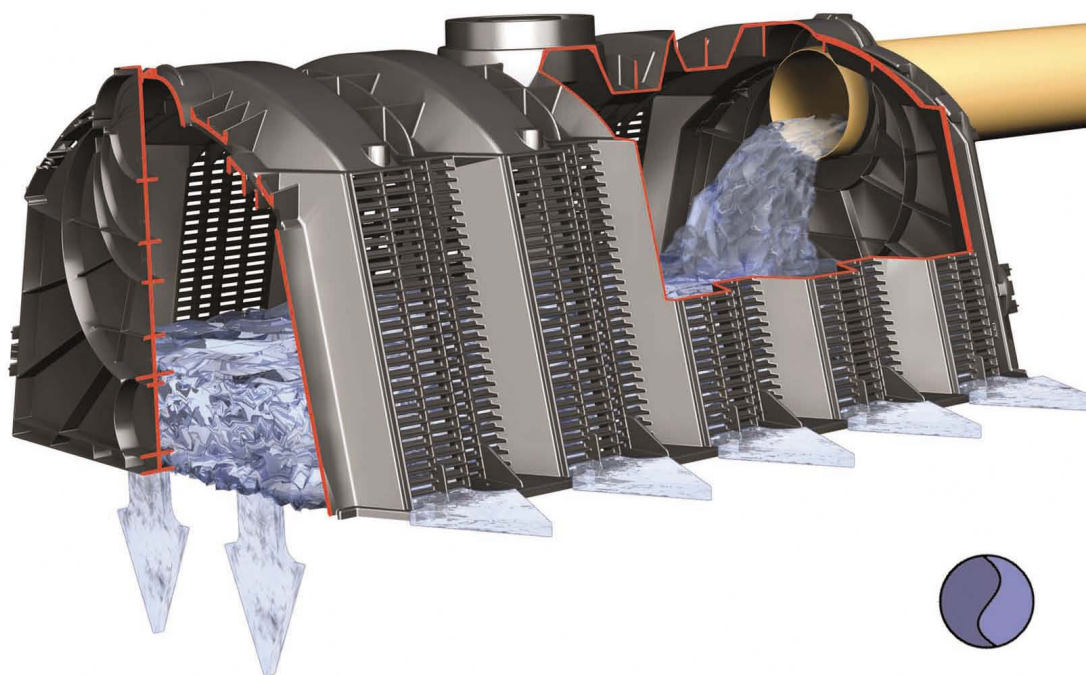


Е.А. Пугачев

ВОДООТВЕДЕНИЕ поверхностного стока современных мегаполисов



Е.А. Пугачев

**ВОДООТВЕДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО
СТОКА СОВРЕМЕННЫХ
МЕГАПОЛИСОВ**



Издательство АСВ
Москва
2013

Рецензенты:

заместитель генерального директора ОАО «МосводоканалНИИпроект»,
доктор технических наук, профессор *О.Г. Примин*;

заведующая кафедрой «Коммунальное и промышленное водопользование»
ФГБОУ ВПО Московской государственной академии коммунального хо-
зяйства и строительства, доктор технических наук, профессор,
И.И. Павлинова

Пугачев Е.А.

Водоотведение поверхностного стока современных мегаполисов: Монография. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 96 с.

ISBN 978-5-93093-934-7

Тема и содержание монографии являются важным научным трудом, посвященным проблеме решения сложных технологических задач защиты зданий и заглубленных сооружений от водного воздействия поверхностных и грунтовых вод. Анализируется негативное влияние барражного эффекта в условиях все усиливавшегося освоения подземного пространства мегаполисов.

Рассмотрены закономерности формирования поверхностных и подземных водных потоков. Оценивается эффективность дренажных устройств и различных технологий осушения подземного пространства.

Данная работа будет полезна для специалистов водной сферы проектных, строительных и эксплуатационных организаций бытового и промышленного секторов.

ISBN 978-5-93093-934-7

© Издательство АСВ, 2013

© Пугачев Е.А., 2013

Научное издание

Евгений Алексеевич Пугачев

**ВОДООТВЕДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА
СОВРЕМЕННЫХ МЕГАПОЛИСОВ**

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*. Компьютерная верстка: *Д.А. Матвеев*

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Подписано к печати 20.02.13.
Формат 60x90/16. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. 6 п. л. Заказ № . Тираж 500 экз.

ООО «Издательство АСВ», 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26,
отдел реализации – оф. 511, тел., факс: (499)183-56-83;
e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. Особенности современного развития городов и их инженерной инфраструктуры	5
1.1. Повышение плотности застройки городских территорий	5
1.2. Интенсивное использование подземного пространства	5
1.3. Рост благоустройства и плотности подземной инфраструктуры городских территорий	7
1.4. Выводы	9
Глава 2. Современное состояние и устройство городских систем водоотведения	10
2.1. Особенности формирования сточных вод на городских территориях	10
2.2. Перспективы развития систем водоотведения мегаполисов	19
2.3. Особенности трассирования схем водостоков	20
2.4. Устройство водоотводящих сетей	22
Трубопроводы	22
Колодцы и камеры	29
Перепадные колодцы	33
Разделительные камеры	36
Дюкеры	38
2.5. Методы прокладки и реконструкции водоотводящих сетей	42
2.6. Обеспечение надежной работы водоотводящих сетей	46
Глава 3. Разработка основ расчета отведения грунтового стока	51
3.1. Расчет постоянного грунтового стока на городских территориях	51
3.2. Расчет поверхностного стока атмосферных осадков	53
3.3. Расчет поливомоечного стока	56
3.4. Приток инфильтрационных вод	57
3.5. Расчет локального периодического грунтового стока	57
Глава 4. Основы гидравлического расчета дренажей	59
4.1. Вертикальный дренаж	59
4.2. Горизонтальный дренаж	61
Глава 5. Особенности движения жидкости в водоотводящих сетях	65
Глава 6. Проектирование систем дренажа на городских территориях	68
6.1. Назначение и виды дренажей	68
6.2. Устройство и конструирование дренажей	69
6.3. Особенности проектирования и расчета дренажей на городских территориях	74
Глава 7. Очистка поверхностного стока	76
7.1. Требования к степени очистки поверхностного стока	76
7.2. Очистные сооружения на водосточных сетях	77
7.3. Использование водоотводящих сетей для удаления снега	88
Заключение	94
Список литературы	95

ВВЕДЕНИЕ

Радикальные социально-политические изменения, произошедшие в России в 1991 г., положили начало глубоким переменам во всей экономике страны. Переход к рыночной экономике отразился на всей сфере жизни населения и на всех отраслях народного хозяйства, в том числе и на строительстве.

Следует отметить, что наряду с сырьевыми отраслями в сфере строительного производства удалось выйти из кризиса с минимальными издержками и потерями, а в Москве, как и ряде других высококоразвитых в экономическом плане регионов России, строительная индустрия и строительство весьма интенсивно прогрессируют и сами являются одним из локомотивов роста экономики. В настоящее время вложение средств в строительство объектов недвижимости является весьма выгодным, что также способствует дальнейшему развитию отрасли строительного производства, его техническому и технологическому переоснащению.

Рост стоимости земли в крупных мегаполисах России потребовал от архитекторов более рационального использования участков городской территории, отводимой под сооружение объектов, что стимулировало высотное строительство с максимальным использованием имеющегося подземного пространства. Архитектурный облик городов в последнее время претерпевает ряд существенных позитивных изменений, в то время как обратной стороной преобразования городов является увеличение нагрузки на их существующую инфраструктуру, в частности на систему водоотведения, что требует решения новых технологических и технических проблем, возникающих при их реконструкции и развитии.

В данной монографии анализируется накопленный за последние 10–15 лет опыт проектирования, реконструкции, строительства и эксплуатации систем водоотведения крупных городских комплексов, а также делается прогноз развития водоотводящих систем на перспективу.

Глава 1. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ И ИХ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

1.1. Повышение плотности застройки городских территорий

В условиях рыночной экономики важнейшим фактором стоимости продажи возводимого жилья является его месторасположение, учитывающее наличие удобных транспортных коммуникаций, близость к центру города, благоприятную экологическую ситуацию. Следствием этого является наметившаяся тенденция вытеснения старых промзон на периферии городов с последующим использованием освободившихся территорий под жилищное строительство. Одновременно максимально эффективно используются под строительство жилых, административных и торговых комплексов участки городской территории с ветхими и малоценными строениями, а также имеющиеся резервные территории внутри уже застроенных жилых городских кварталов и микрорайонов.

Стремление инвесторов максимально компенсировать вложенные средства в инженерную подготовку приобретаемых участков городской территории под строительство неизбежно приводит к повышению плотности застройки как в центральных районах города, так и на вновь осваиваемых периферийных территориях городов. В последних повышение плотности застройки диктуется снижением удельной стоимости создаваемой инженерной инфраструктуры: дорог, систем водоснабжения и водоотведения, тепловых сетей, систем электроснабжения и современной связи.

С учетом вышеизложенного следует заметить, что повышение плотности городской застройки будет неизбежным в обозримой перспективе развития крупных городов в нашей стране и в особенности в таких крупных мегаполисах, как Москва, Санкт-Петербург и др.

1.2. Интенсивное использование подземного пространства

Рост плотности застройки в пределах современных городов сопровождается интенсивным увеличением количества автомобилей на улицах и площадях. Решение проблемы парковки автомобилей является одной из важнейших задач для всех крупных мегаполисов, и в этом контексте российские города не представляют исключения.

Одним из путей решения проблемы парковки автомобилей в современных городах является максимальное использование свобод-

ного подземного пространства для размещения в нем подземных автостоянок. Большинство крупных жилых, административных и торговых комплексов в Москве и других мегаполисах проектируется с активным использованием подземного пространства для размещения в нем технических этажей, складских и подсобных помещений, а также подземных автостоянок (рис. 1.1).

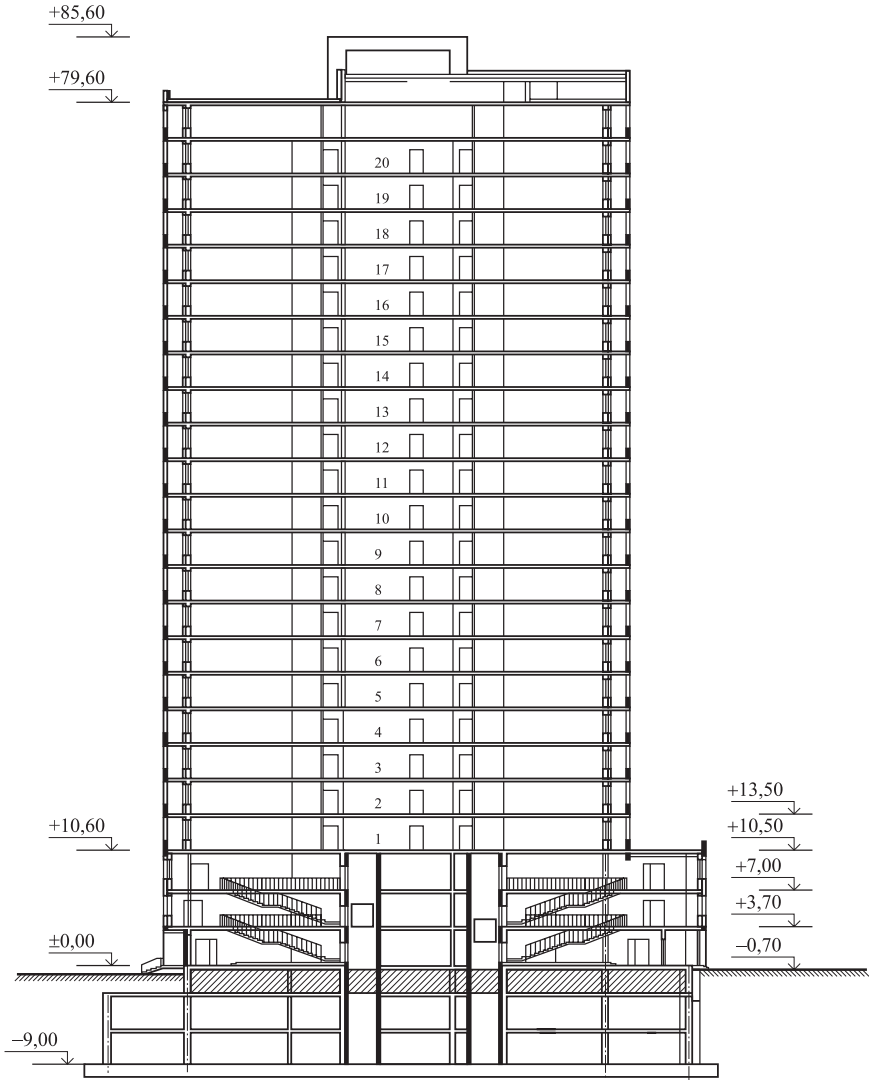


Рис. 1.1. Жилое здание с подземной автостоянкой

Подземная часть современных зданий имеет как минимум два-три подземных уровня (этажа), а иногда их количество достигает 5–6 подземных этажей, что составляет заглубление 6–15 м от уровня земли. При строительстве подземной части таких зданий неизбежно происходит нарушение имевших ранее место гидрогеологических условий, выявленных при проведении предпроектных геологических изысканий и учтенных при последующем проектировании. В ряде случаев значительные по объему заглубленные подземные части зданий с течением времени начинают играть роль своеобразных подземных плотин (возникает так называемый «барражный» эффект; термин, используемый в основаниях и фундаментах), существенно изменяющих направления и структуру природных грунтовых потоков.

В связи с этим при проектировании заглубленных частей зданий и сооружений очень важно заранее оценить возможные последствия вызываемых ими локальных изменений гидрогеологических условий движения грунтовых потоков и принять адекватные инженерные решения для устранения или минимизации их отрицательного воздействия на проектируемые здания и сооружения [1]. Подобная оценка возможна лишь при использовании соответствующих методик оценки и расчета последствий искусственного изменения гидрогеологических условий при строительстве заглубленных зданий и сооружений.

1.3. Рост благоустройства и плотности подземной инфраструктуры городских территорий

Строительство современных жилых и административных зданий, торговых центров, наряду с повышением требований к их внутренней и внешней отделке и наличия необходимого инженерного оборудования, требует также соответствующего благоустройства окружающего их наружного пространства. Это выражается в организации газонов, цветников и скверов вокруг возводимых зданий, сопровождающихся высадкой взрослых деревьев. Площади вокруг зданий, тротуары и пешеходные дорожки имеют, как правило, плотное покрытие, более красивое и практичное с точки зрения эксплуатации территории.

Плиточные покрытия, проложенные на щебеночно-песчаном основании, прекрасно пропускают воду в грунт, обеспечивая хороший дренаж в дождливую погоду и отвод талых вод в периоды оттепелей и весеннего таяния снега. При наличии электропрогрева по-

добные покрытия обеспечивают идеальные условия для пешеходов в течение всего года независимо от погодных условий.

Однако поверхностный сток, дренирующийся через твердые плиточные покрытия, равно как и через поверхности газонов, цветников и других зеленых насаждений, также требует организованного отвода через систему подземного дренажа зданий и сооружений.

Концентрации дренажных вод, фильтрующихся с благоустроенной поверхности вокруг зданий, способствуют многочисленные инженерные коммуникации, которые соединяют здания с уличными сетями:

- силовые электрические линии;
- телефонные линии и оптоволоконные кабели;
- слаботочные линии различного назначения;
- тепловые вводы;
- водопроводные вводы;
- выпуски внутренних водоотводящих сетей (водостоки, хозяйственная и производственная канализации);
- газовые сети.

Перечисленные коммуникации в зависимости от своего назначения и конструкции прокладываются на глубинах от 0,5 до 3,0–5,0 м, причем все они, как правило, требуют устройства песчаной подушки под основание, с засыпкой песком пазух, т.е. независимо от своего прямого назначения, представляют собой искусственно созданные каналы для сбора фильтрующихся с поверхности земли дренажных вод. Дальнейшее движение воды по этим каналам определяется их направлением, гидравлическим уклоном грунтовых вод и расположением линий подземного дренажа по отношению к рассматриваемым инженерным коммуникациям.

Таким образом, даже при строительстве зданий в грунтах с расположением постоянного уровня грунтовых вод ниже подошвы фундамента в дождливые периоды времени и в периоды таяния снега возможно образование локальных грунтовых потоков, способных подтапливать незащищенные соответствующим дренажем подземные части зданий. Еще более сложная задача возникает при компактном расположении в пределах одного квартала или микрорайона нескольких зданий с заглубленными подземными частями и плотным расположением инженерных коммуникаций между ними.

Соответствующих методик расчета грунтового стока в условиях плотной городской застройки нет. Проектирование дренажа таких участков если и ведется, то без достаточно обоснованных методов

расчета притока воды к дренам, что может привести к неконтролируемому выносу твердых частиц (суффозии) и последующим «провалам» на поверхности земли. Последнее весьма опасно в период весеннего оттаивания земли, когда несущая способность талого грунта минимальна и его размыв талым стоком становится максимально возможным и опасным.

1.4. Выводы

За последние 10–15 лет в строительстве городов произошел переход от экстенсивного освоения новых городских площадей к уплотненной застройке с повсеместным максимально возможным использованием подземного пространства под различные цели. Резко уплотнилась и усложнилась городская сетевая инженерная инфраструктура, качественно повысился уровень благоустройства городских территорий.

Очевидно, что развитие городских систем водоотведения должно соответствовать современному уровню развития городов, создавая инженерную основу для дальнейшего совершенствования архитектурно-планировочных решений.

Глава 2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И УСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

2.1. Особенности формирования сточных вод на городских территориях

Являясь наиболее распространенным и дешевым универсальным растворителем, экстрагентом и диспергатором, природная вода широко используется в быту для питьевых, гигиенических и хозяйственных целей и промышленном производстве для различных технологических процессов. После использования в быту сточные хозяйственные воды содержат органические и минеральные загрязнения различной степени дисперсности – от крупных частиц до коллоидных и истинных растворов. Наличие бактериальных загрязнений делает хозяйственные сточные воды чрезвычайно опасными с санитарной точки зрения и требует их полной биологической очистки. Норма водоотведения хозяйственных сточных вод колеблется от 200 до 400 л/чел в сутки при общем коэффициенте неравномерности 1,5–2,0 [2], и она имеет тенденцию к сокращению [3, 4].

В промышленности вода используется в различных технологических процессах как универсальный растворитель, а также как хладагент в системах охлаждения. Производственные сточные воды содержат разнообразные компоненты сырья и продуктов переработки, переходящих в производственный сток при различных производственных процессах, связанных с промывкой и охлаждением. Количество загрязнений, попадающих в производственные сточные воды, и расходы последних зависят от совершенства используемых на промпредприятиях технологических процессов и оборудования. В целом расходы производственных сточных вод в крупных городах могут составлять до 25–30% от расходов хозяйственных стоков. Общие коэффициенты неравномерности отведения промстоков составляют 2,0–4,0. Номенклатура веществ, встречающихся в промстоках городов с развитой промышленностью, может достигать сотен наименований. Для большинства из них установлены нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) в воде водоемов. [5] Как правило, в крупных городах промышленные предприятия рассредоточены по всей городской территории, и производственные сточные воды отводятся на городские очистные сооружения совместно с хозяйственными стоками от жилых кварталов; смесь этих стоков называют городскими сточными водами.

Кроме хозяйственных и производственных сточных вод на территории городов и промпредприятий также образуются стоки в результате выпадения на землю атмосферных осадков. В отличие от хозяйственных и производственных сточных вод, выпуски которых в городскую водоотводящую сеть точно определены, а расходы стоков если и не замерены непосредственно, то по крайней мере подсчитаны на основе балансов водопотребления достаточно точно (в пределах $\pm 10\%$), выпадение атмосферных осадков носит ярко выраженный вероятностный характер [5, 6].

В процессе глобального природного кругооборота веществ, определяющего условия существования и эволюции биосферы, атмосферные осадки, выпадающие над земной поверхностью, собираются и отводятся через разветвленную речную сеть в моря и океаны, где путем постоянного испарения воды происходит формирование дождевых облаков с их последующим распределением над земной поверхностью и выпадением в виде осадков. Распределение осадков над поверхностью планеты крайне неравномерно как в пространстве, так и во времени и является предметом изучения гидрометеорологии [6, 7, 8].

Объемы выпадающих осадков измеряются высотой слоя воды h мм, выпавшей за определенный интервал времени, по площади водосбора. В России годовой слой осадков колеблется от 300 мм на севере до 2000 мм в южной субтропической зоне. В средней полосе европейской части этот показатель достигает 600–800 мм. Площадь водосбора – это часть земной поверхности и подстилающих ее почв и горных пород, откуда вода поступает к водным объектам, которые подразделяются на водотоки и водоемы.

Водоток – водный объект, характеризующийся устойчивым движением воды в направлении уклона водной поверхности. Водотоки бывают естественного (ручьи, реки, протоки) и искусственного происхождения (лотки, канавы, коллекторы, каналы). Водоем – водный объект в углублении земной поверхности, характеризующийся практическим отсутствием постоянного существенного уклона водной поверхности и наличием в основном волнового движения под действием ветра и конвективных токов воды. Водоемы бывают естественного (болота, пруды, озера) и искусственного происхождения (резервуары, земляные и бетонные емкости, водохранилища).

Сток – движение воды по поверхности земли и в грунте в направлении водного объекта. Поверхностный сток – сток дождевых, талых или поливных вод, происходящий по земной поверхности. Грунтовый сток – сток вод, попадающих в грунт с земной поверхности и перемещающийся в виде фильтрационного потока в направлении нижерасположенных водных объектов.