

Ю.В. ВОРОНОВ

*ВОДООТВЕДЕНИЕ
И ОЧИСТКА
СТОЧНЫХ ВОД*



Ю.В. Воронов

ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

**Под общей редакцией
проф., д.т.н. Ю.В. Воронова**

Допущено Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение»
направления подготовки дипломированных специалистов
«Строительство»

Издание пятое, переработанное и дополненное



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва, 2009

Рецензенты: зав. кафедрой «Водоотведение и экология» Санкт-Петербургского государственного Архитектурно-строительного университета, проф., д.т.н., *М.И. Алексеев*, зав. кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» Вологодского государственного технического университета, д.т.н., проф., *Л.И. Соколов*.

Воронов Ю.В.

Водоотведение и очистка сточных вод / Учебное издание: – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009 – 760 с.

ISBN 978-5-93093-119-4

В учебнике даны основные сведения о системах водоотведения и составе сточных вод. Приведены материалы для ознакомления с назначением, условиями и принципами работы, конструкциями, методами расчета и проектирования водоотводящих сетей, насосных станций, очистных сооружений. Описаны методы и технологические схемы очистки сточных вод и обработки осадка. Представлены компоновочные решения станций аэрации и биофильтрации. Освещены вопросы автоматизации, контроля и надежности работы водоотводящих сетей и сооружений, а также их строительства в особых условиях.

Федеральная программа книгоиздания России

ISBN 978-5-93093-119-4

© Издательство АСВ, 2009

© Воронов Ю.В., 2009

Учебное издание

Юрий Викторович Воронов

ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Корректор: *Г.М. Мубаракишина*

Компьютерная верстка: *Е.М. Лютова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60x90/16.

Бумага офс. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 47,5 п.л. Тираж 2000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337 Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 348 (КМК)
тел., факс: (499) 183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>

ПРЕДИСЛОВИЕ

Создание технических и технологических условий надежной работы систем жизнеобеспечения зданий, сооружений и населенных пунктов; промышленных и сельскохозяйственных технологических процессов – одна из важнейших государственных задач современности. Значительную роль в реализации этой задачи играет водохозяйственный комплекс. При этом велика не только техническая, технологическая и экономическая, но и экологическая значимость, надежность и безопасность функционирования систем водообеспечения, водоотведения и очистки сточных вод.

«Водоотведение и очистка сточных вод» является одной из основных дисциплин цикла специальных дисциплин учебного плана подготовки инженеров-строителей по специальности «Водоснабжение и водоотведение». В процессе изучения этой дисциплины будущие инженеры готовятся решать задачи отведения образующихся сточных вод за пределы городов и промышленных предприятий, очистки, обезвреживания, повторного использования и выпуска их в водоемы, а также обработки и утилизации образующихся при этом осадков.

Изучение дисциплины «Водоотведение и очистка сточных вод» может быть обеспечено после изучения следующих дисциплин: гидравлика, материаловедение, технология конструкционных материалов, электротехника и электроника, безопасность жизнедеятельности, механика грунтов, инженерная геодезия, инженерная геология, автоматизация, строительные конструкции, технология и механизация строительного производства, химия воды и микробиология, гидрология, гидрометрия и гидротехнические сооружения, экология и др.

Огромную роль в создании, становлении и развитии дисциплины «Водоотведение и очистка сточных вод» сыграли ведущие ученые-педагоги, наши учителя и коллеги – профессора Алексеев Н.А., Базякина Н.А., Белов П.С., Ботук Б.О., Жуков А.И., Иванов В.Ф., Калицун В.И., Карелин Я.А., Колобанов С.К., Корольков К.Н., Ласков Ю.М., Лукиных Н.А., Найденко В.В., Пискунов П.И., Строганов С.Н., Тимонов В.Е., Федоров Н.Ф., Шифрин С.М., Шишкин З.Н., Яковлев С.В. и другие.

Учебник написан в полном соответствии с примерной программой дисциплины. При написании учебника использованы результаты последних научных исследований; опыт проектирования, строительства и эксплуатации специализированных организаций как в России, так и за рубежом. Учебник создавался большим авторским коллективом. Основная работа выполнена коллективом кафедры водоотведения МГСУ. Среди авторов учебника сотрудники и других организаций. Отдельные главы учебника написаны:

МГСУ. Д.т.н., проф. Воронов Ю.В. – общая редакция, предисловие, введение, главы 1; 5; 6; 7; 9; 10; 12; 19; 23; 24; 27; акад. РАН Яковлев С.В. – глава 12; д.т.н., проф. Алексеев Е.В. – главы 13; 15; 16; 17; к.т.н., доц. Алек-

сеев С.Е. – глава 13; 14 (§14.6); к.т.н., доц. Викулина В.Б. – главы 8; 9; к.т.н., доц. Гогина Е.С. – главы 10 (§10.4); 11 (§11.8); 12 (§12.8); 14; к.т.н., проф. Журов В.Н. – глава 11; к.т.н., доц. Ивчатов А.Л. – главы 12 (§12.7); 22; 23; 24; к.т.н., доц. Комаров А.С. – главы 25; 26; 27; д.т.н., доц. Левченко А.П. – глава 26; к.т.н., проф. Орлов В.А. – глава 21; асс. Попков А.Г. – глава 7; к.т.н., проф. Пугачев Е.А. – введение, главы 1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; к.т.н., проф. Саломеев В.П. – главы 10 (§10.4); 12; 14; 19; 20; 23; к.т.н., доц. Трунова Н.А. – глава 8; к.т.н., доц. Федоровская Т.Г. – глава 16; к.т.н., проф. Храменков С.В. – главы 5; 6; 19; к.т.н., доц. Чижик К.И. – глава 7.

МГУП «МОСВОДОКАНАЛ». Инж. Пахомов А.Н. – главы 5; 6; к.т.н. Дайнеко Ф.А. – глава 14; инж. Богомолов М.В. – глава 5 (§5.5), глава 6 (§6.3); инж. Дутченко Т.О. – глава 6 (§6.3); инж. Скрябин В.Ф. – глава 20; инж. Штопоров В.Н. – глава 6 (§6.3).

Иркутский Государственный Технический Университет. к.т.н., доц. Толстой М.Ю. – глава 11 (§11.5).

ОАО НИИ КВОВ. д.т.н. Гюнтер Л.И. – глава 15; д.т.н. Залетова Н.А. – глава 14.

ОАО ЦНИИЭП инж. оборудования. Инж. Сирота М.Н. – главы 18, 19.

ЗАО «Водоснабжение и водоотведение». К.т.н. Баженов В.И. – глава 7.

Рядом организаций и фирм были любезно предоставлены материалы, которые были использованы для подготовки рукописи учебника: ЗАО «Водоснабжение и водоотведение» (ген. директор Березин С.Е.); ООО «Грундфос» (ген. директор Дементьев В.В.) и др.

Авторы выражают глубокую признательность коллективам кафедры «Водоотведение и экология» Санкт-Петербургского Государственного Архитектурно-строительного университета (зав. каф., проф., д.т.н. М.И. Алексеев) и кафедры «Водоснабжения и водоотведения» Вологодского Государственного технического университета (зав. каф., проф., д.т.н. Л.И. Соколов) за замечания и ценные советы, сделанные при рецензировании рукописи учебника.

Настоящее издание учебника посвящается светлой памяти академика РАН Яковлева Сергея Васильевича (1914–2005 гг.), внесшего значимый вклад в решение водохозяйственных проблем страны и подготовку научных кадров.

Любые критические замечания, пожелания и советы будут приниматься с благодарностью и их просим направлять по адресу 129337 Москва, Ярославское шоссе, 26, «Издательство Ассоциации строительных вузов» (комн. 348, КМК).

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим природным феноменом, без которого невозможна биологическая жизнь на Земле, является вода, поэтому во все времена поселения людей и размещение промышленных и сельскохозяйственных объектов реализовались в непосредственной близости от пресных водоемов, используемых для питьевых, культурно-бытовых, гигиенических, сельскохозяйственных и производственных целей.

Возведение цивилизованных городов с древних времен было связано со строительством водных комплексов (терм, бассейнов, фонтанов, прудов, водохранилищ), являющихся проявлением водных искусств древних мастеров. Водные архитектурные комплексы не потеряли своего эстетического и санитарного назначения в современных городах.

В то же время пресная вода в процессе использования человеком превращается в потоки сточных вод, содержащих загрязнения, и практически всегда становится опасной в санитарном отношении как к здоровью людей, так и к благополучному состоянию окружающей природной среды.

Это единство противоположностей обуславливает высокую ответственность социума за рациональное использование водных ресурсов. С развитием инженерного оснащения городов и промышленных объектов возникла необходимость в устройстве организованных способов отведения загрязненных отработавших потоков воды по специальным гидротехническим сооружениям.

В настоящее время значение пресной воды как природного сырья постоянно возрастает и одновременно с этим состав воды поверхностных водоемов и подземных потоков вблизи крупных городов и промышленных объектов характеризуется повышенным содержанием в них как органических веществ органического происхождения, таких как фенолов, нефтепродуктов, хлорорганических соединений, синтетических поверхностно-активных веществ, так и веществ минерального происхождения тяжелых токсичных металлов, радионуклидов и многих других.

Исследования состава сточных вод, поступающих на коммунальные очистные сооружения по городским системам водоотведения, а также отводимых по системам водостоков, показывают тенденцию постоянного увеличения в них содержания биологически стойких органических загрязняющих веществ и токсических минеральных веществ техногенного происхождения.

В зависимости от происхождения сточных вод они могут содержать токсичные вещества и возбудителей различных инфекционных заболеваний. Водохозяйственные системы городов и промышленных предприятий оснащены современными комплексами самотечных и напорных трубопроводов и других специальных сооружений, реализующих отведение, очистку, обезвреживание и использование воды и образующихся осадков. Такие комплексы называются водоотводящей системой. Водоотводящие системы

обеспечивают также отведение и очистку дождевых и талых вод. Строительство водоотводящих систем обуславливалось необходимостью обеспечения нормальных жилищно-бытовых условий населения городов и населенных мест и поддержания хорошего состояния окружающей природной среды.

Системы водоснабжения и водоотведения современных городов являются весьма энергоемкими. Только на перекачку чистых и сточных вод в России ежегодно расходуется до 130 млрд. кВт·ч. Отсюда следует необходимость создания энергосберегающих технологий систем водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадков.

О применении воды для удаления нечистот свидетельствуют археологические раскопки древних поселений Вавилонии, Ассирии, Финикии, Египта, Греции и Рима. Для отведения сточных вод в естественные проточные водоемы или для орошения сельскохозяйственных земель иногда строились крупномасштабные гидротехнические сооружения, выложенные кирпичом с обмазочной гидроизоляцией, обеспечивающие пропуск больших водных потоков. Литературные источники свидетельствуют о существовании каналов для отведения дождевых и бытовых сточных вод в Индии и Китае около 5–6 тыс. лет назад. За несколько тысячелетий до нашей эры в ассирийском Саргонском дворце был построен канал высотой 1,4 м и шириной 1,2 м. Древние греки в Афинах для отведения сточных вод построили канал шириной до 4,2 м. Поражает высокое качество строительных работ. В Древнем Риме в VI в. до н. э. был построен большой, закрытый водоотводящий канал «Клоака Максима». Отдельные части этого канала использовались вплоть до начала XX столетия н.э. Нашествие варваров разрушило завоевания древней цивилизации. Распространилось средневековое презрение к заботам о чистоте тела, что подорвало в общественном сознании значение санитарно-технических сооружений. Антисанитарное состояние средневековых городов способствовало распространению эпидемий чумы, проказы, оспы, тифа во всех странах Западной Европы.

Промышленное развитие и рост городов в Европе в XIX в. привели к интенсивному строительству водоотводящих каналов. Сильным толчком к развитию водоотведения городов стала эпидемия холеры в Англии в 1831 г. В последующие годы в этой стране усилиями парламента были реализованы мероприятия по замене открытых каналов подземными и утверждены нормативы качества сточных вод, сбрасываемых в водоемы, организована биологическая очистка бытовых сточных вод на полях орошения.

Первые водоотводящие сооружения в России были построены в Новгороде в XII веке – бревенчатый канал перекрывался пластинами и берестой. В XIV веке в Москве была проложена водосточная труба от центральной Ивановской площади до р. Москвы. В XV–XVI веках в Москве строилась система из деревянных дренажных труб и каналов из кирпича и камня, уложенных с небольшим уклоном. Вершиной технического прогресса водохозяйственного строительства в Сибири в XVIII веке считается водоснабжение и водоотведение Змеиногорского рудника на Алтае по добыче

золота. Проект этой системы был разработан талантливыми русскими умельцами в 1783–1785 гг. Реализованное к 1787 г. строительство комплексных сооружений, обслуживающих три шахты, рудообогатительную фабрику, кузницу и пильную мельницу, решалось с многократным использованием воды, что является прообразом современного принципа повторно-последовательной технологии водопользования. Суммарный расход воды в системе составлял 17,3 тыс. м³/сут; общая протяженность системы – около 2,5 км.

Технический прогресс в водоснабжении и водоотведении на Алтае базировался на сложных инженерных разработках наших соотечественников. Алтайский горный округ был в то время одним из главных поставщиков золота в царскую казну, вследствие чего на алтайские рудники и заводы направлялись лучшие специалисты, в их числе «водных дел мастера» с Урала и из Центральной России И.И. Ползунов и К.Д. Фролов.

В XVIII веке в Петербурге были построены кирпичные водостоки по набережной р. Невы на Васильевском острове. Вплоть до конца XIX века самым распространенным приемником нечистот были выгребные ямы, это способствовало загрязнению воды питьевых колодцев домовладений. Во избежание засорений водоотводящих трубопроводов применяли грубые фильтры из булыжника.

Развитию московской водоотводящей сети способствовали усилия городского головы Н.А. Алексеева. В 1886 г. для научной общественности городским инженером В.Д. Кастальским был сделан доклад о целесообразности для Москвы отдельной системы водоотведения, а в 1890 г. разработан проект первой очереди московской канализации, обслуживающей 1,5 млн жителей с удельной нормой водоотведения 85 л/(чел.сут) на расход 84 тыс. м³/сут бытовых и 72 тыс. м³/сут фабричных вод с очисткой в основном бытовых вод в объеме примерно 25%.

В 1898 г. в Москве введена в эксплуатацию первая водоотводящая система, включавшая самотечные и напорные водоотводящие сети, насосную станцию и Люблинские поля орошения. Она стала родоначальницей самой крупной в Европе московской системы водоотведения и очистки сточных вод.

Используя европейский опыт, в США к началу XX века было канализовано около 1000 городов. Большинство систем водоотведения обеспечивало отведение сточных вод по подземным самотечным трубопроводам и сброс неочищенных стоков в водоемы.

Комплексное развитие систем водоотведения с очистными сооружениями началось после установленных норм очистки сточных вод при выпуске их в реку, разработанных в Англии в 1876 г. Достижения науки и техники способствовали повышению степени благоустройства городов до уровня современной цивилизации.

Особое значение имеет развитие современной системы водоотведения бытовых и производственных сточных вод, обеспечивающих высокую степень защиты окружающей природной среды от загрязнений. Наиболее су-

шественные результаты получены при разработке новых технологических решений в вопросах эффективного использования воды систем водоотведения и очистки производственных сточных вод.

Предпосылками для успешного решения этих задач при строительстве водоотводящих систем являются разработки, выполняемые высококвалифицированными специалистами, использующими новейшие достижения науки и техники в области строительства и реконструкции водоотводящих сетей и очистных сооружений.

В настоящем, пятом издании освещены новейшие достижения науки и техники используемые для решения важнейшей проблемы охраны окружающей природной среды от деградации путем достижения конечной технологической цели – рационального водопользования и максимально возможной утилизации ценных веществ, содержащихся в сточных водах.

РАЗДЕЛ I

СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

1.1. СТОЧНЫЕ ВОДЫ И ИХ КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Условия водоотведения, технология очистки воды и обработки осадков постоянно усложняются. Связано это с тем, что вода используется во всех производственных и бытовых процессах. Появляются новые синтезированные материалы, а вода, являясь универсальным диспергатором, растворителем и экстрагентом, вбирает в себя все.

Поэтому сточные воды можно характеризовать как гетерогенную смесь воды и твердых примесей минерального и органического происхождения, находящихся в диспергированном или растворенном состоянии.

Следует отметить, что процесс ассимиляции водой загрязнений идет без особых энергетических затрат и поэтому в воде обнаруживаются все элементы окружающей среды, и напротив, выделение отдельных компонентов загрязнений требует значительных энергозатрат.

Сточные воды – это пресные воды, изменившие после использования в бытовой и производственной деятельности человека свои физико-химические свойства и требующие отведения.

По происхождению сточные воды могут быть классифицированы на следующие: бытовые, производственные и атмосферные.

Бытовые сточные воды образуются в жилых, административных и коммунальных (бани, прачечные и др.) зданиях, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. Это сточные воды, которые поступают в водоотводящую сеть от санитарных приборов (умывальников, раковин или моек; ванн, унитазов и трапов – напольных приборов с решетками). Особенности образования этих сточных вод хорошо известны.

Производственные сточные воды образуются в процессе производства различных товаров, изделий, продуктов, материалов и пр. К ним относятся отработавшие технологические растворы, маточники, кубовые остатки, технологические и промывные воды, воды барометрических конденсаторов, вакуум-насосов и охлаждающих систем; шахтные и карьерные воды; воды химводоочистки, воды от мытья оборудования и производственных помещений, охлаждения газообразных отходов, очистки твердых отходов и их транспортировки.

Атмосферные сточные воды образуются в процессе выпадения дождей и таяния снега как на жилой территории населенных пунктов, так и территории промышленных предприятий, АЗС и др. Часто эти воды называют дождевыми или ливневыми, вследствие того, что в большинстве слу-

чаев максимальные (расчетные) расходы образуются в результате выпадения ливней (дождей).

Достаточно широко используется понятие «городские сточные воды». Под ним понимается смесь бытовых и производственных сточных вод. В реальных условиях в чистом виде бытовых вод практически не бывает. В сточных водах, поступающих от городов, всегда содержатся компоненты загрязнений, характерные для производственных сточных вод (нефтепродукты, кислоты, щелочи, соли, красители, ПАВ и др.). При решении задач отвода и очистки городских сточных вод это необходимо учитывать.

Все указанные выше сточные воды требуют обязательной очистки при их отведении в открытые водоемы, так как в них содержатся различные загрязняющие вещества в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые.

Различная степень загрязнения сточных вод и природа их образования выдвигают при проектировании важную задачу совместного или раздельного отведения отдельных видов сточных вод, совместной или раздельной их очистки.

Основными характеристиками сточных вод являются: количество сточных вод, характеризующееся расходом, измеряемым в л/с или м³/с, м³/ч, м³/смену, м³/сут и т.д.; виды (компоненты) загрязнений и содержание их в сточных водах, характеризующееся концентрацией загрязнений, измеряемое в мг/л или г/м³. Важной характеристикой сточных вод является степень равномерности (или неравномерности) их образования и поступления в водоотводящие системы. Обычно она определяется неравномерностью поступления сточных вод по часам суток в году. Эти характеристики учитываются при проектировании водоотводящих систем.

В бытовых сточных водах содержатся загрязнения минерального и органического происхождения. Те и другие находятся в нерастворенном, растворенном и коллоидном состояниях. Часть нерастворенных загрязнений, задерживаемых при анализах на бумажных фильтрах, называют взвешенными веществами. Наибольшую санитарную опасность представляют загрязнения органического происхождения. В бытовых сточных водах взвешенных веществ органического происхождения содержится в среднем 100–300 мг/л. Содержание органических загрязнений, находящихся в растворенном состоянии, оценивается значениями биохимической потребности в кислороде (БПК) и химической потребности в кислороде (ХПК). Бытовые сточные воды имеют БПК = 100...400 мг, а ХПК = 150...600 мг/л, и их можно оценить как весьма загрязненные. При хранении они способны загнивать через 12–24 ч (при $t = 20^{\circ}\text{C}$).

В городах расход бытовых вод с 1 га площади кварталов обычно равен 0,3–2 л/с (удельный расход) или 10 000–60 000 м³/год. В водоотводящую сеть они поступают сравнительно неравномерно и по часам суток, и по суткам в году. В дневное время расход больше, чем в ночное, расходы по часам суток могут изменяться в 2–5 раз.

В течение года в отдельные сутки расходы бытовых вод изменяются незначительно, лишь в 1,1–1,2 раза.

Производственные сточные воды различных отраслей промышленности существенно отличаются как по составу загрязняющих веществ, так и по их концентрации. Для примера ниже приведены характеристики сточных вод некоторых отраслей промышленности.

В сточных водах заводов черной металлургии по отдельным цехам содержится: взвешенных неорганических веществ 0,2–5 г/л; окислы 0,3–2 г/л; фенола 0,7–1 г/л, смол и масел 0,2–1,8 г/л.

В сточных водах целлюлозно-бумажных заводов взвешенных веществ содержится 400–2000 мг/л. Это преимущественно древесное волокно и целлюлоза. БПК сточных вод составляет 100–200 мг/л для общего стока сульфатных заводов и 0,8–2 г/л сульфитных.

В сточных водах текстильных предприятий содержится: взвешенных веществ 250–400 мг/л, моющих средств 50–120 мг/л, БПК их достигает 300–350 мг/л.

В сточных водах предприятий тяжелой индустрии содержатся в основном загрязнения минерального происхождения, а пищевой и легкой промышленности – загрязнения органического происхождения.

В дождевых водах содержится значительное количество нерастворенных минеральных примесей, а также загрязнения органического происхождения. БПК дождевых вод достигает 50–60 мг/л. Исследованиями установлено, что дождевые воды могут являться источниками загрязнения водоемов. Расход дождевых вод с 1 га площади территории города достигает 150 л/с (1 раз в год) и 300 л/с (1 раз в 10 лет). Это в 50–300 раз больше расхода бытовых вод. В то же время общий расход дождевых вод за год составляет 1500–2000 м³ с 1 га, т.е. в 5–30 раз меньше расхода бытовых вод. Образование (выпадение) дождевых вод происходит весьма неравномерно. Их расход изменяется от нуля (в сухую погоду) до максимального значения 300 л/с (в период выпадения интенсивных ливней).

Все указанные выше сточные воды требуют обязательной очистки при их отведении в открытые водоемы, так как в них содержатся различные загрязняющие вещества в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые.

Различная степень загрязнения сточных вод и природа их образования выдвигают при проектировании важную задачу совместного или раздельного отведения отдельных видов сточных вод, совместной или раздельной их очистки.

Подробно состав и свойства сточных вод рассмотрены ниже – в главе 8 раздела IV.

Физическая модель сточных вод представляет собой двухфазную систему «жидкое – твердое», и любая технология очистки вод заключается в извлечении твердой фазы. Законы термодинамики указывают на то, что вода легко загрязняется и этот процесс идет без значительных энергозатрат. Напротив, процессы очистки воды реализуются с использованием различ-

ных сложных процессов с заметными удельными энергозатратами. Система «жидкое – твердое» характеризуется энтропией, которая выражает скрытую энергию, необходимую для очистки сточных вод. Чем выше концентрация загрязнений и чем больше разнородность состава, тем выше энтропия и больше энергетические затраты на очистку воды.

Разнородность состава загрязнений сточных вод и действующие явления диссипации при изменении энергетического состояния системы способствуют тому, что стопроцентная очистка сточных вод невозможна, и поэтому она регламентируется значениями предельно допустимых концентраций (ПДК).

В настоящее время для обработки воды и осадков используют многочисленные аппараты и сооружения, действие которых основано на принципах механического разделения воды от загрязнений (осветления), биологического и химического действия (биологическое и химическое окисление). Самое широкое распространение при очистке различных сточных вод получили аппараты-разделители: решетки, песколовки, отстойники, гидроциклоны, центрифуги, фильтры различных конструкций и многие другие, от действия которых и реализуется, например, снижение концентрации лимитирующих загрязняющих веществ (ЛЗВ) до значения ПДК.

Основная технологическая задача, особенно на первой стадии – механической очистки, – это разделение жидкой среды от твердой. Причем жидкие среды и твердые компоненты загрязнений могут образовывать двухкомпонентную смесь (жидкое – твердое) или смесь более двух компонентов (жидкое – твердое – твердое). Выбор системы водоотведения, типа очистных сооружений и оптимального режима их работы определяется правильным выбором конструкции и технологических параметров процесса, выражаемых объективной оценкой эффективности аппарата, сооружения и технологической схемы очистки в целом.

В специальной литературе отмечается, что усложнение состава сточных вод на этапе формирования неизбежно приводит к увеличению факторов устойчивости аквасистемы и, следовательно, усложнению технологии очистки воды, то есть к увеличению числа процессов и этапов обработки воды. Важно учитывать не только сложность самой технологической схемы, например, очистки воды или обработки осадков, но и удельные энергозатраты на единицу объема обрабатываемой воды или единицу снятых загрязнений.

1.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВОДООТВОДЯЩИХ СИСТЕМ

Схемы водоотведения населенных пунктов разрабатываются на генплане городов в масштабе 1:5000–1:20000 с горизонталями через 1–2 м с указанием кварталов и проездов, схемы водоотведения промышленных предприятий – на генплане в масштабе 1:1000–1:5000 с горизонталями через 0,5–1 м. Система водоотведения состоит из следующих основных элементов:

- внутренних водоотводящих сетей в зданиях, оснащенных санитарно-техническим оборудованием;
- внутриквартальных водоотводящих сетей;
- наружной водоотводящей сети;
- аварийно-регулирующих резервуаров;
- специальных сооружений;
- насосных станций и напорных трубопроводов;
- станций очистки сточных вод;
- выпусков аварийных неочищенных потоков сточных вод.

На *рис. 1.1* показана схема внутренней водоотводящей сети жилого дома. Она состоит из приемников сточных вод (санитарных приборов) внутренней водоотводящей сети, которая включает водоотводящие линии, стояки и выпуски из здания.

Трубопроводы отводных линий прокладываются с уклоном к стоякам для обеспечения самотечного отвода воды. Трубопроводы стояков прокладываются вертикально; верхняя их часть возвышается над неэксплуатируемой кровлей на 0,3 м; над скатной кровлей – на 0,5 м; над эксплуатируемой кровлей – на 3 м. Выпуски – это участки трубопроводов от стояков до смотровых колодцев на внутриквартальной водоотводящей сети. Они, как и отводные линии, прокладываются с уклонами.

Внутренняя водоотводящая сеть трубопроводов рассчитывается на частичное заполнение труб водой даже при наибольших (расчетных) расходах сточных вод.

Она одновременно служит для вентиляции всей внешней водоотводящей сети. При нормальных условиях работы через стояки осуществляется вытяжка газов. Для исключения попадания газов в помещения под санитарными приборами устанавливаются сифоны (гидравлические затворы). Они обычно представляют собой петлеобразные трубки, в которых постоянно задерживается водяной столб высотой 8–10 см. Иногда сифоны являются составной частью санитарных приборов. Для проверки и прочистки труб на сети устанавливаются специальные детали – ревизии и прочистки. Каждое здание имеет по несколько стояков, которые обслуживают санитарные приборы, группирующиеся на каждом этаже здания.

Для отвода производственных сточных вод из здания также создается внутренняя водоотводящая сеть трубопроводов. Для отвода сравнительно больших расходов устраивают сеть подпольных лотков (на первом этаже).

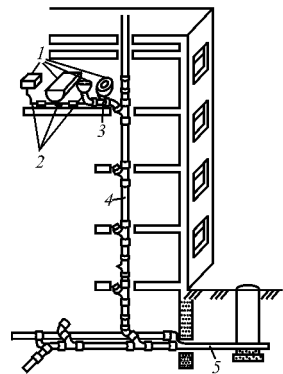


Рис. 1.1. Схема внутренней водоотводящей системы жилого дома:

- 1 – санитарные приборы; 2 – сифоны; 3 – отводные линии; 4 – стояк; 5 – выпуск

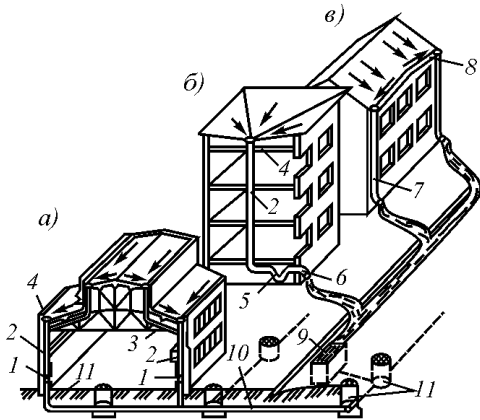


Рис. 1.2. Схемы внутренних водостоков:

a – промышленного здания; *б* – жилого дома с плоской крышей; *в* – то же, со скатной крышей; 1 – устройство для прочистки; 2 – стояк; 3 – отводные трубы; 4 – водосточные воронки; 5 – гидрозатворы; 6 – открытый выпуск; 7 – водосточные трубы; 8 – желоб; 9 – дождеприемники; 10 – закрытый выпуск; 11 – смотровые колодцы

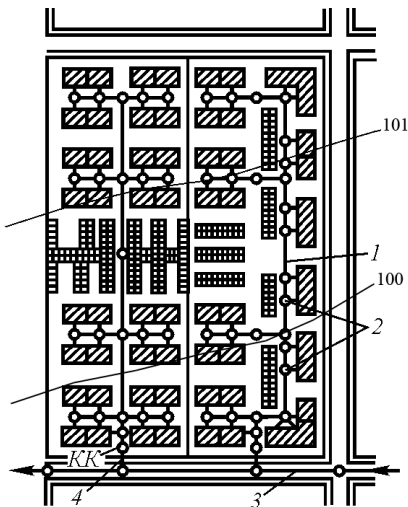


Рис. 1.3. Схема трассировки внутриквартальной водоотводящей сети:

1 – трубопровод внутриквартальной сети; 2 – смотровые колодцы; 3 – уличная сеть; 4 – соединительная ветка; *KK* – контрольный колодец

На *рис. 1.2* показаны схемы внутренней водосточной сети (внутренних водостоков), предназначенной для приема и отвода дождевых вод. Крыши зданий выполняются с учетом необходимости сбора и отвода воды к местам приемки ее в водосточную сеть. Если крыши имеют сложную конфигурацию (*рис. 1.2, а*) или они плоские (*рис. 1.2, б*), то сеть трубопроводов выполняется внутри зданий.

Вода во внутреннюю сеть принимается через водосточные воронки, устанавливаемые на крышах. Отвод воды из зданий может производиться либо непосредственно во внутриквартальную водоотводящую сеть, либо на поверхность земли. В последнем случае вода с крыш вместе с дождевой водой с незастроенной части квартала должна стекать в лотки проездов, а затем в специальные дождеприемники, связанные с внутриквартальной водоотводящей сетью. При невысоких зданиях и скатных крышах дождевая вода с крыш отводится водосточными трубами, а затем лотками проездов в дождеприемники (*рис. 1.2, в*).

Внутриквартальная водоотводящая сеть представляет собой систему подземных трубопроводов (*рис. 1.3*). Трассировка ее производится около зданий между

смотровыми колодцами по концам выпусков из зданий в направлении, совпадающем с уклоном поверхности земли. Соединение ее с внешней (уличной) сетью производится участками труб, называемыми соединительными ветками. Внутриквартальная сеть трубопроводов рассчитывается на самотечное (безнапорное) движение жидкости с частичным заполнением труб.

На участке от внутриквартальной до уличной сети в пределах квартала на расстоянии 1–1,5 м от красной линии (границы квартала) располагается контрольный колодец (КК), который служит для контроля за работой внутриквартальной сети и правильностью использования сетей водоотведения специальными организациями, эксплуатирующими внешние водоотводящие сети и очистные сооружения.

Аналогичные сети создаются на предприятиях. Они называются внутриваровскими (внутриплощадочными).

Внешняя (наружная) водоотводящая сеть, называемая иногда уличной, представляет собой систему подземных трубопроводов, уложенных с уклоном в направлении движения воды. Она рассчитывается на самотечное (безнапорное) движение жидкости с частичным или полным заполнением труб при расчетных условиях (наибольших расходах). В целях уменьшения глубины заложения трубопроводы должны трассироваться в направлении, совпадающем с уклоном поверхности земли.

При составлении схемы водоотводящей сети обслуживаемый объект разбивается на бассейны водоотведения (*рис. 1.4, 1.5*). Бассейн водоотведения – часть территории обслуживаемого объекта, ограниченная линиями водоразделов и границами объекта. Внешняя водоотводящая сеть может быть разделена на уличную сеть, коллекторы бассейнов водоотведения и главные коллекторы. Уличная сеть – это трубопроводы, проложенные по части периметра квартала (с нижней стороны по рельефу) или по всему его периметру. К ней присоединяются внутриквартальные сети.

Коллекторы бассейнов водоотведения – трубопроводы, предназначенные для приема и отвода воды от части или целого бассейна водоотведения.

Главные коллекторы – трубопроводы, предназначенные для приема и отвода воды от части или всего обслуживаемого объекта. Главными коллекторами вода транспортируется к насосным станциям или очистным сооружениям.

Для осмотра трубопроводов, выполнения профилактических и ремонтных работ на водоотводящей сети предусматриваются смотровые колодцы и камеры. В местах пересечения самотечных трубопроводов с естественными препятствиями (реками, оврагами) и подземными сооружениями строятся штольни или эстакады (мосты). Иногда пересечения выполняются в виде дюкера. Для приема в водоотводящую сеть дождевых вод строятся дождеприемники, конструкция которых аналогична конструкции смотровых колодцев, но сверху они завершаются приемной решеткой. По схемам, показанным на *рис. 1.4, 1.5*, обслуживаемый объект имеет водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных вод всех видов: бытовых, про-

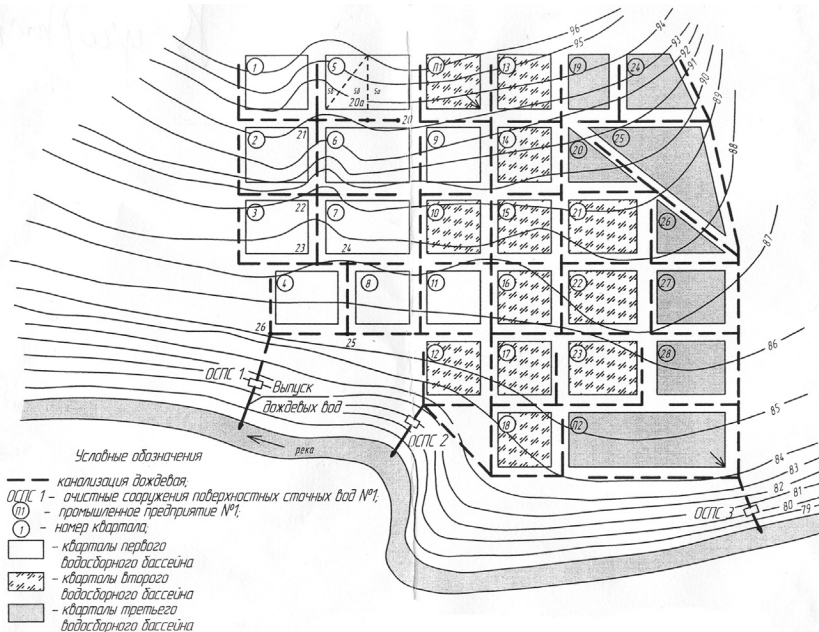


Рис. 1.5. Схема водоотводящей сети поверхностных сточных вод населенного пункта

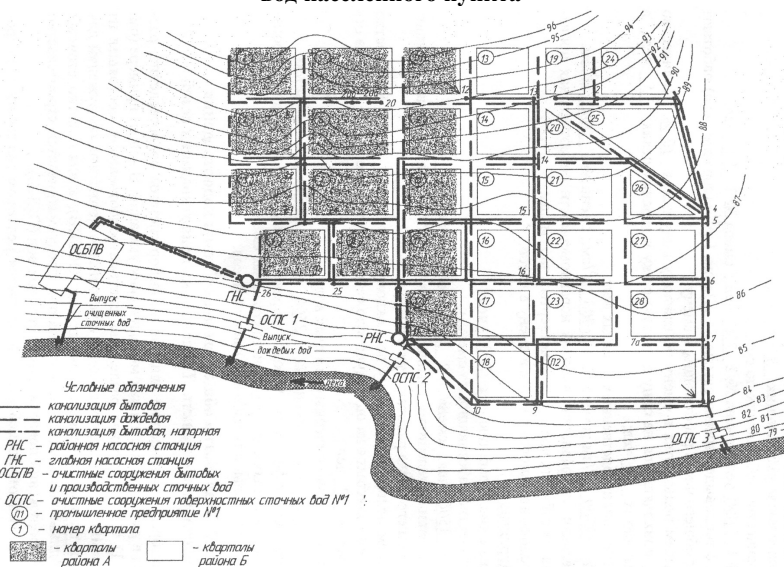


Рис. 1.6. Общая схема системы водоотведения населенного пункта

Районные насосные станции применяют для перекачки стоков от части или целого бассейна водоотведения.

Главные насосные станции перекачивают стоки на станцию очистки сточных вод части или всего обслуживаемого объекта. Для повышения надежности работы сооружений водоотведения напорные трубопроводы выполняют в две линии.

Очистная станция представляет собой комплекс сооружений для очистки сточных вод и обработки осадков. Удаление загрязнений из сточных вод достигается с помощью механических (на решетках, песколовках, первичных отстойниках), биохимических (на аэротенках или биофильтрах и вторичных отстойниках) и физико-химических процессов очистки воды. Заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом в открытый водоем обычно является обеззараживание. При проектировании сооружений станции очистки сточных вод предусматривается самотечное движение воды.

Сооружения водоотведения, располагаемые за пределами промышленного предприятия, называются внеплощадочными. Все элементы водоотведения взаимосвязаны в работе. Поэтому проектирование и развитие сооружений реализуется с учетом необходимой степени надежности, что требует разработки специальных мероприятий в технологии водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадков.

1.3. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ГОРОДОВ

Система водоотведения – это технологический прием объединения или разъединения потоков сточных вод различного происхождения. В мировом историческом опыте строительства водоотводящих систем просматриваются различные тенденции их развития.

Общесплавная система водоотведения имеет единую водоотводящую сеть трубопроводов и каналов для отведения сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых.

Исторически эта наиболее ранняя система возникла в разных странах. Общесплавная система водоотведения обеспечивает удовлетворительное санитарное состояние селитебной и промышленной зоны обслуживаемых объектов. Однако при устройстве этой системы отмечаются нарушение биологического равновесия в водоеме, являющемся приемником смеси сточных вод, значительные колебания расходов сточных вод и концентрации загрязнений. Такой нестабильный поток воды не способствует достижению стабильного высокого качества очищенного стока, усложняет условия эксплуатации трубопроводов, насосных станций и очистных сооружений.

Полная раздельная система водоотведения имеет несколько водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отведения сточных вод определенного вида.

Она имеет сети для отвода бытовых вод от города и промышленных предприятий (бытовая сеть), производственных вод (производственная сеть) и дождевых вод (водостоки или дождевая сеть) (рис. 1.6).

Схемы полной раздельной городской системы водоотведения представлены на *рис. 1.7.*

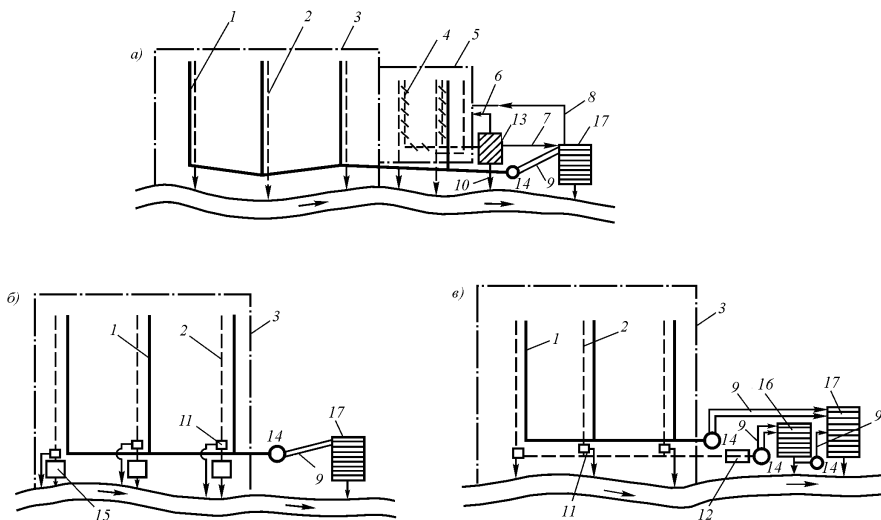


Рис. 1.7. Схемы полной раздельной системы водоотведения:

а – без очистки поверхностного стока; *б* и *в* – с очисткой поверхностного стока соответственно на локальных и на централизованных очистных сооружениях.

1 – бытовая сеть; 2 – ливневая сеть; 3 – граница города; 4 – производственная сеть; 5 – граница промышленного предприятия; 6 – возврат воды на производство после очистки; 7 – подача воды для доочистки на очистные сооружения города; 8 – подача очищенных вод на промышленное предприятие; 9 – напорные трубопроводы; 10 – выпуск очищенных производственных сточных вод в водоем; 11 – разделительные камеры; 12 – регулирующий резервуар; 13 – очистные сооружения промышленного предприятия; 14 – насосные станции; 15 – локальные очистные сооружения поверхностного стока; 16 – централизованные очистные сооружения поверхностного стока; 17 – очистные сооружения бытовых и производственных сточных вод

В последние годы значительно повысились требования к охране водоемов от загрязнений. Обеспечить такие требования без рационального использования и очистки производственных и поверхностных стоков (дождевых вод) невозможно (*рис. 1.7, а*).

При разработке системы водоотведения городов и промышленных предприятий необходимо учитывать:

- возможность сокращения объемов загрязненных сточных вод за счет устройства замкнутых систем;
- возможность последовательного использования воды в различных технологических процессах с нормативными требованиями к ее качеству;

- необходимость очистки наиболее загрязненной части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий в количестве 70% годового стока для жилых территорий и всего объема стока для площадок предприятий, имеющих выбросы токсичных органических веществ.

При полной раздельной системе водоотведения очистка поверхностного стока может быть реализована дифференцированно с созданием локальных очистных сооружений на дождевые сети (рис. 1.7, б) или созданием централизованных очистных сооружений за пределами обслуживаемого объекта (рис. 1.7, в).

Разделение и отведение на очистные сооружения наиболее загрязненных 70% годового стока обеспечиваются разделительными камерами.

Неполная раздельная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть, состоящую из подземных трубопроводов и каналов, предназначенную для отведения смеси бытовых и производственных сточных вод на городские очистные сооружения. По этой производственно-бытовой сети отводится смесь, называемая городскими сточными водами. Отведение и сброс дождевых вод без очистки в водоем производится по открытым лоткам, кюветам и канавам. Обычно эта система применяется для небольших объектов и при дальнейшем улучшении благоустройства населенных мест развивается в полную раздельную систему водоотведения.

Полураздельная система водоотведения имеет две водоотводящие сети – производственно-бытовую и дождевую (рис. 1.8), в местах пересечения этих сетей устраиваются разделительные камеры. При малых расходах воды в дождевой сети камеры перепускают весь расход дождевых вод в главный общесплавной коллектор производственно-бытовой сети. При больших

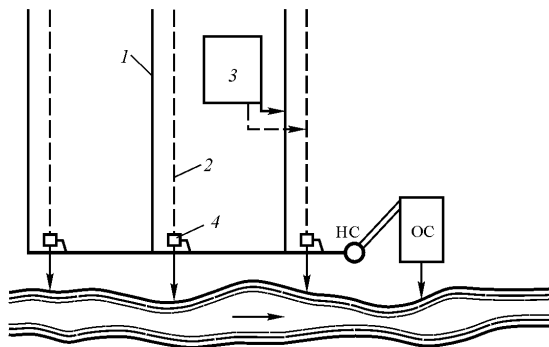


Рис. 1.8. Схема полураздельной системы водоотведения:

1 – производственно-бытовая сеть; 2 – ливневая сеть; 3 – промышленное предприятие; 4 – разделительные камеры

расходах камеры перепускают в производственно-бытовую сеть наиболее загрязненную часть воды, протекающей по трубам в нижней части. Таким

образом, на очистку направляются наиболее загрязненные дождевые воды, образующиеся в начальный период дождя, и донные слои воды, имеющие наиболее высокие концентрации загрязнений. При больших расходах воды в дождевой сети менее загрязненные дождевые воды отводятся в водоем без очистки.

Комбинированная система водоотведения обычно возникает исторически, в результате разной технической политики, реализуемой на различных этапах развития степени благоустройства города. При этом часть обслуживаемого объекта имеет общесплавную систему, а часть – полную раздельную. В силу происхождения комбинированные системы водоотведения занимают по санитарно-технической эффективности промежуточное положение.

1.4. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Наиболее сложными являются водоотведение и очистка гетерогенных стоков промышленных предприятий, так как их состав и свойства зависят от специфики водных многообразных технологических производственных процессов.

Для таких специфических потоков сточных вод выполняют отдельные водоотводящие сети и для них предусматривают специальные очистные сооружения. Например, для кожзаводов и меховых производств устраивают десятки отдельных водоотводящих сетей и специальных очистных установок.

Производственные сточные воды органогенного происхождения могут отводиться по бытовой сети без ограничений при соблюдении правил сброса их в общую городскую водоотводящую сеть. Так может быть решено водоотведение от молокозаводов, хлебозаводов и других аналогичных производств, при этом в необходимых случаях применяют частичную их очистку на заводских очистных сооружениях.

Специфические производственные стоки неорганогенного происхождения требуют специфической технологии водоотведения, определенной степени очистки и повторно-оборотного использования или полной глубокой очистки с последующим сбросом в водоем.

Несмотря на необходимость решения новых сложных технологических задач по повторно-оборотному использованию очищенных производственных сточных вод, такое направление оправдывается высоким экологическим эффектом и в ряде случаев простотой технологии обработки воды и сокращением энергозатрат.

При выборе системы водоотведения необходимо учитывать следующие возможности:

- совместной и раздельной очистки отдельных видов (от отдельных цехов) сточных вод;
- извлечения и использования ценных веществ, содержащихся в сточных водах;

- повторного использования производственных сточных вод без очистки или после частичной очистки в системе оборотного водоснабжения или для технических нужд другого цеха или производства;
- использования для производственных целей очищенных бытовых и дождевых вод;
- использования производственных вод для орошения сельскохозяйственных и технических культур.

Кроме того, необходимо учитывать мощность водоема, в который предполагается сброс очищенных сточных вод, количество воды в нем, вид водопользования и его самоочищающую способность.

Общесплавную систему водоотведения целесообразно применять для небольших промышленных предприятий (с малым расходом воды), если производственные сточные воды близки по составу к бытовым сточным водам и возможно попадание в дождевые воды загрязнений, характерных для производственных вод. *Общесплавная система водоотведения* имеет одну водоотводящую сеть и ее целесообразно применять при небольших расходах сточных вод и близким по составу к бытовым сточным водам (рис. 1.9, а). Производственные воды от всех цехов совместно с бытовыми и дождевыми водами по этой сети отводятся на единые очистные сооружения.

Раздельные системы водоотведения могут быть различными. Особенности их зависят от вида сточных вод, образующихся на предприятии.

Раздельные системы водоотведения могут иметь несколько водоотводящих сетей для отвода производственных сточных вод от отдельных цехов. Такие сети называются *производственными*. Их наименование дополняется словом, характеризующим основное загрязнение воды (например, производственные кислотосодержащие; производственные нефтесодержащие и т.д.). Бытовые и дождевые воды также отводятся по самостоятельным сетям, называемым *бытовая сеть* и *дождевая сеть*. При этом возможен совместный отвод нескольких видов сточных вод. Производственные сточные воды всего промышленного предприятия или отдельного цеха совместно с бытовыми водами отводятся *производственно-бытовой сетью*. Сеть, предназначенная для совместного отвода производственных и дождевых вод, называется *производственно-дождевой*.

Раздельную систему водоотведения с локальными очистными сооружениями (рис. 1.9, б) целесообразно применять при различном характере загрязнений бытовых и производственных вод. В сточных водах отдельных цехов могут содержаться специфические загрязнения. Для очистки воды от них целесообразно устройство *локальных очистных сооружений*. Например, в сточных водах фабрик первичной обработки шерсти содержится много жира и волокна, которые обычно удаляются на локальных очистных сооружениях и утилизируются. Последующая очистка этих сточных вод может производиться с очисткой общего стока фабрик.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ I. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ	
Глава 1. Общие сведения о системах водоотведения	9
1.1. Сточные воды и их краткая характеристика.....	9
1.2. Основные элементы водоотводящих систем.....	12
1.3. Системы водоотведения городов.....	18
1.4. Системы водоотведения промышленных предприятий....	21
1.5. Социальные аспекты водопользования	25
1.6. Охрана поверхностных и подземных вод от загрязнения сточными водами.....	28
Глава 2. Гидравлический расчет водоотводящих сетей	30
2.1. Трубопроводы и каналы.....	30
2.2. Особенности движения жидкости в водоотводящих сетях	32
2.3. Гидравлический расчет самотечных трубопроводов.....	33
2.4. Гидравлический расчет напорных трубопроводов.....	40
РАЗДЕЛ II. ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ	
Глава 3. Водоотводящая сеть населенных пунктов	42
3.1. Схемы водоотводящих сетей	42
3.2. Расчет и проектирование водоотводящих сетей.....	46
3.3. Конструирование водоотводящих сетей	67
Глава 4. Водоотводящие сети промышленных предприятий	71
4.1. Схемы водоотводящих сетей.....	71
4.2. Расчет и проектирование водоотводящих сетей	72
4.3. Конструирование водоотводящих сетей	73
Глава 5. Водоотводящие сети атмосферных осадков (водостоки)	78
5.1. Формирование стока на городских территориях	78
5.2. Схемы водоотводящих сетей	85
5.3. Расчет и проектирование водоотводящих сетей.....	86
5.4. Очистные сооружения на водосточных сетях.....	89
5.5. Использование водоотводящих сетей для удаления снега....	93
5.6. Особенности конструирования водосточных сетей.....	98
Глава 6. Устройство водоотводящих сетей	101
6.1. Трубопроводы.....	101
6.2. Колодцы и камеры.....	111
6.3. Дюкеры.....	118
6.4. Методы прокладки и реконструкции водоотводящих сетей.....	127

РАЗДЕЛ III. ПЕРЕКАЧКА СТОЧНЫХ ВОД

Глава 7. Насосные станции	136
7.1. Оборудование насосных станций	136
7.2. Расчет и проектирование насосных станций и напорных водоводов	155
7.3. Аварийно-регулирующие резервуары	163
7.4. Конструирование насосных станций	168
7.5. Шнековые насосные станции	179

РАЗДЕЛ IV. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Глава 8. Состав и свойства сточных вод	181
8.1. Формирование состава сточных вод	181
8.2. Санитарно-химические показатели загрязнения сточных вод	186
8.3. Влияние сточных вод на водоем	193
8.4. Условия сброса сточных вод в городскую водоотводящую сеть	195
8.5. Условия сброса сточных вод в водоем	196
8.6. Определение необходимой степени очистки сточных вод	200
8.7. Мониторинг состояния водных объектов	205
Глава 9. Общие технологические схемы очистки сточных вод	210
9.1. Анализ санитарно-химических показателей состава сточных вод	210
9.2. Методы очистки сточных вод и обработки осадков	215
9.3. Разработка и обоснование технологических схем очистки сточных вод	216
9.4. Технологические схемы очистки сточных вод	218
Глава 10. Сооружения механической очистки сточных вод	225
10.1. Решетки	225
10.2. Песколовки	235
10.3. Отстойники	257
10.4. Вспомогательные устройства на очистных сооружениях	269
Глава 11. Биологическая очистка сточных вод в аэрационных сооружениях	277
11.1. Основы методов биологической очистки сточных вод в аэротенках	277
11.2. Принципы очистки сточных вод в аэротенках и основные характеристики активного ила	281
11.3. Технологические схемы очистки сточных вод в аэротенках	290
11.4. Конструкции аэротенков	302
11.5. Системы аэрации иловых смесей в аэрационных сооружениях	318

11.6. Принципы расчета аэрационных сооружений и систем аэрации	330
11.7. Основные направления интенсификации работы аэрационных сооружений.....	334
11.8. Вторичные отстойники.....	339
Глава 12. Сооружения биологической очистки сточных вод методом биофильтрации.....	346
12.1. Теоретические основы метода биофильтрации	346
12.2. Классификация биофильтров.....	348
12.3. Технологические схемы работы биофильтров.....	354
12.4. Системы распределения сточных вод по поверхности биофильтров.....	356
12.5. Системы вентиляции биофильтров.....	360
12.6. Расчет и проектирование биофильтров	362
12.7. Конструирование биофильтров	371
12.8. Вторичные отстойники.....	380
12.9. Комбинированные сооружения биологической очистки сточных вод	381
12.10. Методы интенсификации и модернизации работы биофильтров.....	391
Глава 13. Сооружения физико-химической очистки сточных вод	394
13.1. Область применения сооружений физико-химической очистки сточных вод.....	394
13.2. Очистка сточных вод флотацией.....	396
13.3. Очистка сточных вод коагулированием.....	407
13.4. Сорбционная очистка сточных вод.....	413
13.5. Очистка сточных вод озонированием	422
13.6. Конструирование сооружений физико-химической очистки сточных вод	430
Глава 14. Глубокая очистка и обеззараживание сточных вод	433
14.1. Теоретические основы методов глубокой очистки и обеззараживания сточных вод.....	433
14.2. Методы глубокой очистки сточных вод от органических загрязнений и взвешенных веществ.....	438
14.3. Методы глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов	447
14.4. Методы удаления из сточных вод отдельных компонентов	455
14.5. Методы обеззараживания сточных вод.....	460
14.6. насыщение очищенной сточной воды кислородом.....	472
14.7. Выпуск очищенных сточных вод в водоем	473

РАЗДЕЛ V. ОБРАБОТКА, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Глава 15. Процессы и сооружения для уплотнения, стабилизации и обеззараживания осадков сточных вод	475
15.1. Формирование и показатели осадков сточных вод	475
15.2. Уплотнение илов и осадков сточных вод	484
15.3. Стабилизация осадков сточных вод и активного ила в анаэробных и аэробных условия	492
15.4. Реагентная и биотермическая стабилизация осадков сточных вод.....	514
15.5. Обеззараживание осадков сточных вод.....	521
Глава 16. Процессы и сооружения для обезвоживания осадков сточных вод	527
16.1. Песковые площадки	527
16.2. Иловые площадки и иловые пруды	527
16.3. Механическое обезвоживание осадков сточных вод.....	540
16.4. Термическая сушка осадков сточных вод	570
16.5. Сжигание осадков сточных вод	574
Глава 17. Утилизация осадков сточных вод.....	578
17.1. Утилизация осадков бытовых сточных вод	578
17.2. Депонирование осадков сточных вод	583

РАЗДЕЛ VI. ОБЩИЕ КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ СООРУЖЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКЕ ОСАДКОВ

Глава 18. Проектирование водоотводящих систем и сооружений	588
18.1. Базовое законодательство	588
18.2. Подготовка строительства	593
18.3. Инженерные изыскания	593
18.4. Проектные работы	595
18.5. Проектирование водоотводящих сетей и комплексов очистных сооружений	598
Глава 19. Общие схемы комплексов очистных сооружений.....	602
19.1. Основные принципы общих компоновочных решений очистных сооружений	602
19.2. Примеры очистных сооружений крупнейших городов....	606
19.3. Примеры очистных сооружений крупных городов	618
19.4. Примеры очистных сооружений средних городов	625
19.5. Примеры очистных сооружений малых городов и поселков городского типа.....	630

Глава 20. Автоматизация, диспетчеризация и контроль работы водоотводящих систем	634
20.1. Задачи автоматизации водоотводящих систем	634
20.2. Автоматизация и контроль работы водоотводящих сетей, насосных станций и очистных сооружений	635
20.3. Структура систем автоматического управления	637
20.4. Диспетчерское управление	640
Глава 21. Обеспечение надежной работы водоотводящих систем	646
21.1. Теоретические основы надежной работы водоотводящих систем	646
21.2. Обеспечение надежной работы самотечной водоотводящей сети	648
21.3. Обеспечение надежной работы напорных водоводов и насосных станций	655
21.4. Обеспечение надежности работы комплексов сооружений по очистке сточных вод и обработке осадков	663

РАЗДЕЛ VII. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ МАЛОНАСЕЛЕННЫХ МЕСТ И ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Глава 22. Поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды	666
22.1. Поля орошения и поля фильтрации	666
22.2. Биологические пруды	671
Глава 23. Локальная очистка сточных вод	674
23.1. Сооружения для очистки поверхностных сточных вод	674
23.2. Сооружения для локальной очистки сточных вод	678
Глава 24. Индивидуальные очистные сооружения	693

РАЗДЕЛ VIII. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ В ОСОБЫХ ПРИРОДНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Глава 25. Системы водоотведения в сейсмических районах	708
25.1. Оценка природных и климатических условий при проектировании и строительстве систем водоотведения	708
25.2. Особенности расчета, проектирования и строительства систем водоотведения в сейсмических районах	712

Глава 26. Системы водоотведения в районах с подрабатываемыми и подтапливаемыми территориями и с просадочными грунтами.....	714
26.1. Особенности расчета, проектирования, строительства и эксплуатации систем водоотведения в просадочных грунтах, на подрабатываемых и подтапливаемых территориях	714
26.2. Планировка и застройка подрабатываемых территорий...	716
26.3. Системы водоотведения на подтапливаемых территориях.....	717
26.4. Особенности проектирования сооружений и сетей водоотведения для строительства на просадочных грунтах.....	718
26.5. Проектирование закрепления грунтов	722
26.6. Проектирование искусственного замораживания грунтов	724
26.7. Проектирование водопонижения.....	725
26.8. Проектирование водоотводящих систем на просадочных грунтах	726
Глава 27. Системы водоотведения в районах с вечномерзлыми грунтами	730
27.1. Выбор строительных площадок и проектных решений	730
27.2. Характеристики вечномерзлых грунтов оснований.....	733
27.3. Использование вечномерзлых грунтов в качестве оснований для систем водоотведения.....	734
27.4. Проектирование и строительство систем водоотведения.....	735
Библиографический список	753