

Ю.В. Воронов Е.В. Алексеев

Е.А. Пугачев В.П. Саломеев



ВОДООТВЕДЕНИЕ



**Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев,
Е.А. Пугачев, В.П. Саломеев**

ВОДООТВЕДЕНИЕ

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

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по программе бакалавриата по направлению 270800
«Строительство» (профиль «Водоснабжение и водоотведение»)



Издательство АСВ
Москва
2014

Рецензенты: академик РААСН, профессор кафедры «Водопользование и экология» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, д.т.н. *М.И. Алексеев*; заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» Вологодского государственного технического университета д.т.н. проф. *Л.И. Соколов*.

Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Пугачев Е.А., Саломеев В.П.
Водоотведение: Учебное издание. – М.: Издательство АСВ, 2014. – 416 с.

ISBN 978-5-93093-983-5

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, очистных сооружений. Описаны методы и технологические схемы очистки сточных вод и обработки осадка. Представлены компоновочные решения станций аэрации и биофильтрации.

ISBN 978-5-93093-983-5

© Издательство АСВ, 2014
© Воронов Ю.В., Алексеев Е.В.,
Пугачев Е.А., Саломеев В.П.
2014

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» – одна из основных дисциплин цикла специальных дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 270800 «Строительство» профиля «Водоснабжение и водоотведение». В процессе изучения этой дисциплины будущие бакалавры 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.

Учебник написан в соответствии с программой дисциплины преподавателями кафедры «Водоотведение и водная экология» МГСУ. Отдельные его главы написаны: д.т.н. проф. Ю.В. Воронов – общая редакция, предисловие, введение, гл. 1; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 18; д.т.н. проф. Е.В. Алексеев – гл. 12; 14; 15; 16; к.т.н. доц. С.Е. Алексеев – гл. 12; 13 (§13.6); к.т.н. доц. В.Б. Викулина – гл. 7; 8; к.т.н. проф. Е.С. Гогина – гл. 9 (§9.4); гл. 10 (§10.8); гл. 11 (§11.8); гл. 13; д.т.н. проф. Н.А. Залетова – гл. 13; к.т.н. проф. Е.А. Пугачев – введение; гл. 1; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 14; 15; 16; к.т.н. проф. В.П. Саломеев – гл. 10; 11; 13; 15 (§15.2); 17; 18. Глава 10 написана при участии к.т.н., проф. Журова В.Н. и к.т.н., доц. М.Ю. Толстова (§10.5).

Авторы благодарят сотрудников ОАО «Мосводоканал» – Пахомова А.Н., Богомолова М.В., Дутченко Т.О., Дивавина Н.Г. – за помощь при издании учебника.

Авторы выражают глубокую признательность академику РААСН, д.т.н. проф. кафедры «Водопользование и экология» Санкт-Петербургского Архитектурно-строительного университета М.И. Алексееву и д.т.н. проф., зав. кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» Вологодского государственного технического университета Л.И. Соколову за замечания и ценные советы, сделанные при рецензировании рукописи учебника.

Любые критические замечания, пожелания и советы будут приниматься с благодарностью, просим направлять их по адресу: 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, Издательство АСВ (оф. 511).

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим природным феноменом, без которого невозможна биологическая жизнь на Земле, является вода, поэтому во все времена поселения людей, промышленные и сельскохозяйственные объекты размещались 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 в плане здоровья людей, так и в плане благополучного состояния окружающей природной среды.

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 фенолы, нефтепродукты, хлорорганические соединения, синтетические поверхностно-активные вещества, так и веществ минерального происхождения – тяжелых токсичных металлов, радионуклидов и многих других.

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.

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 Древ-

нем Рима 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.

Первые водоотводящие сооружения в России были построены в Новгороде в XII в. – бревенчатый канал перекрывался пластинами и берестой. В XIV в. в Москве была проложена водосточная труба от центральной Ивановской площади до р. Москвы. В XV–XVI в. 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 в. считается водоснабжение и водоотведение Змеиногорского рудника на Алтае по добыче золота.

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 в. в Петербурге были построены кирпичные водостоки по набережной р. Невы на Васильевском острове. Вплоть до конца XIX в. 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 1898 г. в Москве была 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.

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 существенные 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 российскими специалистами, использующими новейшие достижения науки и техники в области строительства и реконструкции водоотводящих сетей и очистных сооружений.

Огромную роль в создании, становлении и развитии дисциплины «Водоотведение» сыграли Н.А. Базякина, Б.С. Белов, Б.О. Ботук, А.И. Жуков, В.Ф. Иванов, В.И. Калицун, Я.А. Карелин, С.К. Колобанов, К.Н. Корольков, Ю.М. Ласков, Н.А. Лукиных, В.В. Найденко, П.И. Пискунов, С.Н. Строганов, В.Е. Тимонов, Н.Ф. Федоров, С.М. Шифрин, З.Н. Шишкин, С.В. Яковлев и др.

РАЗДЕЛ I

ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

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 проч. 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 случаев 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.

Основными характеристиками сточных вод являются: количество сточных вод, характеризуемое 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, характеризуемое 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 гнить через 12–24 ч (при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

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; окалина 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.

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 различных 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, т.е. 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 (АРР);
- 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).

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

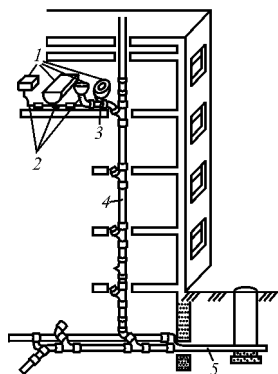


Рис. 1.1. Схема внутренней водоотводящей системы жилого дома:

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

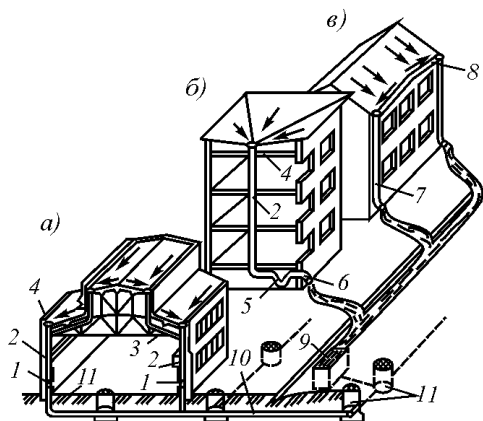


Рис. 1.2. Схемы внутренних водостоков:

а – 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

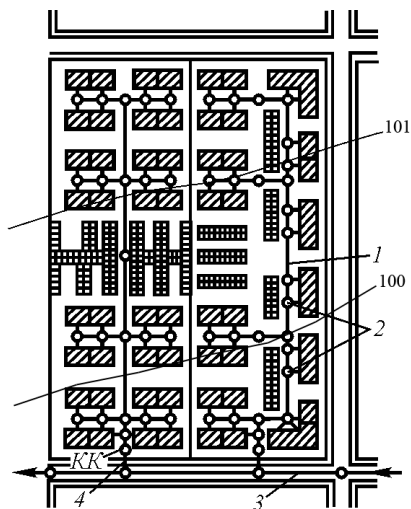


Рис. 1.3. Схема трассировки внутриквартальной водоотводящей сети:

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

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 (*KK*), 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 внутривозводскими (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, производственных и дождевых. В период интенсивных ливней загрязнение смеси транспортируемых сточных вод снижается. Это позволяет сбрасывать часть сточных вод в водоем без очистки. Для сброса воды на коллекторах, уложенных вдоль реки, создаются специальные сооружения – ливнеспуски (*рис. 1.6*) с очисткой поверхностного стока.

Аварийные и регулирующие резервуары (АРР) представляют собой специально оборудованные емкости, обеспечивающие аккумуляцию сточных вод в период максимального их притока.

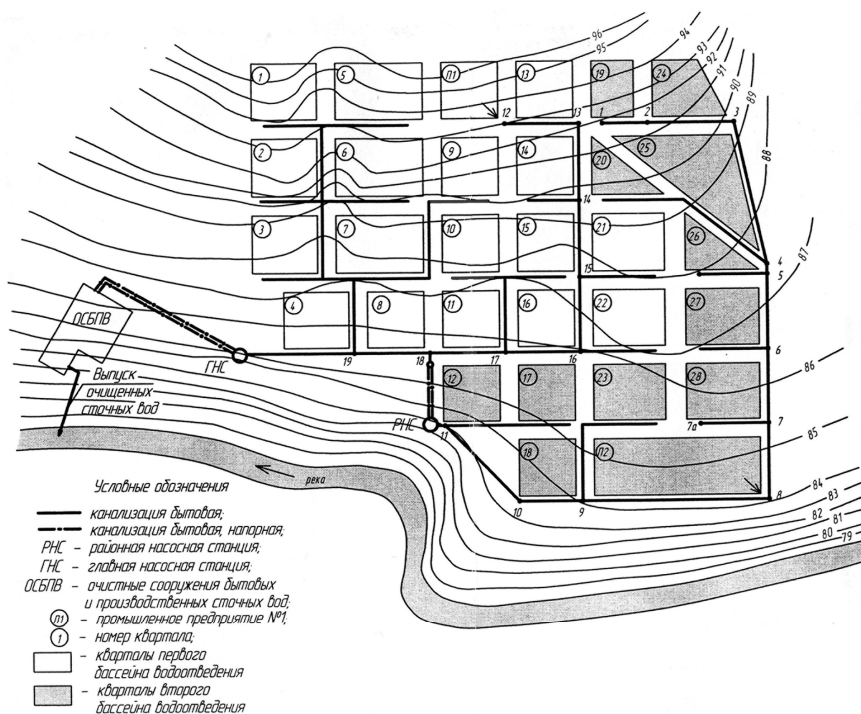


Рис. 1.4. Схема водоотводящей сети бытовых и производственных сточных вод населенного пункта

Сброс или откачка воды из резервуаров производится в периоды снижения притока сточных вод самотеком или с использованием насосных станций.

При равнинном рельефе глубина заложения трубопроводов возрастает в зависимости от их длины. При глубине 6–8 м прокладка трубопроводов открытым способом затруднена, поэтому переходят на закрытые методы строительства или осуществляют перекачку сточных вод.

Местные насосные станции используют для подъема и перекачки воды от одного или группы зданий.

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.

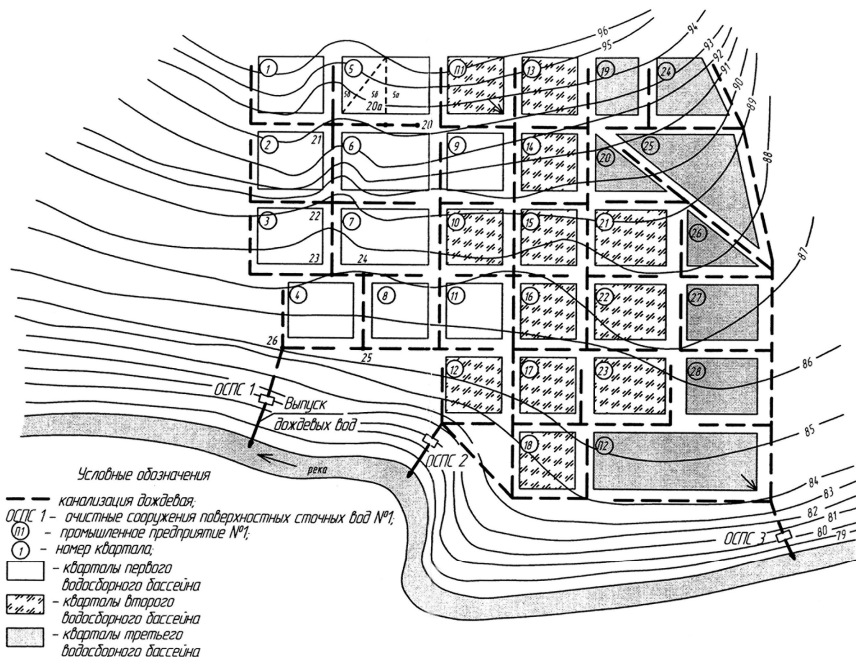


Рис. 1.5. Схема водоотводящей сети поверхностных сточных вод населенного пункта

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 зон 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).

Схемы полной раздельной городской системы водоотведения представлены на *рис. 1.6*.

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. 1.6, 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 селитебных 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. 1.6, б*) или созданием централизованных очистных сооружений за пределами обслуживаемого объекта (*рис. 1.6, в*).

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ I. ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ	
Глава 1. Общие сведения о системах водоотведения	7
1.1. Сточные воды и их краткая характеристика	7
1.2. Основные элементы водоотводящих систем.....	10
1.3. Системы водоотведения городов	15
1.4. Системы водоотведения промышленных предприятий.....	18
1.5. Социальные аспекты водопользования.....	22
1.6. Охрана поверхностных и подземных вод от загрязнения сточными водами.....	24
Глава 2. Гидравлический расчет водоотводящих сетей.....	26
2.1. Трубопроводы и каналы	26
2.2. Особенности движения жидкости в водоотводящих сетях	28
2.3. Гидравлический расчет самотечных трубопроводов.....	29
2.4. Гидравлический расчет напорных трубопроводов	36
Глава 3. Водоотводящая сеть населенных пунктов	38
3.1. Схемы водоотводящих сетей	38
3.2. Расчет и проектирование водоотводящих сетей.....	44
3.3. Конструирование водоотводящих сетей.....	63
Глава 4. Водоотводящие сети промышленных предприятий	66
Глава 5. Водоотводящие сети атмосферных осадков (водостоки)	70
5.1. Формирование стока на городских территориях.....	70
5.2. Схемы водоотводящих сетей	75
5.3. Расчет и проектирование водоотводящих сетей.....	77
5.4. Очистные сооружения на водосточных сетях.....	79
5.5. Использование водоотводящих сетей для удаления снега	80
5.6. Особенности конструирования водосточных сетей.....	82
Глава 6. Устройство водоотводящих сетей.....	85
6.1. Трубопроводы	85
6.2. Колодцы и камеры	92
6.3. Дюкеры	98
РАЗДЕЛ II. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД	
Глава 7. Состав и свойства сточных вод	107
7.1. Формирование состава сточных вод	107
7.2. Санитарно-химические показатели загрязнения сточных вод	109
7.3. Влияние сточных вод на водоем	109

7.4. Условия сброса сточных вод в городскую водоотводящую сеть	110
7.5. Условия сброса сточных вод в водоем.....	111
7.6. Определение необходимой степени очистки сточных вод	115
7.7. Мониторинг состояния водных объектов.....	119
Глава 8. Общие технологические схемы очистки сточных вод.....	123
8.1. Анализ санитарно-химических показателей состава сточных вод.....	123
8.2. Методы очистки сточных вод и обработки осадков	126
8.3. Разработка и обоснование технологических схем очистки сточных вод.....	128
8.4. Технологические схемы очистки сточных вод.....	129
Глава 9. Сооружения механической очистки сточных вод	136
9.1. Решетки	136
9.2. Песколовки	141
9.3. Отстойники.....	152
9.4. Вспомогательные устройства на очистных сооружениях	163
Глава 10. Биологическая очистка сточных вод в аэрационных сооружениях	167
10.1. Основы методов биологической очистки сточных вод в аэротенках.....	167
10.2. Принципы очистки сточных вод в аэротенках и основные характеристики активного ила.....	169
10.3. Технологические схемы очистки сточных вод в аэротенках.....	175
10.4. Конструкции аэротенков	181
10.5. Системы аэрации иловых смесей в аэрационных сооружениях.....	189
10.6. Расчет аэрационных сооружений и систем аэрации.....	196
10.7. Интенсификация работы аэрационных сооружений.....	199
10.8. Вторичные отстойники	203
Глава 11. Сооружения биологической очистки сточных вод методом биофильтрации	208
11.1. Теоретические основы метода биофильтрации	208
11.2. Классификация биофильтров	210
11.3. Технологические схемы работы биофильтров	215
11.4. Системы распределения сточных вод по поверхности биофильтров.....	217
11.5. Системы вентиляции биофильтров	221
11.6. Расчет и проектирование биофильтров.....	223
11.7. Конструирование биофильтров.....	228
11.8. Вторичные отстойники	234
11.9. Комбинированные сооружения биологической очистки сточных вод.....	236

11.10. Интенсификация работы биофильтров.....	240
Глава 12. Сооружения физико-химической очистки сточных вод.....	242
12.1. Область применения сооружений физико-химической очистки сточных вод	242
12.2. Очистка сточных вод флотацией	242
12.3. Очистка сточных вод коагулированием.....	248
12.4. Сорбционная очистка сточных вод.....	253
12.5. Очистка сточных вод озонированием	259
12.6. Применение сооружений физико-химической очистки сточных вод.....	266
Глава 13. Глубокая очистка и обеззараживание сточных вод.....	270
13.1. Основные методы глубокой очистки и обеззараживания сточных вод	270
13.2. Методы глубокой очистки сточных вод от органических загрязнений и взвешенных веществ.....	273
13.3. Методы глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов	279
13.4. Методы удаления из сточных вод отдельных компонентов.....	284
13.5. Методы обеззараживания сточных вод.....	288
13.6. Насыщение очищенной сточной воды кислородом.....	297
13.7. Выпуск очищенных сточных вод в водоем.....	298
РАЗДЕЛ III. ОБРАБОТКА, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД	
Глава 14. Процессы и сооружения для уплотнения, стабилизации и обеззараживания осадков сточных вод.....	300
14.1. Формирование и показатели осадков сточных вод	300
14.2. Уплотнение илов и осадков сточных вод	305
14.3. Стабилизация осадков сточных вод и активного ила в анаэробных и аэробных условиях	308
14.4. Реагентная и биотермическая стабилизация осадков сточных вод.....	321
14.5. Обеззараживание осадков сточных вод.....	324
Глава 15. Процессы и сооружения для обезвоживания осадков сточных вод	327
15.1. Песковые площадки	327
15.2. Иловые площадки и иловые пруды	328
15.3. Механическое обезвоживание осадков сточных вод.....	333
15.4. Термическая сушка осадков сточных вод.....	351
15.5. Сжигание осадков сточных вод	355
Глава 16. Утилизация осадков сточных вод	358
16.1. Утилизация осадков бытовых сточных вод.....	358
16.2. Депонирование осадков сточных вод.....	362

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

Глава 17. Проектирование водоотводящих систем и сооружений.....	366
17.1. Базовое законодательство	366
17.2. Подготовка строительства	370
17.3. Инженерные изыскания	370
17.4. Проектные работы	371
17.5. Проектирование водоотводящих сетей и комплексов очистных сооружений	373
Глава 18. Общие схемы комплексов очистных сооружений.....	374
18.1. Основные принципы общих компоновочных решений очистных сооружений	374
18.2. Примеры очистных сооружений крупнейших городов	378
18.3. Примеры очистных сооружений крупных городов.....	387
18.4. Примеры очистных сооружений средних городов.....	393
18.5. Примеры очистных сооружений малых городов и поселков городского типа.....	395
18.6. Примеры очистки сооружений малонаселенных мест и отдельно расположенных объектов	398
Библиографический список.....	408

Учебное издание

Юрий Викторович **Воронов**
Евгений Валерьевич **Алексеев**
Евгений Алексеевич **Пугачев**
Валерий Петрович **Саломеев**

ВОДООТВЕДЕНИЕ

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

Корректор *В.Ш. Мерзлякова*
Компьютерная верстка *Е.М. Лютова*
Дизайн обложки *Т. Негрозова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60х90/16.
Бумага офс. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. 26 п.л. Заказ №

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/>