатационных расходов для сооружений инженерной защиты от подтопления территорий городов / ВНИИ ВОДГЕО. – М., 1987. – 47 с.
67. Алексеев В.С., Ткаченко В.П., Коммунар Г.М. Исследования гидравлических характеристик и параметров кольматажа дренажных скважин большого диаметра // Инженерная защита территорий. – М., 1982. – С. 65-73. – (Труды ВНИИ ВОДГЕО).
68. Мелиорация и использование осушенных земель / Под ред. В.Е. Алексеевского. – Киев: Урожай, 1988. – 184 с.
69. Борисов А.П. и др. Экономика градостроительства. – Л.: Стройиздат, 1981. – 256 с.

Указатель

Артезианская скважина	27	МКР-Excel	11, 44
Барражный эффект	11, 25	Моделирование	5, 11, 44
Вакуум	27, 30, 49	Мощность подземных вод	9, 10
Верховодка	7, 9, 10	Напор пьезометрический	9
Водоносный пласт	9, 44	Напорные подземные воды	9
Водопонижение	48, 53, 54	Натурные обследования	50
Водоупор	7, 9, 10, 22-24, 30, 34, 39	Норма осушения 8, 12, 15, 19, 26, 30, 44	
Выпуск дренажных вод 30, 31, 35-37, 40		Относительный водоупор	39
Гидрогеологический прогноз	43	Поглощающие скважины	28, 34-37
Гидрогеологический разрез 10, 23, 29, 43		Подземные воды	9
Гидрогеологические схемы	44	Подпор подземных вод 13, 16, 17, 25, 29	
Гидроизогипсы	11	Подтопление	8, 9, 12, 14, 16, 17, 20
Гидроизоляция	21-22	Последствия подтопления	18
Гидроизопъезы	11	Причины подтопления	13
Грунтовая скважина	27	Прогнозы подтопления	17, 43, 44, 52
Грунтовые воды	7, 9-12, 15, 21	ПФЗ	7, 23
Дрена 26, 31, 32, 34, 38-41, 44, 47, 50, 51		Режим грунтовых вод	15, 43
Дренаж	26	Ремонты дренажей	50
Дренаж вакуумный	6, 27	Скважина 9, 10, 27, 28, 30, 31, 34, 48, 50	
Дренаж вентиляционный	25, 27	Смотровой колодец	31, 35, 44, 50
Дренаж гравитационный	27	Стена в грунте	23
Дренаж двухлинейный	30, 39	Строительное водопонижение	48
Дренаж лучевой	28-30, 34, 40	Техногенное подтопление	16
Дренаж кольцевой	24, 30, 31, 37, 39	Трубофильтры	32, 33
Дренаж пластовый	30, 38, 51	УГВ	9
Дренаж пневмонагнетательный	27, 30	УНПВ	9
Дренаж пристенный	30, 39, 43-46	УПВ	9
Дренаж профилактический	24	Фильтрующие обсыпки дрен	34
Дренаж электроосмотический	27	Фильтрующие обсыпки скважин	34
Заиление дрен	31, 34, 46, 50	Фильтрующие шторы	38, 47
Защита от подтопления	20	Электроосмос	27
Зона аэрации	10	Элементы дренажа	31
ЗФМ	7, 33, 40	AutoCAD для Windows	44
Инфильтрация влаги	10, 17	Excel для Windows	44
Капиллярная влага	22, 25	Visual Basic for Application (VBA)	44
Классификации дренажей	26		
Классификация подземных вод	9		
Кривая депрессии	24, 28, 29, 31, 44		

Учебное издание

Сологаев Валерий Иванович

ЗАЩИТА
ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ
В ГОРОДСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебное пособие

* * *