

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова»**

## **СИСТЕМЫ ОТВОДА И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

**краткий курс лекций**

**для студентов IV курса**

Направление подготовки  
**20.03.02 Природообустройство и водопользование**

Профиль подготовки  
**Комплексное использование и охрана водных ресурсов**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

**Саратов 2016**

УДК 628.29 (075.8)  
ББК 38.761.1 я 73

А 94

Рецензенты:

Доцент кафедры «Организация и управление инженерными работами, строительство и гидравлика», кандидат технических наук ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»  
*Р.М. Айбушев*

**Системы отвода и очистки поверхностного стока с городских территорий:** краткий курс лекций для студентов 4 курса направления подготовки 280100.62 «Природообустройство и водопользование» / Сост.: В.В. Афонин // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 43 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Системы отвода и очистки поверхностного стока с городских территорий» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование». Краткий курс лекций содержит сведения о системах поверхностного водоотвода с урбанизированных территорий, принципах их проектирования и функционирования, проблемах современного загрязнения окружающей среды сточными водами, методах, средствах и сооружениях по очистке поверхностного стока.

УДК 5.77.4  
ББК 26.222

© Афонин В.В., 2016  
© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2016

## Введение

Урбанизация - это процесс сосредоточения населения и различных видов деятельности в городах. Особенно она ускорилась с началом промышленной революции конца XVIII - середины XIX вв. Вызванный ею бурный рост городов выдвинул множество проблем, выходящих за пределы традиционных методов архитектуры. При разработке планировки и благоустройстве города составляется генеральная схема организации городского водного хозяйства с учетом перспективы его развития. Одной из задач городской гидротехники является регулирование и благоустройство водоемов, рек и их притоков, защита территории города от затопления паводковыми водами.

При благоустройстве и планировке городских территорий осуществляются экономические, технические и архитектурные обследования и изыскания. Важное значение в этом процессе уделяется изучению территории города, его рельефа, инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических и климатических условий. При изучении рельефа местности определяют условия стока ливневых вод, участки для канализации, трассы коллектору канализации и др.

При изучении климатических условий выясняют количество годовых и месячных осадков, колебания температур, направление (роза ветров) и скорости ветра. Окончательные выводы для выбора территории, для застройки и составления генерального плана города делают в результате анализа пригодности этой территории. На плане выделяются участки, пригодные для застройки и зеленых насаждений, требующие инженерной подготовки, а также определяется потребный объем инженерных мероприятий для осушения территории, защиты береговых полос реки от наводнений и т.п.

Наряду с этим выделяются места выпуска сточных вод (существующие и намечаемые) от жилых массивов и промышленных предприятий, а также существующие свалки, кладбища, скотомогильники и др. Основная задача водоотвода заключается в удалении поверхностных вод с городских территорий, а также регулировании этих стоков с помощью различных водоотводящих устройств (каналов, труб и др.). Проектируют водостоки обычно для территории города, района, данного квартала или улицы.

Поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий является одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями природного и техногенного происхождения. Водным законодательством РФ запрещается сбрасывать в водные объекты неочищенные до установленных нормативов дождевые, талые и поливочные воды, организованно отводимые с селитебных территорий и площадок предприятий.

Таким образом, обеспечение отвода поверхностных вод с урбанизированных территорий в настоящее время приобретает все большее значение и остроту. Это связано с широкой программой развития городов, повышением уровня их благоустройства, развитием сети автомобильных дорог, строительством и реконструкцией аэродромов, а также в связи с возросшими требованиями к надежности и долговечности покрытий, безопасности движения на дорогах и городских улицах.

Курс лекций включает основные разделы: «Современное состояние водоотвода и очистки сточных вод»; «Основы формирования поверхностного стока с искусственных покрытий»; «Определение расчетных расходов паводков и половодий в условиях городской застройки»; «Организация и назначение поверхностного водоотвода»; «Сооружения на сетях водоотвода»; «Сооружения для регулирования поверхностного стока при отведении на очистку»; «Загрязненность вод поверхностного стока с городских территорий»; «Очистные сооружения на сетях водоотвода»; «Контроль и оценка эффективности очистки сточных вод».

Основной целью курса является формирование у студентов теоретических знаний и способности применения практических навыков в области проектирования и эксплуатации систем водоотвода с урбанизированных территорий в последующей профессиональной деятельности.

## ЛЕКЦИЯ 1

# ОБЩИЕ ВОПРОСЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДООТВОДА И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

### 1.1. Общие сведения

Системы отведения атмосферных осадков с городских территорий призваны обеспечить нормальные условия жизнедеятельности в населенных пунктах во время выпадения дождей и снеготаяния. Недостаточное внимание к своевременному отведению атмосферных осадков нередко приводит к затоплению территорий, перерывам в работе предприятий и транспорта, порче оборудования и материалов, размещенных на складах и в нижних этажах зданий, и другим чрезвычайным ситуациям. Ущерб, вызванный сильными ливнями, в некоторых случаях можно сравнить с уроном, нанесенным крупным пожаром.

Перед сбросом в водные объекты дождевые и талые воды, как правило, должны быть очищены до такой степени, чтобы не вызывать сверхнормативного загрязнения воды в водоемах. Иногда экономически оправдано накопление поверхностного стока с целью его использования для водоснабжения или орошения.

Сооружения для отведения атмосферных осадков с застроенных территорий появились раньше трубопроводов, предназначенных для сбора загрязненных бытовых вод. В Индии, Греции, Риме, Египте, на территории бывшего государства Урарту при раскопках обнаружены сооружения для отведения дождевых вод, возраст которых составляет сотни и даже тысячи лет. При раскопках Новгородского кремля найдены подземные деревянные трубы и кирпичные желоба для отведения дождевых и талых вод. В московском кремле трубопровод для отвода атмосферных вод с Ивановской площади был проложен в 1367 г. В XVIII в. началось планомерное строительство дождевой сети в Москве и Санкт-Петербурге. Строились большие кирпичные каналы, появились первые дождеприемники с решетками.

В настоящее время при застройке населенных пунктов многоэтажными зданиями устраиваются современные системы поверхностного водоотведения, в основном в виде подземных трубопроводов.

Расчеты сетей для отведения дождевых вод, как правило, сложнее расчетов сетей производственно-бытового водоотведения, т.к. формирование дождевых стоков происходит при непрерывно изменяющихся во времени притоках воды с прилегающей территории. Характер выпадения дождей зависит от климатических условий и предсказуем только с определенной степенью вероятности, а сток, в свою очередь, зависит от вида поверхности, рельефа и местных условий.

Организованное удаление атмосферных осадков, выпавших на поверхность земли, является одним из основных требований благоустройства населенных мест, промышленных и рекреационных территорий.

Отвод дождевых и талых вод в городских условиях может производиться:

а) **самостоятельно** – по открытым лоткам и каналам или подземными трубопроводами (**раздельная** система водоотведения) (рисунок 1);

б) **совместно** с бытовыми и производственными сточными водами (**общесплавная** система водоотведения) (рисунок 2); во время сильных дождей часть смеси производственно-бытового и дождевого стока сбрасывается в водный поток через ливнеспуски;

в) **полураздельно**, когда при дождях малой интенсивности вода в разделительной камере направляется в общий коллектор и отводится на городские очистные сооружения. При интенсивных дождях условно чистые поверхностные воды из разделительной камеры, минуя коллектор бытовых вод, отводятся в водоемы без очистки. Таким образом, в производственно-бытовую сеть через разделительные камеры поступает только наиболее за-

грязненная часть ливневых сточных вод (полураздельная система водоотведения) (рисунок 3).

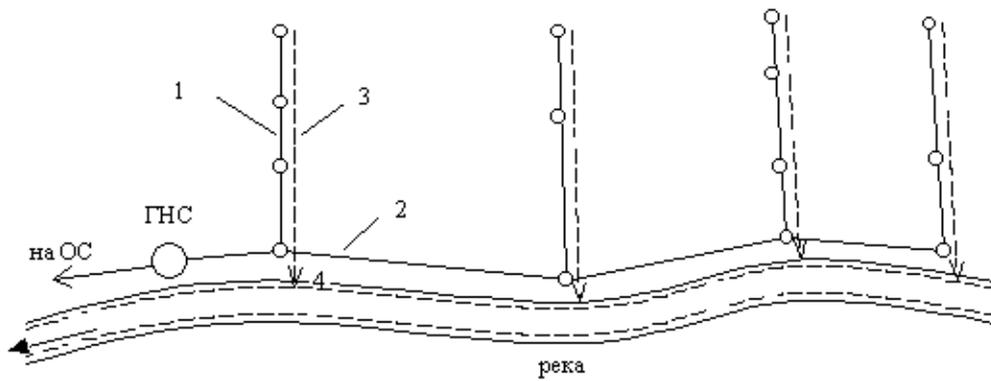


Рисунок 1. Схема раздельной системы водоотведения  
1 – коллектор бытовой сети, 2 – главный коллектор, 3 – коллектор дождевой сети,  
4 – выпуск, ОС – очистные сооружения, ГНС – головная насосная станция

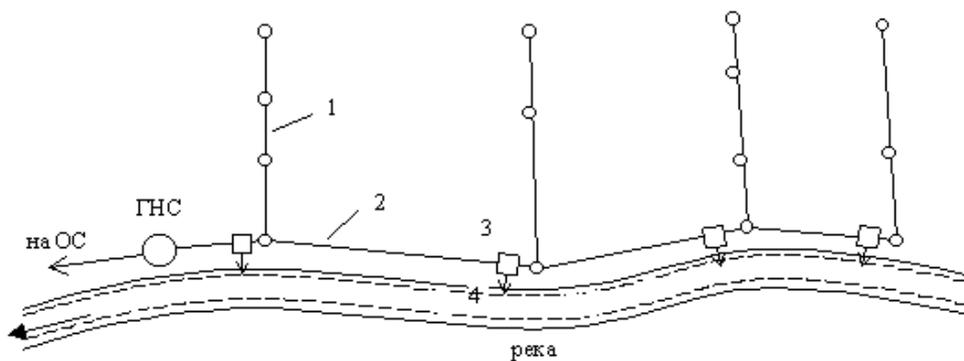


Рисунок 2. Схема общесплавной системы водоотведения  
1 – коллектор бассейна водоотведения, 2 – главный коллектор, 3 – ливневыпуск,  
4 – выпуск

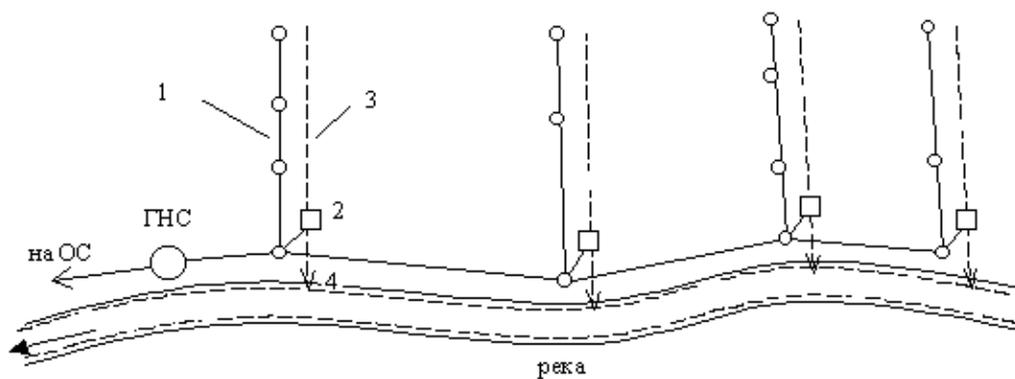


Рисунок 3. Схема полураздельной системы водоотведения  
1 – коллектор бытовой сети, 2 – разделительная камера, 3 – коллектор дождевой  
сети, 4 – выпуск

Кроме этих основных систем, в некоторых городах может быть **комбинированная** система водоотведения – это такая система, при которой населенный пункт в одной части

оборудован общесплавной системой, а в другой – полной раздельной. Такие системы складываются исторически в развивающихся городах.

## 1.2. Сравнительная оценка систем водоотведения

### *Полная раздельная система*

#### **Достоинства:**

- меньшие капитальные вложения по сравнению с общесплавной системой;
- меньшая стоимость насосных станций и очистных сооружений по сравнению с общесплавной системой;
- невозможность поступления производственно-бытовых стоков в водоем.

#### **Недостатки:**

- большая протяженность сети;
- повышенные эксплуатационные затраты;
- сброс всех дождевых стоков в водоем.

#### **Основные условия применимости:**

- при допустимости сброса всех дождевых стоков в водоем;
- при малом количестве районных насосных станций;
- при дождях высокой интенсивности.

### *Общесплавная система*

#### **Достоинства:**

- меньшая протяженность трубопроводов по сравнению с остальными системами;
- сброс неочищенных стоков может быть отрегулирован с учетом самоочищающей способности водоема;

- уменьшение количества сооружений на сети;
- значительно меньше стоимость эксплуатации по сравнению с полной раздельной системой.

#### **Недостатки:**

- больше диаметры труб, и, как следствие, увеличение капитальных вложений на строительство сети;
- высокая стоимость насосных станций и очистных сооружений;
- сброс в водоемы во время ливней смеси бытовых, дождевых и производственных стоков;

#### **Основные условия применимости:**

- при расходах в водном потоке не менее 5 м<sup>3</sup>/с;
- при большом количестве районных насосных станций;
- при высокой плотности населения;
- при дождях малой интенсивности.

### *Полураздельная система*

#### **Достоинства:**

- отсутствие сброса производственно-бытовых и сильно загрязненных дождевых сточных вод в водоем;
- очистка наиболее загрязненной части дождевого стока.

#### **Недостатки:**

- Самая высокая стоимость строительства.

#### **Основные условия применимости:**

- при малых или непроточных водоемах;
- для районов акваторий, использующихся для отдыха населения;
- при повышенных требованиях к защите водоемов

### 1.3. Типизация водоотводов

Различают водоотводы закрытого, открытого и смешанного типов.

Закрытые водоотводы обычно состоят: из открытых лотков на поверхности улиц, водоприемных (дождеприемных) колодцев (принимают воду из лотков), трубопроводов для отвода воды из водоприемных колодцев, сети водосточных труб различных диаметров, отводящих воду в главный коллектор, главного коллектора, смотровых колодцев, камер различного назначения, водовыпуска и т.п. Также закрытые водоотводы находят применение при устройстве сети во дворах и соединении их с водосточными трубами, отводящими воду с крыш зданий непосредственно к подземным водоводам, минуя выпуск воды на тротуары;

Водоотвод открытого типа состоит из лотков и кювет, входящих в конструкцию дорог, а также водоотводных канав и русел протоков, мостиков или труб при пересечении с улицами и тротуарами. Наряду с этим имеются специальные сооружения: перепады, быстротоки с соответствующими гасящими устройствами в нижнем бьефе.

Водоотвод смешанного типа соединяет элементы закрытых и открытых сетей водоотвода.

Как правило, отвод дождевых стоков производится самотеком. Исключения очень редки, например, когда имеются особо неблагоприятные условия рельефа местности.

Выбор системы и типа водоотведения, а также схем расположения дождевых коллекторов выполняют на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом санитарно-гигиенических показателей.

#### Вопросы для самоконтроля

- 1) В чем состоит основное назначение и необходимость систем отведения атмосферных осадков с городских территорий?
- 2) Дайте характеристику раздельной, общесплавной и полураздельной систем водоотведения.
- 3) Перечислите достоинства, недостатки и условия применимости раздельной системы водоотвода.
- 4) Перечислите достоинства, недостатки и условия применимости общесплавной системы водоотвода.
- 5) Перечислите достоинства, недостатки и условия применимости полураздельной системы водоотвода.
- 6) Охарактеризуйте водоотводы закрытого, открытого и смешанного типов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

1. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
2. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах:  
<http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>
2. Инженерные сети и оборудование зданий и сооружений:  
<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-141-vodootvedenie/41.htm>

## ЛЕКЦИЯ 2

### ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ИСКУССТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

#### 2.1. Основные закономерности выпадения дождей

На Европейской территории России (ЕТР) доля жидких осадков составляет 61 % годового объема осадков. Любой дождь характеризуется двумя основными величинами: количеством выпавшей воды и продолжительностью выпадения. Количество выпавшей воды измеряется высотой слоя или объемом, деленным на площадь. Продолжительность выпадения дождей выражается в единицах времени – часах, минутах и секундах.

Кроме перечисленных, важной характеристикой дождя является производная величина – интенсивность, которая представляет собой отношение количества выпавших осадков к продолжительности выпадения. Различают мгновенную и среднюю интенсивность. В инженерных расчетах используют единицу измерения интенсивности  $q$  (л/с на 1 га) и  $i$  (мм/мин). Соотношение между ними:

$$q = 166,7i \quad (2.1)$$

Следующая важная характеристика – повторяемость (или период повторяемости)  $p$  представляет собой средний промежуток времени между дождями с интенсивностью, не меньшей заданного значения. Повторяемость измеряется в годах. Чем больше повторяемость, тем меньше вероятность  $S$  превышения (частота превышения) интенсивности этого дождя:

$$S = 1/p \quad (2.2)$$

Для явлений, случайно распределяющихся по годам, обеспеченность или вероятность ежегодного превышения связана с периодом однократного превышения рассматриваемой величины по закону распределения событий Пуассона:

$$p_{об} = (1 - e^{-S}) \cdot 100\% = (1 - e^{-1/p}) \cdot 100\% \quad (2.3)$$

где  $e$  – основание натуральных логарифмов;  $S$  – вероятность превышения интенсивности дождя.

По морфологическим признакам различают морось ( $i \leq 0,01$  мм/мин); обложные мелкокапельные (0,01...0,2 мм/мин), дожди обложные крупнокапельные (0,3...0,5 мм/мин) и ливневые ( $i \geq 0,5$  мм/мин).

Распределение осадков по территории крайне неравномерно. Поле осадков представляет собой комплекс пятен повышенного и пониженного количества осадков. Другими словами поле атмосферных осадков – участок подстилающей поверхности, увлажненный выпавшими за разные интервалы времени осадками. Поля осадков характеризуются изогие-тами – линиями, соединяющими точки с одинаковыми суммами осадков. Чтобы иметь представление о распределении осадков по площади, вычерчивают изогие-ты через интервалы 0,1...50 мм.

Выделяют несколько типов конфигурации полей осадков. Первый тип – выпадение осадков отличается лишь на отдельных пунктах. Второй тип – осадки распределяются в виде отдельных пятен. Внутри этих пятен выпадение осадков отмечается сразу в несколь-

ких пунктах (в отдельных точках). Третий тип – характеризуется одновременным наличием нескольких участков с осадками. Количество пунктов внутри каждого участка больше, чем при втором типе. К этому типу можно отнести распределение осадков в виде полос, состоящих из цепочки отдельных пятен, следующих один за другим. Четвертый тип – поле осадков представляет собой практически одну сплошную область, занятую, как правило, одним сплошным массивом облачности нижнего яруса, т.е. имеет ярусную структуру, с большей плотностью пятен и на большей площади.

Для системы водоотведения представляют интерес короткопериодные поля осадков, формирующиеся за 3 – 12 мин в средних районах юга и за 15 – 40 мин в климатической зоне достаточного и избыточного увлажнения. В этом случае поля осадков отождествляют с зонами осадков в атмосфере. Зоны осадков состоят из отдельных пятен, имеющих вид кругов или эллипсов с характерными горизонтальными размерами – от сотен метров в случае отдельных ливней до нескольких десятков километров при обложных дождях. Сплошную область выпадения дождя называют очагом, форму которого обычно принимают в виде деформированного эллипса протяженностью до 10 км. Характерные размеры очага вдоль большой оси в степных районах – 3 км, в зоне достаточного и избыточного увлажнения – 6 км. Наиболее вероятные размеры площадей очагов 10 км<sup>2</sup> (около 60-65%) и 20 км<sup>2</sup> (около 40-35 %).

В степных районах одноочаговые поля занимают 60% территории, многоочаговые – 40%, в зоне достаточного и избыточного увлажнения одноочаговые поля – 22 %, многоочаговые – 78%. Время жизни очагов – от нескольких минут до получаса.

Одноочаговые дожди, как правило, имеют один максимум, многоочаговые – несколько. Многоочаговые дожди более продолжительны и дают большее количество осадков, чем одноочаговые. Средняя продолжительность одноочаговых ливней равна 45 мин, многоочаговых – 75 мин. Наибольшую площадь покрывают дожди в первой половине их выпадения. Дожди выпадающие на сравнительно небольшой площади, характеризуются резким изменением слоя осадков в зависимости от ее величины и, наоборот, при дождях, выпадающих на большой площади, слой осадков при увеличении площади изменяется мало. Это положение учитывается коэффициентом неравномерности выпадения осадков  $\eta$ :

$$\eta = 1/(1 + 0,001F^{2/3}), \quad (2.4)$$

где  $F$  – площадь бассейна стока, га.

Этот коэффициент можно рассматривать как отношение средней интенсивности осадков по всей площади к максимальной интенсивности в одной точке этой площади. На небольших участках города и на однородной поверхности можно считать  $\eta = 1$ .

По продолжительности выпадения дождей вся территория России разделена на 4 климатические зоны. В северной и центральной части ЕТР средняя продолжительность выпадения осадков теплого периода составляет 500...700 часов.

## 2.2. Формирование дождевого стока

Рассмотрим бассейн стока площадью  $F$ , на который выпадает дождь (см. рисунок 4). Точка А – наиболее удаленная точка бассейна стока. При выпадении дождя стоки достигают точки Б, образуя линии равного времени добегания воды (*изохроны*). За 1 минуту точки Б достигают стоки с площади  $f_1$ , за вторую  $f_2$  и т.д.

Толщина слоя осадков на площади постепенно

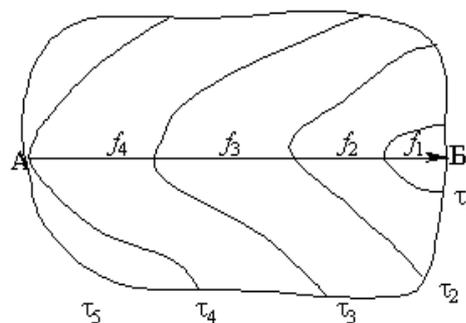


Рисунок 4. Расчетная схема к методу изохрон

изменяется по зависимости, представленной на графике (рисунок 5). Расход в точке **Б** по истечении 1-й минуты будет:  $Q_1 = f_1 h_1$ , за вторую минуту:

$$Q_2 = f_1 h_2 + f_2 h_1, \text{ за третью: } Q_3 = f_1 h_3 + f_2 h_2 + f_3 h_1$$

и т.д.

Путем интегрирования расхода получается формула для любого момента времени выпадения дождя  $T$ :

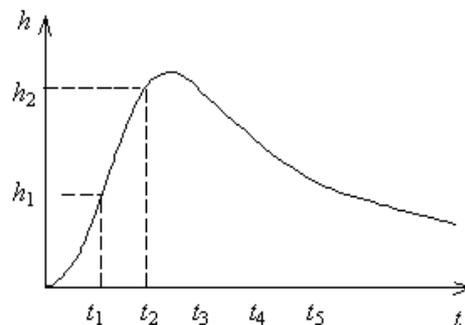


Рисунок 5. Гистограмма дождя

$$Q_{\max} = \int_0^T i(t) \cdot f(T-t) dt, \quad (2.5)$$

где  $i$  – интенсивность дождя, мм/мин;

Формула (2.5) применима, если  $T$  меньше времени добега воды от точки **A** ( $\tau_c$ ).

При  $T > \tau_c$ :

$$Q_{\max} = \int_0^T i f dt = i \int_0^T f dt = iF \quad (2.6)$$

Наконец, когда дождь кончился, формула стока примет следующий вид:

$$Q_{\max} = \int_{T-\tau_0}^T i(t) f(T-t) dt = i \int_{T-\tau_0}^T f(T-t) dt, \quad (2.7)$$

где  $T_0$  – общая продолжительность дождя.

Если площади  $f$  равномерно возрастают, т.е.  $f = F/\tau_c$ , то максимальный расход будет равен произведению площади стока на среднюю интенсивность дождя при продолжительности стока  $t = \tau_c$ :

$$Q_{\max} = F \cdot i_{cp}, \quad (2.8)$$

где  $i_{cp}$  – средняя интенсивность дождя, мм/мин;

### 2.3. Расчетные расходы дождевых вод

Сток с водосбора, появляющийся при выпадении осадков, будет возрастать до некоторого максимума и затем убывать. *Гидрограф стока* представляет собой график расходов воды в различные периоды времени (рисунок 6).

Форма гидрографа зависит от многих факторов, в том числе от характеристики ливня и рельефа местности. Форма ветви подъема гидрографа зависит от интенсивности концентрации стока. На первой стадии выпадения дождя часть поступивших на водосбор осадков не будет участвовать в стоке вследствие аккумуляции воды на поверхности и потерь на фильтрацию. В процессе дальнейшего выпадения дождя потери будут уменьшаться, и все большее количество осадков будут участвовать в стоке. Поэтому расходы на ветви подъема гидрографа будут возрастать в экспоненциальной зависимости. Через некоторое время сток с самых удаленных частей водосбора достигнет замыкающего (расчетного) сечения и расходы перестанут расти. Уменьшению притока осадков будет соответствовать ветвь спада гидрографа.

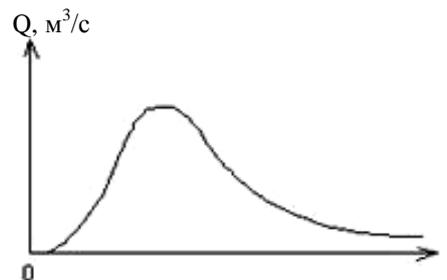


Рисунок 6. Гидрограф стока

Метод определения максимального расхода основан на допущении, что любой водосбор имеет время концентрации стока, равное времени добегания стока до замыкающего сечения. Данное допущение положено в основу так называемого метода **предельных интенсивностей**, который формулируется следующим образом:

*Расход сточных вод в рассматриваемом сечении будет иметь максимальное значение в том случае, когда продолжительность расчетного дождя ( $T$ ) равна или более времени протока сточных вод от наиболее удаленной точки площади стока до рассчитываемого сечения ( $T_p$ ).*

Таким образом, из всего множества дождей, выпадающих на расчетную площадь стока, как бы выбирается дождь такой продолжительности, которая равнялась бы  $T_p$ .

Максимальный расход дождевого стока, рассчитанный по принципу предельных интенсивностей, определяется по следующей формуле:

$$Q_{max} = \Psi \cdot F \cdot q_T, \quad (2.9)$$

где  $F$  – расчетная площадь, га;  $\Psi$  – коэффициент стока;  $q_T$  – максимальная из равновероятных интенсивностей дождя, отвечающая продолжительности  $T$ , равной времени добегания от наиболее удаленной точки площади стока до расчетного сечения, л/с на 1 га.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Какими основными величинами характеризуются дожди?
- 2) Что учитывает коэффициент неравномерности выпадения осадков?
- 3) В чем состоит метод «предельных интенсивностей»?
- 4) Приведите формулу расчета максимального расхода по принципу предельных интенсивностей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

3. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах:  
<http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>
2. Инженерные сети и оборудование зданий и сооружений:  
<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-141-vodootvedenie/41.htm>

## ЛЕКЦИЯ 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

#### 3.1. Расчетная интенсивность дождя

Для расчета дождевой сети необходимо найти расчетный расход сточных вод. С этой целью необходимо установить зависимость между расчетной интенсивностью и расчетной продолжительностью дождя.

В общем виде эта зависимость может быть представлена так:

$$q_T = A/T^n, \quad (3.1)$$

где  $A$  и  $n$  – параметры зависящие от географического расположения;  $T$  – расчетная продолжительность дождя, мин.

Методика получения расчетной интенсивности различается в зависимости от наличия исходных данных. Возможны два случая:

1. Имеются данные только о среднегодовом слое выпавших осадков, или же данные наблюдений охватывают период менее 25 лет, что недостаточно для вывода расчетной зависимости.

2. Имеется большое число наблюдений на метеорологических станциях за длительный период и с помощью расшифровки может быть получена расчетная формула.

В первом случае имеется несколько методов и расчетных зависимостей для получения численного значения параметров  $A$  и  $n$ . СНиП 2.04.03-85 рекомендована следующая формула для расчета параметра  $A$ :

$$A = 20^n \cdot q_{20} (1 + \lg p / \lg m_r)^\gamma, \quad (3.2)$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя для данной местности 20-минутной продолжительности с периодом однократного превышения 1 год, л/с на 1 га, определяется по приложению 1,  $n$  – показатель степени, определяется по приложению 3;  $m_r$  – среднее количество дождей за год, принимается по приложению 3;  $\gamma$  – показатель степени, принимаемый по приложению 3;  $p$  – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя.

Во втором случае значения  $A$  и  $n$  определяются по методу, разработанному в Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова.

#### 3.2. Определение расчетных расходов дождевых вод

Размеры сечений лотков, каналов и труб, служащих для отведения дождевых стоков, определяются по расчетному расходу, величина которого зависит от переменной величины интенсивности  $q$  (л/(с·га)), величины коэффициента стока  $\psi$  и площади стока  $F$  (га). Согласно методу предельных интенсивностей расход дождевых вод в рассматриваемом сечении будет максимальным, когда продолжительность расчетного дождя равна времени протока сточных вод от наиболее удаленной точки площади стока до рассчитываемого сечения  $T_p$  (мин).

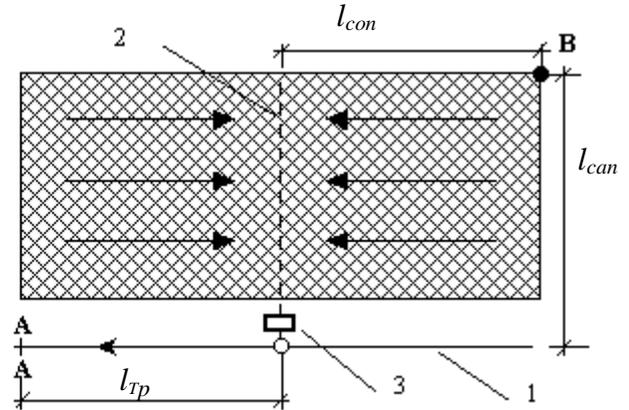
Формула расчетной продолжительности дождя имеет следующий вид:

$$T_p = t_{con} + t_{can} + t_{Tp} \quad (3.3)$$

Рассмотрим подробнее входящие в формулу (3.3) характеристики. Для этого проанализируем расчетную схему (рисунок 7). На данном рисунке представлен квартал жилого массива, имеющий плоский рельеф местности. Согласно этой схеме, расчетная продолжительность дождя  $T_p$  равна времени добегания капли дождя от точки **В** до расчетного сечения **А-А**.

Рисунок 7. Схема для определения расчетной продолжительности дождя

1 – дождевая уличная водоотводящая сеть; 2 – лоток; 3 – дождеприемник; **В** – наиболее удаленная точка квартала; **А-А** – расчетное сечение



Таким образом, в формуле (3.3):

$t_{con}$  – время протекания (время поверхностной концентрации) от наиболее удаленной точки до уличного лотка (на рис. 2.4 длина пути стока  $l_{con}$ ), мин. Многочисленными подсчетами установлено, что в городских условиях среднее время протекания воды колеблется от 5 до 10 мин. СНиП 2.04.03-85 рекомендует это время принимать равным 3...5 мин при наличии внутриквартальных закрытых дождевых сетей, а при их отсутствии – 5...10 мин.

$t_{can}$  – время протекания по уличному лотку до дождеприемника рассчитывается по выражению, мин:

$$t_{can} = 1,25 \cdot \sum (l_{can} / 60v_{can}) = 0,021 \cdot \sum (l_{can} / v_{can}), \quad (3.4)$$

где  $l_{can}$  – длина участков лотков или канала (см. рис. 2.4), м;  $v_{can}$  – скорость течения воды в конце участка, м/с. Поскольку скорость течения воды в лотках и каналах увеличивается при их наполнении, расчетное время протока по лотку должно быть несколько больше, чем время, определенное при максимальном расчетном расходе. Поэтому в формулу (2.20) введен коэффициент 1,25.

$t_{Tp}$  – время протекания по трубам от дождеприемника до расчетного сечения (время протока воды по дождевой сети) принимается как сумма времени протока по отдельным участкам при расчетных для каждого участка расходах, мин:

$$t_{Tp} = 0,017 \sum (l_{Tp} / v_{Tp}), \quad (3.5)$$

где  $l_{Tp}$  – длина расчетных участков коллектора (см. рис. 2.4), м;  $v_{Tp}$  – расчетные средние скорости на участках, м/с.

Таким образом, продолжительность дождя, по которой принимают соответствующую его интенсивность, можно представить в виде:

$$T_p = l_{con} + 0,021 \cdot \sum (l_{can} / v_{can}) + 0,017 \cdot \sum (l_{Tp} / v_{Tp}) \quad (3.6)$$

Учитывая то, что  $q_T = A/T_p$ , расход дождевых вод по формуле предельной интенсивности стока будем определяться:

$$Q_{max} = \Psi \cdot F \cdot A / T_p, \quad (3.7)$$

или

при постоянном значении коэффициента стока:

$$Q_{max} = \Psi \cdot F \cdot A / (t_{con} + t_{can} + t_{Tp})^n, \quad (3.8)$$

при переменном значении коэффициента стока:

$$Q_{max} = z_{mid} A^{1,2} F / (t_{con} + t_{can} + t_{Tp})^{1,2n-0,1}, \quad (3.9)$$

При расчете по методу предельных интенсивностей в момент максимального расхода в расчетном сечении коллектора на верхних участках возникает свободная емкость. Поэтому расчет дождевых коллекторов ведут не на максимальный, а на расчетный расход:

$$Q_{col} = \beta_e \eta Q_{max}, \quad (3.10)$$

где  $\beta_e$  – коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости коллектора, зависит от  $n$  и уклона местности  $i$  может быть принят по приложению 5 или рассчитываться по ниже представленным схемам в зависимости от типа дождя;  $\eta$  – коэффициент неравномерности выпадения дождя принимается по приложение 6.

Итак, особенностью формирования дождевых стоков в канализационных коллекторах является не одновременность возникновения расчетных (максимальных) расходов на разных их участках. Нижние участки труб рассчитаны на большее время протекания, а значит, на дождь большей продолжительности, следовательно, *меньшей* интенсивности. Тогда при выпадении этого дождя верхние участки будут заполняться не полностью, т.к. они рассчитаны на меньшую продолжительность, следовательно, на *большую* интенсивность дождя.

Поэтому при возникновении расчетного расхода на одном участке, другие будут работать с неполным заполнением.

Учет свободной емкости (см. формулу 2.26) при расчете производится с помощью коэффициента  $\beta_e$ :

$$\beta_e = Q_p / Q_{max}, \quad (3.11)$$

где  $Q_p$  - расчетный расход,  $Q_{max}$  - максимальный расход, л/с.

Значения коэффициента  $\beta_e$  зависят от того, каким образом происходит изменение интенсивности дождя во время его выпадения.

В практике бывают случаи, когда максимальный расход рассчитывают не по всей, а только по части площади стока:

- при резкой неравномерности распределения площадей стока по длине трассы,
- при значительной разнице в коэффициентах стока,
- при резком различии уклонов по трассе,
- при стоке с 2-х самостоятельных бассейнов.

### Вопросы для самоконтроля

1) Приведите выражение, характеризующее связь между расчетной интенсивностью и расчетной продолжительностью дождя.

2) По какой формуле рассчитывается продолжительность дождя в расчетах водостоков?

3) Приведите расчетную формулу расхода дождевых вод методом «предельных интенсивностей» при постоянном коэффициенте стока.

4) Приведите расчетную формулу расхода дождевых вод методом «предельных интенсивностей» при переменном коэффициенте стока.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная*

5. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
6. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах:  
<http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>
2. **СНиП 2.04.03 – 85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 1986. 72 с.

## ЛЕКЦИЯ 4

### ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДООТВОДА В ГОРОДАХ

#### 4.1. Общие принципы проектирования водоотвода

Современная улица представляет собой сложное инженерное сооружение, в состав которого входит подземное, наземное и надземное оборудование, непосредственно связанное с движением транспорта и пешеходов, благоустройством и внешним видом улицы. Обязательным элементом оборудования являются устройства по отводу поверхностных и грунтовых вод.

Основным принципом водоотвода в городах является направление поверхностных вод со всех территорий города к улицам. Поэтому улицы следует рассматривать как сборные и отводящие каналы поверхностных вод. Под организованным водоотводом подразумевается организация стока дождевых и талых вод, включающая: организацию стока воды по городской территории, отведение собранных поверхностных вод в водоемы или другие места за пределами городских территорий, очистку наиболее загрязненной части поверхностного стока.

Для отвода поверхностных вод строят водосточные сети. Грунтовые воды отводятся с помощью дренажных систем.

Организация стока поверхностных вод преследует цель сбора и удаления с территории города и улиц дождевых и талых вод. Достигается это путем вертикальной планировки городских территорий, сбора воды в лотки проезжей части проездов, затем улиц. Из лотков улиц вода поступает в систему водоотвода, которая может быть открытой или закрытой. Открытая система включает лотки, кюветы, канавы. В соответствии с действующими правилами (СНиП) в городах должна предусматриваться закрытая система водоотвода.

Из схемы вертикальной планировки (рисунок 8) видно, что сначала стекающая вода попадает в дворовую (или внутриквартальную) сеть лотков проезжей части, а затем поступает на улицу. Внутри квартала также требуется устройство водосборной сети (например, в углу, где вертикальная отметка минимальная и откуда нет стока).

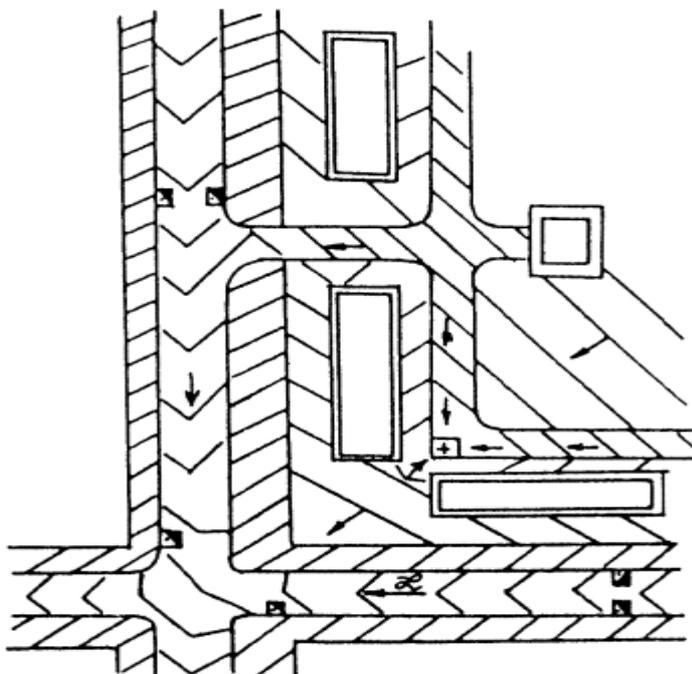


Рисунок 8. Вертикальная планировка квартала

Проект водосточной сети разрабатывается на основе генерального плана застройки города, генеральной схемы развития водосточной подземной сети. Проект водосточной сети включает:

- план бассейна с указанием направления стока по всем улицам, на котором показывается проектируемая сеть с выделением расчетных участков и точек; генплан района застройки (с геологией) с указанием размещения дождеприемных, смотровых и других колодцев;

- продольные профили коллекторов и сточных веток;

- конструктивные чертежи элементов и сооружений водосточной сети;

- расчетно-пояснительную записку, включающую гидрологический и гидравлический расчеты сети, ведомость объемов работ и сметно-финансовый расчет.

Проектирование водосточной сети города включает следующие операции:

1. Установление границ бассейнов, трасс главных коллекторов, мест выпуска воды.

2. Начертание сети коллекторов в каждом бассейне и установление границ частных бассейнов.

3. Размещение водоприемных колодцев на улицах и площадях в соответствии с трассами коллекторов.

4. Определение расчетных точек и расчетных участков на коллекторах.

5. Определение длины каждого расчетного участка и площади бассейна стока для расчетных участков.

6. Установление продольных уклонов каждого расчетного участка и составление профилей по трассам коллекторов.

7. Гидрологический и гидравлический расчеты коллекторов.

8. Разработка конструкции водосточной сети.

В начальной стадии проектирования вся территория города разбивается на систему бассейнов, в каждом из которых намечается главный коллектор с выпуском воды в водоем или другое место сброса вод. Границы бассейнов устанавливаются по рельефу местности. Обычно используют схемы или проекты вертикальной планировки, где указаны направления стока и водоразделы. Следует помнить, что рассматривается будущий рельеф местности (рисунок 9).

В каждом бассейне различают частные бассейны стока. Общий является бассейн системы, имеющей главный коллектор. Частными являются отдельные бассейны, определяющие поверхностный сток по расчетным участкам сети. Желательно, чтобы площадь общих бассейнов находилась в пределах 75...100 га. В этом случае диаметры коллекторов обычно не превышают 800...1200 мм.

Начальные точки водосточных коллекторов, принимающих дождевые воды из первых водоприемных колодцев, намечаются из условия длины свободного пробега воды, т.е. с учетом расстояния от водораздела до первого водоприемного колодца, в пределах которого вода стекает по открытым лоткам. При этом должна учитываться допустимая высота наполнения лотков, при которой будет обеспечен пропуск расходов стока. Допустимое наполнение - 5 см.

Главные коллекторы обычно проектируют по тальвегам и по кратчайшим направлениям от наиболее удаленной точки бассейна до места сброса воды. Однако во всех случаях положение главного коллектора должно быть увязано с планировкой улично-дорожной сети города (существующей или перспективной). Наиболее целесообразно главные коллекторы прокладывать по магистральным улицам.

При относительно плоском бассейне желательно главный коллектор трассировать по середине бассейна. В водосточной сети на всех её участках должно быть самотечное движение воды. Поэтому все коллекторы (главные и второстепенные) прокладываются в направлении падения продольных уклонов.

Проектирование сети водостоков должно вестись вариантным методом. Выбор окончательного варианта проводится на основе технико-экономического сравнения вариантов. Основной задачей при проектировании является полное обслуживание всей территории города, всех улиц при наименьшей длине сети и наиминимальной ее строительной стоимости.

В зависимости от ширины проезжей части на улице предусматривают прокладку одного или двух коллекторов. Критерием является длина водосточной ветки от дождеприемного колодца до коллектора (не более 40 м). Размещение коллектора в пределах улицы подчиняется общему размещению подземных коммуникаций в её поперечном профиле. Целесообразно размещать водосточный коллектор на удалении 1,5...2,0 м от лотка проезжей части.

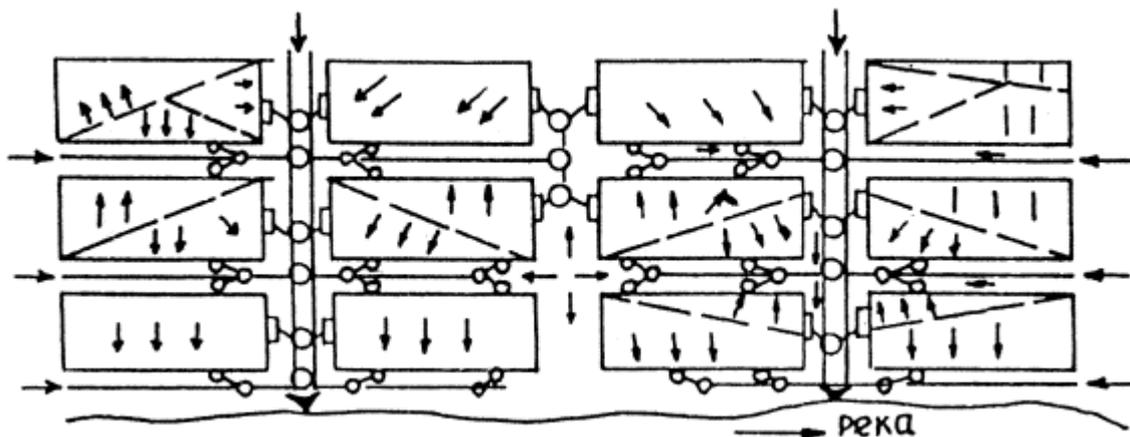


Рисунок 9. Бассейны водосточной сети города

#### 4.2. Типизация водоотводов

Различают водоотводы *закрытого*, *открытого* и *смешанного* типов.

**Закрытые** водоотводы обычно состоят: из открытых лотков на поверхности улиц, водоприемных (дождеприемных) колодцев (принимают воду из лотков), трубопроводов для отвода воды из водоприемных колодцев, сети водосточных труб различных диаметров, отводящих воду в главный коллектор, главного коллектора, смотровых колодцев, камер различного назначения, водовыпуска и т.п. Также закрытые водоотводы находят применение при устройстве сети во дворах и соединении их с водосточными трубами, отводящими воду с крыш зданий непосредственно к подземным водоводам, минуя выпуск воды на тротуары;

Водоотвод **открытого** типа состоит из лотков и кювет, входящих в конструкцию дорог, а также водоотводных канав и русел протоков, мостиков или труб при пересечении с улицами и тротуарами. Наряду с этим имеются специальные сооружения: перепады, быстротоки с соответствующими гасящими устройствами в нижнем бьефе.

Водоотвод **смешанного** типа соединяет элементы закрытых и открытых сетей водоотвода.

Как правило, отвод дождевых стоков производится самотеком. Исключения очень редки, например, когда имеются особо неблагоприятные условия рельефа местности.

Выбор системы и типа водоотведения, а также схем расположения дождевых коллекторов выполняют на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом санитарно-гигиенических показателей.

### 4.3. Назначение и область применения сооружений на сетях водоотвода

На водоотводящих сетях устраивают следующие основные типы сооружений:

1. **Дождеприемники** – служат для отвода поверхностных вод из лотков в подземную водосточную сеть.

2. **Смотровые колодцы** (камеры, шахты) – одни из основных конструктивных элементов водоотводящих сетей, которые устраиваются в местах присоединения трубопроводов, изменения их диаметров, глубины заложения и уклонов, а также на прямолинейных участках сети через определенные СНиП 2.04.03-85 [7] расстояния.

Различают *линейные, узловые, поворотные, контрольные* и другие типы смотровых колодцев, через которые производится наблюдение за работой сети и осуществляется профилактические мероприятия и ремонт.

3. **Перепадные колодцы** – специальные сопряжения трубопроводов, лежащих на разных глубинах.

4. **Дюкеры и самотечные переходы** – устраиваются при пересечении рек, оврагов и инженерных сооружений.

5. **Ливнеспуски и разделительные камеры** – имеются на сетях общесплавной и полураздельной систем водоотведения для сброса части дождевого стока в водоем.

6. **Регулирующие резервуары** – служат для сглаживания пиковых дождевых расходов.

7. **Сливные станции и пункты** – предусматриваются для приема жидких отходов от неканализованных районов доставкой их ассенизационным транспортом.

8. **Насосные станции** – для перекачки жидкости на более высокие геодезические отметки.

9. **Выпуски** – служат для сброса стоков в водоемы.

В некоторых случаях на сетях могут применяться и другие сооружения специального назначения (снеготаялки, колодцы для сброса снега и т.д.).

#### Вопросы для самоконтроля

1) Сформулируйте основную цель организация стока поверхностных вод с урбанизированных территорий.

2) Что включает проект водосточной сети?

3) Какие операции включает проектирование водосточной сети города?

4) Назовите типы водоотводов.

5) Перечислите и охарактеризуйте основные сооружения на сетях водоотвода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

7. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2

8. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах:

<http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>

2. **СНиП 2.04.03 – 85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 1986. 72 с.

## РАЗМЕЩЕНИЕ СООРУЖЕНИЙ НА СЕТЯХ ВОДООТВОДА

### 5.1. Размещение водоотводящих сетей на плане и в поперечном профиле улиц

Водоотводящие сети различных систем в крупных городах при развитом подземном хозяйстве должны трассироваться с учетом других подземных сооружений. Кроме этого необходимо учитывать возможности размещения механизмов при строительномонтажных работах.

Согласно требованиям СНиП II-89-80 [8] дождевую сеть трассируют по середине проезда.

При очень развитом подземном хозяйстве под магистральными проездами все инженерные сети, кроме газопроводов, прокладывают в общих коллекторах–туннелях.

Кроме трассировки в плане водоотводящие сети необходимо зонировать и по глубине заложения. При подземной прокладке сети должны быть уложены на наименьшей технической оправданной глубине. В плане сети желательно укладывать от оси застройки к оси проезжей части по возрастающей глубине (рисунок 10).

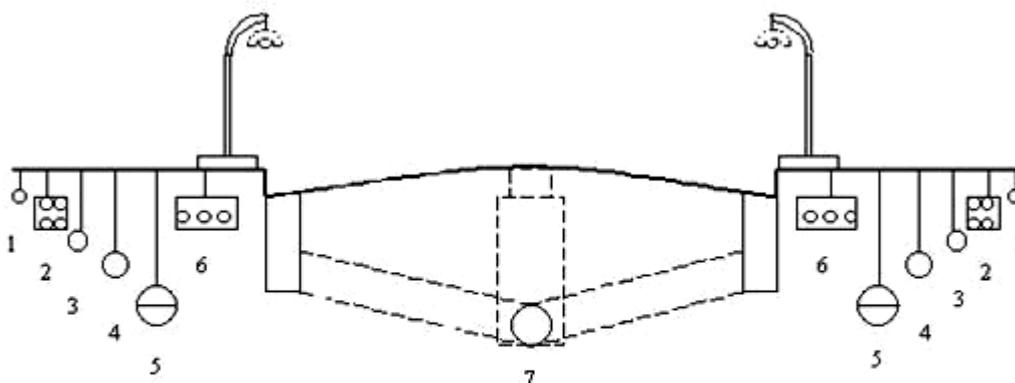


Рисунок 10. Размещение подземных сетей в профиле улицы

1 – электрокабель; 2 – телефонный кабель; 3 – газопровод; 4 – водопровод; 5 – бытовая водоотводящая сеть; 6 – тепловая сеть; 7 – дождевая водоотводящая сеть

Глубина заложения труб водоотводящих сетей должна быть не более глубины промерзания грунта, но не менее 1 м (по нагрузке от транспорта).

#### Основные правила конструирования водоотводящей сети

- Между смотровыми колодцами трубопроводы следует проектировать прямолинейными. В местах изменения диаметра, направления, присоединения труб, а также на прямых участках через определенные СНиП 2.04.03-85 [7] расстояния устраиваются смотровые колодцы.
- Угол в присоединениях между присоединяемой и отводящей трубами не должен быть менее  $90^\circ$  во избежание образования подпоров и местных сопротивлений.
- Необходимо просчитывать потери напора в местных сопротивлениях и не допускать подпора и подтопления сети.
- Расчетная скорость в боковом присоединении не должна быть больше, чем в основном коллекторе. Уровни воды в боковых присоединениях должны быть не выше, чем в основной трубе.

- С увеличением уклона трубопровода допускается (после предварительных расчетов) уменьшение диаметра при трубах диаметром 250 мм и более.

## 5.2. Расположение и конструкция дождеприемников

Дождеприемники устраиваются:

- в пониженных местах и в конце улиц с затяжными спусками;
- на перекрестках и у пешеходных переходов;
- на затяжных спусках – в промежуточных точках;
- при плоском рельефе местности – в пониженных местах лотков улиц;
- внутри кварталов, дворов и парков.

Конструктивно дождеприемник представляет собой колодец, состоящий из съемной решетки, стакана и днища с лотком. Он бывает без осадочной части и с осадочной частью.

Дождеприемники с осадочной частью целесообразно применять при плоском рельефе местности и малоблагоустроенных территориях. Для нормальной эксплуатации такого колодца необходима регулярная его прочистка.

Дождеприемные колодцы обычно собирают из железобетонных колец диаметром 0,7 и 1 м. Глубина зависит от глубины промерзания грунтов и составляет от 910 до 2020 мм (по типовым проектам). На одной ветке можно размещать 2 – 4 дождеприемника. Дождеприемники могут располагаться как **внутри кварталов**, так и **на уличных проездах**, причем в последнем случае дождеприемники могут находиться и по длине всего проезда, или только на перекрестках. Схема размещения дождеприемников показана на рисунке 11.

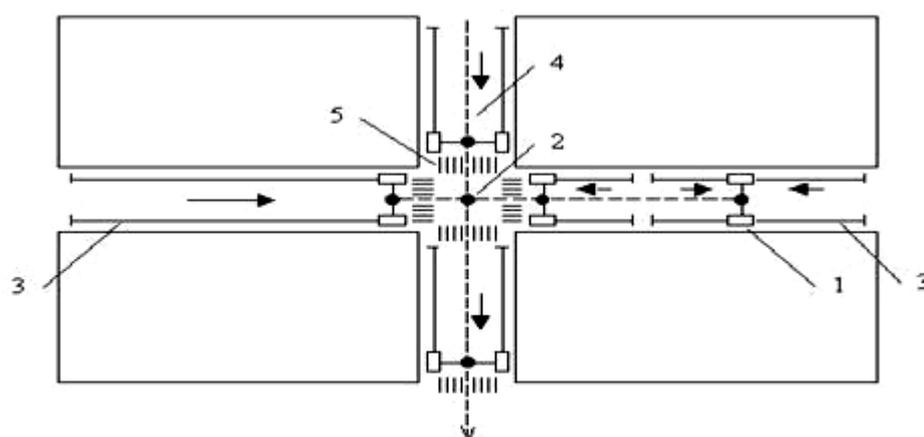


Рисунок 11. Схема размещения дождеприемников  
1 – дождеприемники, 2 – колодцы, 3 – лотки, 4 – закрытые трубопроводы,  
5 – пешеходный переход

Длина присоединения от дождеприемников к коллекторам должна быть не более 40 м, диаметр – не менее 200 мм. Дождеприемники обязательно устанавливаются на перекрестках улиц, не доходя до “зебры”.

В зависимости от конструкции верхней (принимающей сточные воды) части дождеприемники бывает трех типов: с горизонтальным отверстием, перекрытым решеткой; с вертикальным отверстием в плоскости бордюрного камня; комбинированные.

Пропускная способность решеток зависит от схемы расположения их в уличном лотке. Различают два принципиально различных варианта размещения:

- Установка решеток в пониженных местах. Дождеприемники в этом случае принимают весь объем сточных вод. Обычно эта схема применяется в городах с плоским рельефом.

- Установка решеток на участках с продольным уклоном одного знака, т.е., например, на участке затяжного спуска или подъема. При этом в одной лотке располагается последовательно несколько решеток. В данном случае возможен проскок части расхода мимо дождеприемника. Часть водного потока, которая проскакивает мимо первой решетки, улавливается следующими. По этой схеме работает большая часть решеток в городах с пересеченным рельефом.

Расстояние между дождеприемниками при пилообразном продольном профиле лотков (уклоне улиц менее 0,005) назначается в зависимости от продольного уклона улиц и глубины воды в лотке у дождеприемника, которая, как правило, не должна превышать 0,06 м. Расстояние между дождеприемниками при затяжном уклоне улиц не менее 0,005 устанавливается исходя из условия, что ширина потока перед решеткой не должна превышать 2 м. На территории кварталов дождеприемники должны устанавливаться на расстояниях 50, 60, 70 или 80 м при уклоне улицы соответственно 0,004; 0,004 – 0,006; 0,006 – 0,01 и 0,01 – 0,03.

### 5.3. Смотровые колодцы, соединительные камеры, промывные и перепадные колодцы, разделительные камеры

*Смотровым колодцем* или *камерой* называют шахту, расположенную над водоотводящим трубопроводом, внутри которой труба или коллектор заменены открытым лотком. Назначение этих колодцев состоит в обеспечении возможности прочистки, контроля и вентиляции сети.

Места расположения смотровых колодцев следующие:

1. В местах изменения диаметра или уклона трубопровода.
2. При изменении направления трубопровода в плане (повороты).
3. В местах присоединения боковых веток.
4. На прямолинейных участках через 35 – 300 м в зависимости от диаметра трубопровода.

Колодцы и камеры выполняются из сборного или монолитного железобетона, кирпича. В плане колодцы бывают круглыми, прямоугольными или полигональными.

*Поворотные колодцы* предусматриваются в случае изменения направления трассы трубопровода, причем для устранения большого гидравлического сопротивления необходимо, чтобы угол между присоединяемой и отводящей трубами был не менее  $90^\circ$ , а радиус поворота – от 1 до 5 диаметров труб. Лоток такого колодца плавно искривлен.

*Узловые колодцы* устраивают в местах соединения двух-трех трубопроводов. Они имеют узел лотков, соединяющих не более трех подводящих труб и одной отводящей. Узловые колодцы на крупных коллекторах называют *соединительными камерами*.

*Контрольные колодцы* выполняются в местах присоединения дворовой или внутриквартальной сети к уличной и располагаются за пределами **красной линии** (красная линия – термин, применяемый в градостроительстве для обозначения условных границ, отделяющих территорию площадей, улиц, проездов и магистралей от территории, отведенной под застройку. Установленный в градостроительстве порядок разрешает строительство зданий только по красной линии или с отступлением от нее в глубину квартала).

*Промывные колодцы* служат для периодической промывки начальных участков сети, которые имеют малые диаметры. В этом качестве могут использоваться обычные смотровые колодцы и специальные конструкции с запорными устройствами и подводом воды.

Сопряжение труб, уложенных на разной глубине, осуществляется с помощью *перепадных колодцев*, которые могут быть установлены на любой системе водоотведения. Необходимость их применения возникает в следующих случаях:

- при присоединении боковых веток к коллекторам или внутриквартальных сетей к уличным трубопроводам;
- при пересечении трубопроводов с инженерными сооружениями и естественными препятствиями;
- при устройстве затопленных выпусков воды в водоемы;
- при больших уклонах земли для исключения превышения максимально допустимой скорости движения.

*Разделительные камеры*, устраиваемые на дождевой сети полураздельной системы водоотведения, аналогичны по конструкции *ливнеотводам*, которые имеются в общесплавной системе. Поэтому их иногда объединяют под общим названием – **ливнесбросные камеры**. По принципу работы разделительные камеры можно подразделить на следующие основные типы:

- с водосливами различной конфигурации (прямолинейными, боковыми одно- и двухсторонними, криволинейными боковыми, кольцевыми и т.д.);
- с различной дальностью отлета струи (типа донного слива, с вертикальной разделительной стенкой);
- с сифонами, механическими устройствами и др.;
- комбинированные.

В зависимости от конструкции камеры перелетевший через стенку поток ударяется о дно лотка и:

- или удаляется целиком на сброс в водоем;
- или разделяется на два противоположных потока: один направляется в ливнеотвод, другой – на очистку (в случае отверстия в стенке). Параметры работы такой камеры определяются расстоянием между вертикальной стенкой и подводящим коллектором и высотой падения (разностью отметок дна лотка и верха стенки).

Для гашения энергии может быть устроен водобойный колодец перед ливнеотводом.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Как размещаются подземные сети водоотвода в профиле улицы?
- 2) Сформулируйте основные правила конструирования водоотводящей сети.
- 3) Где устраиваются дождеприемники и какие они бывают?
- 4) Для чего и где устраиваются смотровые, поворотные и узловы колодцы?
- 5) Что представляют собой контрольные и промывные колодцы?
- 6) Что представляют собой разделительные камеры?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

9. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
10. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>
2. **СНиП 2.04.03 – 85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 1986. 72 с.

## СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ ОТВЕДЕНИИ НА ОЧИСТКУ И В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

### 6.1. Регулирующие резервуары

Расходы стока дождевых вод в сетях водоотведения обычно быстро нарастают, достигая максимума в моменты концентрации стока со всего бассейна, затем снижаются до полного прекращения стока. Продолжительность максимальных расходов невелика, поэтому целесообразен временный сброс пиковых расходов дождевого стока в емкости-резервуары, которые будут опорожняться после прекращения поступления стока. Таким путем может быть уменьшена необходимая пропускная способность, а, следовательно, размеры коллекторов и других сооружений, расположенных за резервуарами.

Регулирование расходов в системах водоотведения позволяет уменьшить диаметры трубопроводов перед отводными коллекторами большой протяженности, понизить мощность насосных станций и очистных сооружений. Очевидны преимущества регулирующих резервуаров для работы очистных сооружений, на которые целесообразно подавать мало изменяющийся по величине расход сточных вод. Это повышает эффективность работы сооружений, уменьшает их объем и стоимость. В городах США, Германии, Франции и других стран Европы существуют общесплавные системы канализации, в которых используются регулирующие емкости для приема части дождевого стока при переполнении транспортных коммуникаций канализации в периоды ливневых дождей.

На практике рекомендуют три основные схемы включения регулирующих емкостей в общую систему водоотведения (рисунок 12).

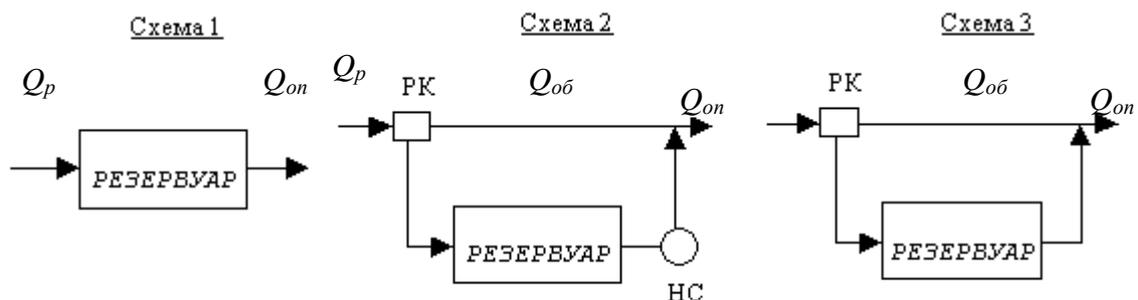


Рисунок 12. Схемы подключения регулирующих резервуаров к дождевой сети  
РК – разделительная камера; НС – насосная станция

При подключении по схеме 1 весь расход дождевых вод подводится к резервуару по трубе большого диаметра с одновременным отводом части расхода  $Q_{on}$  по трубе малого диаметра (опорожнением резервуара). По схеме 2 на подводящем дождевом коллекторе устраиваются разделительные камеры, через которые часть дождевого стока направляется в регулирующие емкости, а часть  $Q_{об}$  идет в обход резервуара. Опорожнение происходит через насосную станцию. Схема 3 похожа на схему 2, только опорожнение резервуара происходит самотеком через трубу малого диаметра.

Особенностями работы регулирующих резервуаров, влияющими на их конструкцию, является *периодичность заполнения* дождевым стоком и *выпадение взвеси*, которое приводит к частичному осветлению воды. Различают два вида регулирующих резервуаров: *открытого* и *закрытого* типов.

Открытые резервуары проще по конструкции и удобнее в эксплуатации, однако, их устраивают за пределами жилой застройки. Закрытые резервуары, как правило, должны иметь надежную вытяжную вентиляцию и устройства для смыва и удаления осадка.

Самые благоприятные условия для выпадения взвеси возникают в период, когда прекращается поступление стока в резервуар, а заполнение его объема близко к наибольшему расчетному. При большой площади резервуаров сбор и удаление осадка из них затруднены, особенно из резервуаров закрытого типа. При конструировании резервуаров в этих случаях требуются специальные технические решения. Для опорожнения резервуаров через насосную станцию следует предусматривать прокладку трубопроводов, по которым можно подавать воду для промывки и взмучивания осадка. Во избежание переполнения при выпадении дождей большой интенсивности и продолжительности в верхней части резервуаров могут предусматриваться переливные трубопроводы и водосливы с полупогруженными досками для предотвращения выноса в водоем плавающих веществ.

Для удаления осадка в закрытых резервуарах предусматривают приямок и люк над ним, открытые резервуары чистят бульдозерами и погрузчиками. В этом случае при устройстве резервуаров нужно предусматривать специальные подъездные пути для работы техники. К настоящему моменту разработано множество конструкций резервуаров для накопления и регулирования поверхностных вод.

## **6.2. Перекачка поверхностного стока**

При проектировании сетей дождевой канализации следует обеспечивать преимущественно самотечный режим отведения дождевых вод. В отдельных случаях, обусловленных топографическими особенностями территории, возникает необходимость устройства насосных станций для перекачки поверхностных вод. Главной особенностью при расчете насосных станций является, с одной стороны, требование обеспечения отведения стоков в режиме, не ухудшающем расчетный режим работы вышерасположенных участков канализационной сети (без увеличения частоты ее кратковременного переполнения), а с другой стороны, крайняя нерегулярность работы станций, обуславливающая повышенные требования к экономичности таких систем.

Расчет насосных станций следует выполнять по методу предельных интенсивностей с использованием расчетных зависимостей типового гидрографа дождевого стока. В общем виде расчет насосных станций сводится к определению оптимального соотношения между максимальной (пиковой) производительностью насосов и величиной рабочего объема приемного резервуара насосной станции по основным пяти схемам, представленным на рисунке 13.

При проектировании насосных станций перекачки поверхностных сточных вод следует учитывать крайнюю неравномерность и нерегулярность их работы, а также наличие длительных периодов простоя. Предпочтение следует отдавать наиболее простым и экономичным конструкциям, что обеспечивается за счет применения станций с насосными агрегатами погружного типа. Для компенсации неравномерности поступления поверхностных стоков на станцию следует принимать не менее двух однотипных рабочих агрегатов с автоматической системой выравнивания их моточасов. Для уменьшения размеров станции число рабочих агрегатов следует принимать не более трех с одним резервным агрегатом.

При выборе оптимального соотношения между максимальной расчетной производительностью насосов и величиной рабочего объема резервуара насосной станции следует учитывать, что в насосных станциях с большим объемом резервуара происходит (особенно в периоды малоинтенсивного притока сточных вод) отстаивание и накопление оседающих и всплывающих загрязнений.

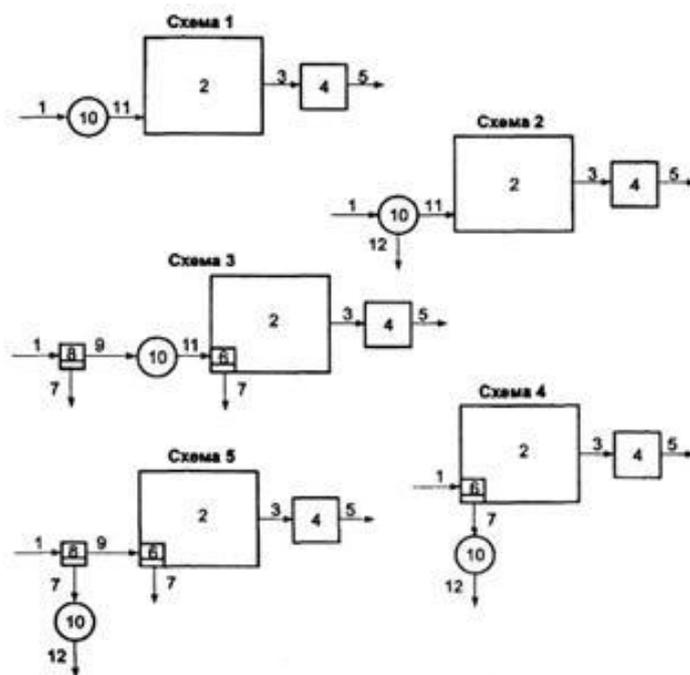


Рисунок 13. Основные схемы перекачки дождевого стока

В этом случае следует предусматривать технические средства для периодической очистки резервуара либо использовать насосное оборудование с системой автоматического взрыхления (размыва) осадка. Во избежание засорения насосного оборудования грубыми механическими включениями предусматривается установка мусоросборных корзин или решеток с прозорами размером 5-40 мм в зависимости от типа применяемых насосов.

Система автоматики насосных станций должна обеспечивать: автоматическое включение и отключение насосных агрегатов, включение дополнительных насосных агрегатов в соответствии с уровнем заполнения резервуара, автоматический ввод резервного оборудования.

### 6.3. Выпуски сточных вод в водоемы

Выпуски сточных вод – это специальные сооружения, целью которых является обеспечение сброса стоков в водоем. При выборе типа выпуска и места его расположения исходят из того, чтобы было обеспечено как можно более полное смешение стоков с водой. Поэтому выпуски всех типов надлежит размещать в местах с повышенной турбулентностью, т.е. на порогах, в протоках, сужениях и т.д. Выпуски можно классифицировать:

- по типу водоема: речные, озерные и морские;
- по месту расположения: береговые, русловые и глубинные;
- по конструкции: затопленные, незатопленные, сосредоточенные, рассеивающие и эжекторные.

Береговые выпуски могут быть **затопленные** и **незатопленные**. Затопленные выпуски представляют собой береговые колодцы с выходом стоков под уровень воды в водоеме. Незатопленные береговые выпуски устраивают в виде открытых быстротоков, каналов, консольных сбросов и оголовков.

Из-за небольшой эффективности смешения стоков береговые выпуски используют в основном для сброса дождевых и условно-чистых стоков.

**Русловой выпуск** представляет собой трубопровод, выдвинутый в русло реки. Выпуски этого типа подразделяются на **сосредоточенные**, **рассеивающие** и **эжекторные**.

Сосредоточенный русловой выпуск заканчивается оголовком в виде бетонного блока.

**Рассеивающие выпуски** имеют горизонтальный участок трубопровода, по всей длине которого расположены несколько оголовков или сделаны прорези. Такой участок может быть расположен в канаве с засыпкой или приподнят над дном реки. Эжекторные выпуски имеют несколько эжектирующих насадков на трубопроводе. Оголовки могут быть самых различных конструкций, которые призваны увеличивать скорость истечения жидкости.

**Глубинные выпуски** аналогичны русловым. Они применяются при спуске стоков в озера, водохранилища и моря. Эти выпуски отличаются большим заглублением оголовков.

Трубопроводы для русловых выпусков изготавливаются из стальных или пластмассовых труб.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Для чего необходимо регулирование расходов в системах водоотведения?
- 2) Охарактеризуйте основные схемы включения регулирующих емкостей в общую систему водоотведения.
- 3) В каких случаях необходима перекачка поверхностного стока?
- 4) Что представляют собой выпуски сточных вод и как они классифицируются?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

11. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
12. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

#### б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах:  
<http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>
2. **СНиП 2.04.03 – 85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 1986. 72 с.

## ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОД ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

### 7.1. Общие положения

Поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий является одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями природного и техногенного происхождения. Водным законодательством РФ запрещается сбрасывать в водные объекты неочищенные до установленных нормативов дождевые, талые и поливомоечные воды, организованно отводимые с селитебных территорий и площадок предприятий.

На очистные сооружения должна отводиться наиболее загрязненная часть поверхностного стока, которая образуется в периоды выпадения дождей, таяния снега и от мойки дорожных покрытий, в количестве не менее 70 % годового объема стока для селитебных территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности, и всего объема стока с площадок предприятий, территория которых может быть загрязнена специфическими веществами с токсичными свойствами или значительным количеством органических веществ. Для большинства населенных пунктов РФ эти условия выполняются при расчете очистных сооружений на прием стока от малоинтенсивных, часто повторяющихся дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности дождя 0,05-0,1 года.

Поверхностные сточные воды с территорий промышленных зон, строительных площадок, складских хозяйств, автохозяйств, а также особо загрязненных участков, расположенных на селитебных территориях городов и населенных пунктов (бензозаправочные станции, автостоянки, автобусные станции, торговые центры), перед сбросом в дождевую канализацию или централизованную систему коммунальной канализации должны подвергаться очистке на локальных очистных сооружениях.

В связи со значительной зависимостью загрязненности поверхностного стока от санитарного состояния водосборных площадей и воздушного бассейна при проектировании систем дождевой канализации селитебных территорий и площадок предприятий необходимо предусматривать организационно-технические мероприятия по сокращению количества выносимых примесей:

- организацию регулярной уборки территорий;
- проведение своевременного ремонта дорожных покрытий;
- ограждение зон озеленения бордюрами, исключающими смыв грунта во время ливневых дождей на дорожные покрытия;
- повышение эффективности работы пыле- и газоочистных установок с целью максимальной очистки выбросов в атмосферу и предотвращения появления в поверхностном стоке специфических загрязняющих компонентов;
- повышение технического уровня эксплуатации автотранспорта;
- организацию уборки и утилизации снега с автомагистралей, стоянок автомобильного транспорта;
- ограждение строительных площадок с упорядочением отвода поверхностного стока по временной системе открытых лотков, освещением его на 50-70 % в земляных отстойниках и последующим отведением в дождевую канализацию;
- исключение сброса в дождевую канализацию отходов производства, в том числе и отработанных нефтепродуктов;

- локализацию участков территории, где неизбежны просыпки и проливы химикатов, с отведением поверхностного стока в систему производственной канализации для совместной очистки;

- упорядочение складирования и транспортирования сыпучих и жидких материалов.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока, а также конструкции очистных сооружений определяется его качественными и количественными характеристиками, условиями отведения и осуществляется на основании оценки технической возможности реализации того или иного варианта и сравнения технико-экономических показателей.

При проектировании сооружений дождевой канализации населенных мест и промышленных площадок необходимо рассматривать вариант использования очищенных сточных вод для производственного водоснабжения, обводнения или орошения.

## **7.2. Выбор приоритетных показателей загрязнения поверхностного стока при проектировании очистных сооружений**

Степень и характер загрязнения поверхностного стока с селитебных территорий и площадок предприятий различны и зависят от санитарного состояния бассейна водосбора и приземной атмосферы, уровня благоустройства территории, а также гидрометеорологических параметров выпадающих осадков: интенсивности и продолжительности дождей, предшествующего периода сухой погоды, интенсивности процесса весеннего снеготаяния.

Количество загрязняющих веществ, выносимых с селитебных территорий поверхностным стоком, определяется плотностью населения, уровнем благоустройства территорий, видом поверхностного покрова, интенсивностью движения транспорта, частотой уборки улиц, а также наличием промышленных предприятий и количеством выбросов в атмосферу.

Концентрация основных примесей в дождевом стоке тем выше, чем меньше слой осадков и продолжительнее период сухой погоды, и изменяется в процессе стекания дождевых вод. Наибольшие концентрации имеют место в начале стока до достижения максимальных расходов, после чего наблюдается их интенсивное снижение.

Концентрация примесей в талых водах зависит от количества осадков, выпадающих в холодное время года, доли грунтовых поверхностей в балансе площади стока и притока талых вод с прилегающих незастроенных территорий.

Сток поливомоечных вод отличается относительно стабильным составом и высокими концентрациями примесей.

Основными загрязняющими компонентами поверхностного стока, формирующегося на селитебных территориях, являются продукты эрозии почвы, смываемые с газонов и открытых грунтовых поверхностей, пыль, бытовой мусор, вымываемые компоненты дорожных покрытий и строительных материалов, хранящихся на открытых складских площадках, а также нефтепродукты, попадающие на поверхность водосбора в результате неисправностей автотранспорта и другой техники. Специфические загрязняющие компоненты выносятся поверхностным стоком, как правило, с территорий промышленных зон или попадают в него из приземной атмосферы.

Загрязняющие вещества, присутствующие в поверхностном стоке селитебных территорий, можно классифицировать как:

- минеральные и органические примеси естественного происхождения, образующиеся в результате адсорбции газов из атмосферы и эрозии почвы, - грубодисперсные примеси (частицы песка, глины, гумуса), а также растворенные органические и минеральные вещества;

- вещества техногенного происхождения в различном фазово-дисперсном состоянии - нефтепродукты, вымываемые компоненты дорожных покрытий, соединения тяжелых ме-

таллов, СПАВ и другие компоненты, перечень которых зависит от профиля предприятий местной промышленности;

- бактериальные загрязнения, поступающие в водосток при плохом санитарно-техническом состоянии территории и канализационных сетей.

Учитывая многообразие факторов, влияющих на формирование поверхностных сточных вод, характер и степень их загрязнения минеральными и органическими компонентами различного происхождения, в качестве приоритетных показателей, на которые следует ориентироваться при выборе технологической схемы очистки поверхностного стока с селитебных территорий, необходимыми и достаточными являются такие обобщенные показатели качества воды, как содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов и значение показателей БПК<sub>20</sub> и ХПК, суммарно характеризующие присутствие легко- и трудноокисляемых органических соединений.

Специфические загрязняющие компоненты в составе поверхностного стока с селитебных территорий, которые подлежат удалению в процессе очистки (например, СПАВ, соли тяжелых металлов, биогенные элементы), являются, как правило, результатом техногенного загрязнения или неудовлетворительного санитарно-технического состояния поверхности водосбора. Поэтому их следует включать в перечень приоритетных показателей только по данным натурных исследований после изучения причин, обуславливающих их присутствие.

Удельный вынос естественных примесей с дождевым стоком с селитебных территорий больших городов при плотности населения, близкой к 100 чел/га, а также средних и малых городов с современным уровнем благоустройства для укрупненных расчетов в первом приближении можно принимать по данным таблице 1.

Таблица 1 - Удельный вынос естественных примесей с дождевым стоком с селитебных территорий больших городов при плотности населения, близкой к 100 чел/га

Загрязняющие компоненты	Удельный вынос, кг/(га год)
Взвешенные вещества	2500
Органические вещества по показателям: ХПК	1000
БПК <sub>20</sub>	140
Нефтепродукты	40
Биогенные элементы:	
соединения азота	6
соединения фосфора	1,5
Минеральные соли	400

Для малых и средних городов со старой малоэтажной застройкой и недостаточным уровнем благоустройства удельный вынос взвешенных веществ следует принимать на 20 % больше по сравнению с данными таблицы 1.

По остальным показателям для малых, средних и крупных городов, селитебная плотность которых значительно отличается от величины 100 чел/га, следует вводить поправочный коэффициент, равный П/100, где П - селитебная плотность населения рассматриваемого объекта.

Примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий приведен в таблице 2. Наиболее загрязненным по всем показателям является талый сток, который по значению показателя БПК<sub>20</sub> приближается к неочищенным хозяйственно-бытовым сточным водам.

Таблица 2 - Примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий

Площадь стока	Дождевой сток			Талый сток		
	взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	БПК <sub>20</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	БПК <sub>20</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий (центральная часть города с административными зданиями, торговыми и учебными центрами)	400	40	8	2000	70	20
Современная жилая застройка	650	60	12	2500	100	20
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1000	80	20	3000	120	25
Территории, прилегающие к промышленным предприятиям	2000	90	18	4000	150	25
Кровли зданий и сооружений	<20	< 10	0,01-0,7	<20	<10	0,01-0,7
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	300	60	<1	1500	100	<1

Поверхностный сток с территории промышленных предприятий имеет, как правило, более сложный состав и определяется характером основных технологических процессов, а концентрация примесей зависит от вида поверхности водосбора, санитарно-технического состояния и режима уборки территории, эффективности работы систем газо- и пылеулавливания, организации складирования и транспортирования сырья, промежуточных и готовых продуктов, а также отходов производства.

На крупных предприятиях, включающих различные производства, поверхностный сток с отдельных территорий по составу примесей может заметно отличаться от стока с других участков и общего стока, что должно учитываться при разработке технологии очистки и схемы его отведения.

В зависимости от состава примесей, накапливающихся на промышленных площадках и смываемых поверхностным стоком, промышленные предприятия и отдельные их территории можно разделить на две группы.

**К первой группе** относятся предприятия и производства, сток с территории которых при выполнении требований по упорядочению источников его загрязнения, по составу примесей близок к поверхностному стоку с селитебных территорий и не содержит специфических веществ с токсичными свойствами. Основными примесями, содержащимися в стоке с территории предприятий первой группы, являются грубодисперсные примеси, нефтепродукты, сорбированные главным образом на взвешенных веществах, минеральные соли и органические примеси естественного происхождения.

**Ко второй группе** относятся предприятия, на которых по условиям производства не представляется возможным в полной мере исключить поступление в поверхностный сток специфических веществ с токсичными свойствами или значительных количеств органических веществ, обуславливающих высокие значения показателей ХПК и БПК<sub>20</sub> стока.

**К первой группе** относятся предприятия черной металлургии (за исключением коксохимического производства), машино- и приборостроительной, электротехнической, угольной, нефтяной, легкой, хлебопекарной, молочной, пищевой промышленности, серной и содовой подотраслей химической промышленности, энергетики, автотранспортные предприятия, речные порты, ремонтные заводы, а также отдельные производства нефтеперерабатывающих, нефтехимических, химических и других предприятий, на территорию которых не попадают специфические загрязняющие вещества.

Ко второй группе относятся предприятия цветной металлургии, обработки цветных металлов, коксохимического производства, бытовой химии, химической, лесохимической, целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и микробиологической промышленности, кожевенно-сырьевые и кожевенные заводы, мясокомбинаты, шпалопропиточные заводы, аэропорты, производства химической и электрохимической обработки поверхностей металлов (гальванические производства), окрасочные производства, производства синтетических моющих средств (СМС) и др.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Перечислите организационно-технические мероприятия по сокращению количества выносимых примесей.
- 2) Как классифицируют загрязняющие вещества, присутствующие в поверхностном стоке селитебных территорий?
- 3) Охарактеризуйте две группы предприятий и отдельных территорий в зависимости от состава примесей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

13. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
14. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах:  
<http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>

## ЛЕКЦИЯ 8

### ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА СЕТЯХ ВОДООТВОДА

#### 8.1. Требования к степени очистки поверхностного стока

Чрезвычайная нестабильность поверхностного стока и специфичность образования обуславливают сложность изучения его состава. Проведенные до настоящего времени экспериментальные исследования не позволяют с достаточной полнотой характеризовать качественный состав поверхностного стока, особенно образующегося на территориях промышленных предприятий. Несмотря на это, по имеющимся данным можно оценить его состав и обосновать схему очистки.

Поверхностный сток формируется, как указывалось выше, из дождевых, талых и поливочных вод и отводится по дождевой (ливневой) или общесплавной канализационной сети. Даже при раздельной системе канализации совместно с поверхностным стоком отводятся дренажные воды, а на территории промышленных зон и производственные стоки, прошедшие локальную очистку.

Состав стока в любой момент времени практически непредсказуем, его характеристики выявляются в результате длительных исследований и накопления представительного ряда наблюдений. Из наиболее характерных примесей в составе поверхностного стока выделим несколько видов.

*В дождевых водах* присутствуют всевозможные загрязнения, поступающие из атмосферы и накапливающиеся на поверхности.

*Дренажный сток* включает подземные воды с присущими им компонентами загрязнений: железом, алюминием, марганцем, медью, фенолом.

*Талый сток*, помимо загрязнений местного происхождения, может содержать примеси, попавшие в атмосферу вдалеке от места осадения.

Разнообразие условий формирования стока затрудняет прогноз качества воды. Сравнивая показатели загрязнения с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) в воде, используемой для хозяйственно-питьевых либо рыбохозяйственных целей; не следует упускать из вида агрегатное состояние отдельных компонентов. Большая часть примесей (иногда до 90% от общей массы) сорбирована поверхностью дисперсных примесей, включающих взвешенные вещества и коллоидные частицы. Поскольку ПДК тяжелых металлов относится к растворимым формам примесей, сопоставление фактической концентрации с ПДК должно производиться после тонкого фильтрования (ультрафильтрации) воды; в противном случае в массу вредных веществ будут включены нерастворенные примеси, на которые не установлены ПДК. Для выяснения всех аспектов данной проблемы необходимы обширные исследования с привлечением методов определения фактической токсичности сточных вод. Не исключено, что многие из токсичных металлов находятся в виде менее токсичных металлорганических комплексов и могут не оказывать суммирующего вредного воздействия.

В ходе анализа проблемы удаления и очистки воды необходимо обратить внимание на удаление твердых осадков в результате снеготаяния. Запасы собственного тепла сточных вод либо привлеченных источников низкопотенциального тепла могут помочь ликвидировать складирование снега в центральной части города при относительно небольшом радиусе его

транспортировки, рационально загрузить очистные станции в зимнее время, уменьшить тепловое загрязнение водостоков.

Законодательство в области защиты водных объектов должно строиться на компромиссе между желаниями и экономическими возможностями. Проблема охраны поверхностных вод должна решаться поэтапно. На первом этапе объектом стандартизации должны быть непосредственно водные источники, на втором - сточные воды, на третьем - очистные сооружения, на четвертом - приоритетные загрязнители. На пятом следует перейти от централизованных административно-законодательных мер к системе, при которой многие функции центральных природоохранных ведомств будут переданы местным властям.

Во многих странах Америки и Европы установлены стандарты как для природных вод различных классов, так и для сточных вод, но нигде нет одинаковых нормативов для природных и сточных вод. В развитых странах нормативы по взвешенным веществам и БПК<sub>5</sub> в очищенных сточных водах соответствуют требованиям биологической очистки.

Определение требуемой степени очистки следует увязывать с техническими и экономическими возможностями, а также с санитарно-гигиеническим эффектом, получаемым в результате инвестиций. Здесь немаловажным фактором является расход электроэнергии. Так, снижение БПК<sub>5</sub> с 300 до 15 мг/л (95 %) требует в 1,5 раза больше электроэнергии, чем снижение БПК<sub>5</sub> с 300 до 40 мг/л (87 %).

Степень очистки воды на очистных сооружениях определяется соответствующим расчетом, но не должна быть меньше значений, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 – Степень очистки воды в зависимости от вида загрязнения

Вид загрязнений	Степень очистки воды в прудах - отстойниках, % количества поступающих загрязнений, при расчетном времени отстоя, ч.					
	1	2	4	6	8	10
Взвешенные вещества, мг/л	80	80	85	90	95	95
Нефтепродукты при содержании, мг/л: (до 50) – (до 100)	80-80	80-85	80-85	90-87	90-90	90-90
Плавающий мусор	100	100	100	100	100	100

Эффективность капиталовложений в строительство сооружений доочистки на порядок ниже, чем в строительство сооружений полной биологической очистки.

Выбор метода очистки поверхностного стока, а также тип и конструкция очистных сооружений (открытые или закрытые) определяются их производительностью, необходимой степенью очистки по приоритетным показателям загрязнения и гидрогеологическими условиями (наличием территории под строительство, рельефом местности, уровнем грунтовых вод и т. д.).

В технологических схемах очистки поверхностного стока на сооружениях любой производительности необходимо предусматривать технические решения по организации удаления осадков и всплывающих веществ.

## 8.2. Механическая очистка

В качестве сооружений и устройств механической очистки могут применяться решетки, сетки, песколовки, гидроциклоны открытого и напорного типа, аккумулирующие резервуары-отстойники, нефтеловушки и фильтры, работающие в безреагентном режиме.

Для эффективной и стабильной работы всего комплекса очистных сооружений технологическая схема должна предусматривать предварительную очистку поверхностного стока на решетках и песколовках с целью задержания плавающего мусора и крупных механических примесей минерального происхождения (песка и глины).

Установку решеток для задержания мусора следует предусматривать перед сооружениями для регулирования и очистки поверхностного стока. Ширина прозоров решетки не должна превышать 10 мм. Для благоустроенных территорий с площадью стока до 100 га допускается применение решеток с ручной очисткой; при площади стока более 100 га рекомендуются механизированные решетки. Очистку решеток необходимо производить после каждого дождя, для чего они должны быть оснащены узлами сбора и удаления мусора.

Для удаления из поверхностного стока частиц песка гидравлической крупностью более 15 мм/с, содержание которого в дождевом стоке колеблется от 10 до 15 %, а в талом - до 20 % массы взвешенных веществ, следует применять горизонтальные или тангенциальные песколовки. Песколовок или отдельных секций должно быть не менее двух (все рабочие).

При больших расходах поверхностного стока и благоприятных топографических и гидрогеологических условиях экономически целесообразно применять пруды-отстойники с последующей глубокой доочисткой усредненного стока.

Расчет отстойных сооружений рекомендуется производить по гидравлической крупности частиц, выделение которых обеспечивает требуемый эффект очистки. Учитывая, что поверхностный сток содержит значительное количество мелкодисперсных примесей, расчет отстойных сооружений всех типов рекомендуется выполнять для частиц гидравлической крупностью 0,2 мм/с и более, что при высоте зоны отстаивания 2 м и продолжительности отстаивания 1-2 ч обеспечивает эффект осветления не менее 60-65 %.

Удаление всплывших нефтепродуктов может производиться поворотными щелевыми трубами, расположенными в начале и конце секций отстойника. К поворотным трубам нефтепродукты транспортируются скребками с ручным или электрическим приводом. Более эффективное удаление нефтепродуктов производится скиммерами. В этом случае содержание воды в удаленных нефтепродуктах может изменяться в пределах 2-10 %.

При наличии в составе очистных сооружений комплекса обезвоживания осадка допускается устройство плоского днища резервуара с уклоном к иловому приемку или ряду приемков не менее 0,05. В этом случае отведение выделенного малоконцентрированного осадка на обезвоживание производится в конце каждого из периодов опорожнения аккумулирующего резервуара. Для повышения эффективности сбора осадка также могут использоваться гидросмыв или пневматическое взмучивание. При значительных размерах аккумулирующего резервуара-отстойника периодическую очистку днища резервуара от тяжелых механических примесей (песка) целесообразно производить бульдозерами и погрузчиками, для чего следует предусматривать соответствующие пандусы и площадки перегрузки осадка.

Гидроциклоны рекомендуется применять для осветления поверхностных сточных вод на первой стадии их очистки, а также для сгущения сырого осадка, выделенного в отстойных сооружениях. Открытые гидроциклоны используются для выделения из сточных вод всплывающих и оседающих грубодисперсных примесей, напорные гидроциклоны - только для оседающих агрегативно-устойчивых примесей - частиц песка, глины и других минеральных примесей поверхностного стока. Открытые гидроциклоны без внутренних устройств рекомендуется применять для очистки сточных вод от примесей гидравлической крупностью 5 мм/с и более; открытые гидроциклоны с внутренним цилиндром и диафрагмой - от примесей гидравлической крупностью 0,2 мм/с и более, а также для выделения скоагулированных взвешенных частиц и нефтепродуктов при расходе стоков до 200 м<sup>3</sup>/ч на один аппарат. Расчет гидроциклонов сводится к определению пропускной способности и крупности частиц задерживаемых примесей.

### 8.3. Очистка сточных вод флотацией

Метод флотации рекомендуется применять при содержании в поверхностном стоке после отстаивания более  $5-10 \text{ мг/дм}^3$  тонкодиспергированных взвешенных веществ гидравлической крупностью  $0,2 \text{ мм/с}$  и менее. Метод также эффективен для очистки поверхностных сточных вод с территории промышленных предприятий и производств, характеризующихся повышенным содержанием нефтепродуктов (более  $100 \text{ мг/дм}^3$ ), ПАВ, жиров, масел и других эмульгированных жидкостей. Флотация также эффективна в качестве дополнительной стадии очистки при последующем осветлении стоков фильтрованием. Для очистки сточных вод могут применяться напорная (компрессионная) флотация, импеллерная и электрофлотация.

В зависимости от местных условий напорные флотационные установки могут работать по прямоточной схеме с насыщением в сатураторе всего расхода сточных вод, поступающих на очистку, или с рециркуляцией при подаче в сатуратор осветленных стоков в количестве  $30-50 \%$  общего расхода. Объем флотационной камеры в этом случае должен быть увеличен в  $1,3-1,5$  раза.

Прямоточная схема флотации, наиболее простая в осуществлении и эксплуатации, позволяет утилизировать извлеченные нефтепродукты, но требует высоких энергетических затрат и малоэффективна при извлечении коллоидных и хлопьевидных частиц. Напорная флотация с рециркуляцией рекомендуется при использовании в процессе очистки коагулянтов и флокулянтов.

### 8.4. Фильтрование

При доочистке поверхностного стока от нефтепродуктов и других техногенных загрязняющих веществ сорбцией перед угольными фильтрами следует предусматривать двухступенчатое фильтрование с целью снижения концентрации взвешенных веществ до  $1-2 \text{ мг/дм}^3$ . Для удобства эксплуатации на каждой ступени очистки необходимо предусматривать установку не менее двух рабочих фильтров. Первая ступень загружается более крупной фракцией (песок  $2-5 \text{ мм}$ ), вторая - мелкой (песок  $0,8-2 \text{ мм}$ ).

В качестве тяжелых загрузок фильтров могут быть использованы: кварцевый песок, гранитная крошка, гидроантрацит, керамзит, горелая порода. В качестве легких материалов могут применяться: крошка полиуретана, полистирол. Особое внимание при фильтровании через зернистые загрузки должно быть уделено процессам их промывки.

Направление фильтрования в фильтрах с зернистой загрузкой - сверху вниз. Скорость фильтрования  $5-10 \text{ м/ч}$ . При должном обосновании скорость может быть увеличена.

### 8.5. Реагентная очистка поверхностного стока

Применение реагентов рекомендуется при необходимости выделения из поверхностных сточных вод взвешенных частиц гидравлической крупностью менее  $0,2 \text{ мм/с}$ .

Для очистки рекомендуется использовать сильноосновные катионные флокулянты с молекулярной массой  $9 \cdot 10^6$  и более, с содержанием ионогенных групп не менее  $70 \%$ . При очистке воды, содержащей растворенные вещества, осаждаемые ионами трехвалентных металлов (например, фосфаты), рекомендуется использовать соли алюминия или железа совместно со слабокатионными, слабоанионными, неионными высокомолекулярными флокулянтами. Окончательный выбор флокулянта для каждого конкретного случая осуществляется экспериментально.

Органические катионные флокулянты рекомендуется использовать дозами  $0,25-1 \text{ мг/дм}^3$ . При использовании минерального коагулянта в сочетании с флокулянтом рекомендуемые дозы коагулянта в пересчете на оксид составят  $10-25 \text{ мг/дм}^3$ , флокулянта -  $0,25-0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Оптимальные дозы должны уточняться в каждом конкретном случае пробным коагулированием.

### **8.6. Биологическая очистка**

Биологическую очистку (или доочистку) целесообразно применять для удаления из поверхностного стока растворенных органических соединений, суммарно характеризующихся показателями ХПК и БПК, а также для снижения содержания СПАВ и других специфических загрязняющих компонентов техногенного происхождения (фенолов, формальдегида, этиленгликоля и т. д.), соединений азота (аммонийного, нитратного) и фосфора.

В технологической схеме очистных сооружений поверхностного стока стадия биологической очистки применяется после механической обработки. Содержание взвешенных веществ при этом не должно превышать 25-50 мг/дм<sup>3</sup>, нефтепродуктов 5 мг/дм<sup>3</sup>, других специфических загрязнений - в концентрациях, не превышающих максимально допустимые для биологической очистки.

### **8.7. Ионный обмен**

Доочистка поверхностных сточных вод от соединений тяжелых металлов и аммонийного азота может осуществляться ионным обменом с использованием природных минеральных (клиноптилолит для извлечения ионов аммония) или синтетических ионообменных материалов в режиме натрий-катионирования.

На ионообменную установку должны подаваться стоки после предварительной механической очистки и фильтрования с содержанием взвешенных веществ не более 5 мг/дм<sup>3</sup>, ХПК должна быть не более 8 мг/дм<sup>3</sup>, общая жесткость не более 4 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

### **8.8. Адсорбция**

Глубокая доочистка поверхностных сточных вод с территорий предприятий первой и второй групп от нефтепродуктов и других органических веществ достигается на сорбционных фильтрах с плотным слоем загрузки гранулированного активированного угля крупностью 0,8-5 мм. Глубокой доочистке должны подвергаться дождевые, талые и поливомочные воды после механической и реагентной очистки и фильтрования через фильтры с нейтральной зернистой загрузкой.

Содержание взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на адсорберы, не должно превышать 2 мг/дм<sup>3</sup>, нефтепродуктов - 2 мг/дм<sup>3</sup>. При выключении одного адсорбера скорость фильтрования на остальных не должна увеличиваться более чем на 20 %.

### **8.9. Озонирование**

Для удаления из поверхностных сточных вод специфических примесей: фенолов, формальдегида, СПАВ и других органических веществ может применяться озонирование. Озонированию должны подвергаться сточные воды после предварительной механической и реагентной обработки.

### **8.10. Обработка осадка**

При очистке поверхностных сточных вод в аккумулялирующих емкостях, отстойниках и песколовках образуется осадок. Он содержит в основном частицы песка и глины с адсорбированными органическими загрязнениями, нефтепродуктами, соединениями тяжелых металлов и другими загрязнениями, присутствующими в стоке. Осадок поверхностных сточных вод представляет специфичный по составу и свойствам многотоннажный и экологически опасный вид отходов, который может содержать опасные для человека микробы и микроорганизмы. По технологическим свойствам такой осадок относится к трудно-фильтруемым дисперсным системам с низкой водоотдающей способностью. Состав и свойства осадка могут изменяться в значительной степени в зависимости от условий образования и качественного состава поверхностного стока, продолжительности накопления осадка в отстойных сооружениях. При длительном накоплении может происходить его загнивание.

При проектировании очистных сооружений любой производительности необходимо предусматривать технические решения по организованному удалению осадка из емкостных сооружений для его обезвоживания и вывоза на свалки или для утилизации. При необходимости санитарное обеззараживание осадка производится в месте его складирования или утилизации по рекомендациям специализированных организаций.

### 8.11. Обеззараживание поверхностного стока

Поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий перед сбросом в водные объекты или повторным использованием в открытых системах производственного водоснабжения подлежат обеззараживанию. Перед отведением поверхностного стока в централизованную сеть коммунальной канализации населенных пунктов для совместной очистки с бытовыми сточными водами его обеззараживание может не производиться, за исключением поверхностного стока, содержащего возбудители инфекционных заболеваний.

Запрещается сбрасывать в водные объекты без обеззараживания поверхностные стоки с территорий, опасных в эпидемиологическом отношении (больницы, ветеринарные лечебницы, скотомогильники, полигоны и т. д.). Поверхностные стоки, опасные в эпидемиологическом отношении, содержащие возбудители инфекционных заболеваний, могут сбрасываться в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания (число термотолерантных колиформных бактерий КОЕ/100 мл  $\leq 100$  и число колифагов БОЕ/100 мл  $\leq 100$ ).

При отведении поверхностного стока в водные объекты (хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования) для его обеззараживания могут использоваться озонирование, УФ-излучение, прямой электролиз, а также хлорирование реагентами, содержащими хлор (гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, хлорная известь) с последующим обязательным дехлорированием. Дозу активного хлора надлежит уточнять в процессе эксплуатации.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Изложите сущность механической очистки и фильтрования.
- 2) Что представляет собой реагентная очистка и очистка флотацией?
- 3) Что представляет собой биологическая очистка, ионный обмен, адсорбция, азонирование?
- 4) Охарактеризуйте такие приемы очистки стока, как обработка осадка, обеззараживание поверхностного стока.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

15. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
16. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

#### б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>
2. **СНиП 2.04.03 – 85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 1986. 72 с.

## ЛЕКЦИЯ 9

### КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

#### 9.1. Определение расчетных концентраций загрязняющих веществ

Концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке селитебных территорий и промышленных площадок, отводимом по коллекторной сети на очистные сооружения или в водные объекты, рекомендуется принимать по данным натурных исследований. При этом определение средних значений показателей выполняют путем статистической обработки данных химического анализа, исходя из предположения нормального (или логарифмически нормального) распределения случайных изменений качественного состава воды.

При отсутствии результатов анализа концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке, отводимом на очистку, допускается принимать по аналогам (селитебные территории должны располагаться в близких природно-климатических районах, а предприятия, помимо этого, должны иметь схожую технологию производства) или определять расчетом как средневзвешенную величину по формуле:

$$C_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad (9.1)$$

где  $C_i$ , - концентрация загрязняющих веществ (или показателей качества) в поверхностных сточных водах, отводимых с различных площадей стока, мг/дм<sup>3</sup>;

$\sum_{i=1}^n F_i$  - общая площадь стока, га;

Пробы воды для определения качественного состава поверхностных сточных вод должны отбираться в точках, расположенных:

- при наличии регулирующих и аккумулирующих емкостей (накопителей) - на входе в аккумулирующие резервуары (накопители);
- при наличии локальных очистных сооружений - непосредственно на входе на очистные сооружения;
- при отсутствии регулирующих резервуаров и очистных сооружений - на выпуске поверхностных сточных вод в водный объект.

За расчетную концентрацию загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, отводимых на очистные сооружения после регулирования стока, рекомендуется принимать среднюю величину по имеющемуся ряду наблюдений (выборке из генеральной совокупности) с оценкой доверительного интервала по критерию Стьюдента. Использование доверительного интервала гарантирует, что истинное значение искомой средней величины концентрации лежит в пределах данного интервала. Указанная методика используется в математической статистике для оценки среднего параметра при неизвестной дисперсии и позволяет избежать ошибок в случае коротких рядов наблюдений.

Расчетная концентрация загрязняющего вещества (или показателя качества) для дождевого и талого стока определяется по формуле:

$$C_p = C_{cp} \pm \frac{s^2 t_{0,9}}{\sqrt{n}} \quad (9.2)$$

где  $C_p$  - расчетная концентрация загрязняющего вещества в поверхностном стоке при отведении на очистку, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{cp}$  - среднеарифметическое значение концентрации по используемому ряду наблюдений, мг/дм<sup>3</sup>;

$s^2$  - среднее квадратичное отклонение, определяемое по формуле:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_{cp})^2}{n} ; \quad (9.3)$$

$t_{0,9}$  - статистический параметр Стьюдента, зависящий от величины выборки, для 90-процентного уровня доверия;

$n$  - количество членов выборки (измерений).

Для получения более точных результатов при определении расчетных концентраций загрязняющих веществ в поверхностном стоке количество членов выборки используемого ряда наблюдений (количество измерений) по каждому контролируемому показателю должно быть не менее 10.

Допустимые сбросы загрязняющих веществ в водные объекты с поверхностными сточными водами устанавливаются для каждого выпуска, исходя из условия недопустимости превышения ПДК вредных веществ в контрольном створе или на участке водного объекта с учетом его целевого использования.

## 9.2. Определение расчетных объемов поверхностных сточных вод при отведении их на очистку

Объем дождевого стока от расчетного дождя  $W_{оч}$ , м<sup>3</sup>, отводимого на очистные сооружения с селитебных территорий и площадок предприятий, определяется по формуле:

$$W_{оч} = 10 h_a F \Psi_{mid}, \quad (9.4)$$

где  $h_a$  - максимальный слой осадков за дождь, мм, сток от которого подвергается очистке в полном объеме;

$\Psi_{mid}$  - средний коэффициент стока для расчетного дождя (определяется как средневзвешенная величина в зависимости от постоянных значений коэффициента стока  $\Psi_i$ , для разного вида поверхностей);

$F$  - общая площадь стока, га.

Для селитебных территорий и промышленных предприятий первой группы величина  $h_a$  принимается равной суточному слою осадков от малоинтенсивных часто повторяющихся дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности  $P$  - 0,05-0,1 года, что для большинства населенных пунктов РФ обеспечивает прием на очистку не менее 70 % годового объема поверхностного стока.

5.2.5. Для промышленных предприятий второй группы величина  $h_a$  принимается равной суточному слою атмосферных осадков  $H_p$  от дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности  $P$ , принятому при гидравлическом расчете дождевой сети конкретного объекта, но не менее  $P = 1$  год. В этом случае суточные слои осадков  $H_p$  требуемой обеспеченности вычисляются по формуле:

$$H_p = H (1 + c_v \Phi), \quad (9.5)$$

где  $\Phi$  - нормированные отклонения от среднего значения при разных значениях обеспеченности  $p_{об}$ , %, и коэффициента асимметрии  $c_s$ ;  $c_v$  - коэффициент вариации суточных осадков.

Максимальный суточный объем талых вод  $W_{т.сут}$ , м<sup>3</sup>, в середине периода снеготаяния, отводимых на очистные сооружения с селитебных территорий и промышленных предприятий, определяется по формуле:

$$W_{т.сут} = 10 \Psi_t K_y F h_c, \quad (9.6)$$

где  $\Psi_t$  - общий коэффициент стока талых вод (принимается 0,5-0,7);

$F$  - площадь стока, га;

$K_y$  - коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега, определяется по формуле:

$$K_y = 1 - F_y/F, \quad (9.7)$$

$F_y$  - площадь, очищаемая от снега (включая площадь кровель, оборудованных внутренними водостоками);

$h_c$  - слой талых вод за 10 дневных часов, мм, принимается в зависимости от расположения объекта. Границы климатических районов определяются по карте районирования снегового стока, приведенной в Приложении 1. Для выделенных четырех районов (1, 2, 3 и 4) величины  $h_c$  соответственно равны 25, 20, 15 и 7 мм.

Для сокращения объема талых вод, отводимых на очистку, а также снижения производительности очистных сооружений на территории населенных пунктов в зимний период необходимо предусматривать организацию уборки и вывоза снега с депонированием на «сухих» снегосвалках, либо его сброс в снегоплавильные камеры с последующим отводом талых вод в канализационную сеть.

### 9.3. Определение нормативов ПДС загрязняющих веществ при выпуске поверхностных сточных вод в водные объекты

Нормативы предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ при выпуске поверхностных сточных вод в водные объекты определяются в соответствии с Водным законодательством РФ, действующими нормативно-методическими документами и устанавливаются для каждого выпуска поверхностных сточных вод исходя из условий недопустимости превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в контрольном створе или на участке водного объекта с учетом его целевого использования. В случае одновременного использования водного объекта или его участков для различных целей к составу и свойствам воды, согласно ГОСТ 17.1.3.13-86, предъявляются наиболее жесткие нормы из числа установленных.

Расчет нормативов ПДС загрязняющих веществ с поверхностными сточными водами в водные объекты в отличие от других категорий сточных вод (производственных и хозяйственно-бытовых) должен выполняться для трех сезонов теплого времени года, имеющих свои гидрологические особенности: весеннего половодья, когда в водные объекты поступает преимущественно талый (снеговой) сток, летней межени и осеннего паводкового периода, когда в водные объекты поступают дождевые и поливочные воды.

Для каждого гидрологического сезона определяются средние за сезон расходы воды в фоновом створе  $Q_{\phi}$ , м<sup>3</sup>/с, и фоновые концентрации загрязняющих веществ  $C_{\phi}$ , мг/дм<sup>3</sup>.

Статистические данные о гидрологическом режиме водного объекта и фоновые концентрации показателей качества воды по выделенным сезонам за предыдущие годы могут быть получены в Росгидромете и его территориальных органах.

Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сбрасываемых поверхностных сточных водах  $C_{пдс}$  определяется по соотношениям:

$$C_{пдс} = ПДК + (ПДК - C_{\phi}) / n_p, \text{ если } C_{\phi} < ПДК; \quad (9.8)$$

$$C_{пдс} = ПДК, \text{ если } C_{\phi} \geq ПДК, \quad (9.9)$$

где  $C_{\phi}$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

ПДК - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества или региональная норма качества воды водного объекта, мг/дм<sup>3</sup>;

$n_p$  - кратность разбавления поверхностных сточных вод при выпуске в водный объект.

За фоновую концентрацию загрязняющего вещества  $C_f$  принимается его концентрация в воде водного объекта, в створе, расположенном выше по течению, но как можно ближе к месту сброса поверхностных сточных вод. Местоположение точки отбора проб для определения фоновой концентрации должно располагаться таким образом, чтобы сточная вода не могла оказывать влияние на результат определения ни при каких гидрологических условиях.

Учитывая сезонную динамику расходов и качества воды водных объектов, за фоновую концентрацию вещества принимается статистически обоснованная верхняя доверительная граница средних значений концентраций этого вещества, рассчитанная по результатам химических наблюдений за последние 5 лет для каждого выделенного гидрологического сезона.

Если естественные фоновые концентрации веществ в воде водного объекта, сформировавшиеся под воздействием природных факторов, превышают установленные ПДК, то для этих водных объектов при расчете ПДС загрязняющих веществ с поверхностными сточными водами могут применяться региональные нормативы качества воды.

Кратность разбавления поверхностных сточных вод  $n_p$  при выпуске в водные объекты определяется по методикам, принятым для расчета кратности разбавления промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, отводимых в водные объекты. Но, учитывая особенности формирования поверхностных сточных вод и режим отведения, в качестве расчетных гидрологических условий рекомендуется принимать средние расходы воды в фоновом створе для каждого выделенного гидрологического сезона (весеннего половодья, летней межени и осеннего паводкового периода).

Расчетным расходом поверхностных сточных вод  $Q_{ст}$ , м<sup>3</sup>/с, при определении кратности разбавления поверхностного стока с водой водного объекта является максимальный среднесуточный (зарегулированный) расход, на пропуск которого рассчитаны очистные сооружения поверхностного стока.

Предельно допустимый часовой сброс загрязняющего вещества, г/ч, определяется по формуле:

$$ПДС = q_{ст} C_{пдс}, \quad (9.10)$$

где  $q_{ст}$  - расчетный часовой расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;

$C_{пдс}$  - допустимая концентрация загрязняющих веществ в сточных водах при выпуске в водный объект, г/м<sup>3</sup>.

Предельно допустимый годовой сброс загрязняющего вещества с дождевыми и талыми водами определяется по формулам:

$$ПДС_d = W_d C_{пдс}; \quad (9.11)$$

$$ПДС_t = W_t C_{пдс}; \quad (9.12)$$

где  $W_d$  - средний годовой объем дождевого стока, м<sup>3</sup>;

$W_t$  - средний годовой объем талых сточных вод, м<sup>3</sup>.

При отсутствии данных по гидрологическому режиму водного объекта, фоновым концентрациям или региональным нормативам качества воды рекомендуется проведение специальных наблюдений с привлечением при необходимости научных и проектных организаций, имеющих лицензию на осуществление указанных работ.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) В каких точках должны отбираться пробы воды для определения качественного состава поверхностных сточных вод?
- 2) Приведите формулу расчета концентрации загрязняющего вещества.
- 3) Приведите формулу расчета объема дождевого стока от расчетного дождя, отводимого на очистные сооружения.
- 4) Приведите формулу расчета максимального суточного объема талых вод, отводимых на очистные сооружения.
- 5) Приведите основные сведения о ПДС и ПДК, методах определения допустимой концентрации загрязняющих веществ

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

17. **Афонин В.В., Бондаренко Ю.В.** Отвод и очистка поверхностного стока с городских и рекреационных территорий: учебное пособие/Издательский центр «Наука». – Саратов, 2007– 156 с. ISBN 978-5-91272-387-2
18. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. ФГУП «НИИ ВОДГЕО». -2008 г.

##### б) дополнительная литература:

1. **Электронное учебное пособие:** Проектирование водостока в городах:  
<http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45902/index.htm>
2. **СНиП 2.04.03 – 85.** Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 1986. 72 с.