Г. В. ВАСИЛЬЕВ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Допущено
Управлением учебными заведениями
Министерства промышленных товаров широкого потребления СССР
в качестве учебного пособия для техникумов

6574

Издание второе, переработанное и дополненное

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТОВАРОВ
ШИРОКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ СССР
Москва · 1954

В книге даны сведения о назначении и устройстве систем водоснабжения и канализации предприятий, приведены данные об источниках водоснабжения, составе и свойствах сточных вод, способах их очистки и обезвреживания.

Переработанное и дополненное второе издание этой книги предназначено как учебное пособие для учащихся текстильных техникумов легкой промышленности и может быть полезным инженерно-техническим работникам при проектировании, строительстве, эксплуатации водопроводов и канализаций предприятий.

Рецензенты: *С. Х. Гинсберг, Н. А. Лукиных.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Партией и правительством поставлена задача крутого подъема промышленности товаров широкого потребления.

Для осуществления этой ответственной задачи в сжатые сроки должны быть построены и введены в эксплуатацию крупные предприятия, оснащенные новейшим оборудованием.

Широко развернувшееся строительство предприятий легкой промышленности, в особенности хлопчатобумажных комбинатов, хлопкоочистительных заводов, заводов искусственного волокна, шелковых, швейных и трикотажных предприятий и непрерывный прогресс технологии производства неразрывно связаны с развитием и совершенствованием систем водоснабжения и канализации фабрик, заводов и комбинатов.

Современные системы водоснабжения и канализации предприятий промышленных товаров широкого потребления представляют собой комплексы сложных инженерных сооружений, проектирование и эксплуатация которых имеют свои характерные особенности как по требованиям технологии производства к качеству воды, так и специфическому, чрезвычайно разнообразному составу сточных вод.

В Советском Союзе производится огромное водопроводное и канализационное строительство. За годы советской власти осуществлены крупнейшие системы коммунальных и промышленных водопроводов и канализаций.

Исследовательская работа по вопросам водоснабжения и канализации ведется Академией коммунального хозяйства имени К. Д. Панфилова, Всесоюзным научно-исследовательским институтом водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии (Водгео) и другими организациями.

В развитии отечественной техники водоснабжения крупное значение имеют работы проф. А. А. Сурина, проф. В. Т. Турчиновича, канд. техн. наук А. А. Кастальского, канд. техн. наук В. А. Клячко и др.

Большое значение в развитии отечественной науки в области очистки и обезвреживания производственных сточных вод предприятий имеют труды проф. Н. А. Базякиной, проф. А. И. Жукова, проф. С. Н. Черкинского и в особенности по сточным водам предприятий кожевенной, шерстяной и хлопчатобумажной промышленности работы канд. техн. наук Н. А. Лукиных и канд. техн. наук И. С. Постникова.

Для строительства и эксплуатации систем водоснабжения и канализации предприятий промышленных товаров широкого потребления нужны кадры подготовленных специалистов.

Назначением учебного пособия является ознакомление учащихся, а также инженерно-технических работников с особенностями проектирования и эксплуатации водопроводов и канализаций предприятий, производящих товары широкого потребления.

Такие, не затронутые автором актуальные вопросы техники водоснабжения и канализации, как изучение опыта наладки и эксплуатации строящихся сейчас сооружений, безотстойная фильтрация питьевой и промышленной воды, обеззараживание воды ультразвуком, высоко эффективные способы регенерации шерстного жира и др. являются темами специальных работ.

Автор выражает глубокую признательность канд. техн. наук Н. А. Лукиных, инж. С. Х. Гинсберг, инж. В. С. Рощевской за их ценные замечания и указания.

Глава I

ОБЩИЕ СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ

1. ОБЩИЕ СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Назначением водопроводов является бесперебойное снабжение потребителей водой в должном количестве и требуемого качества.

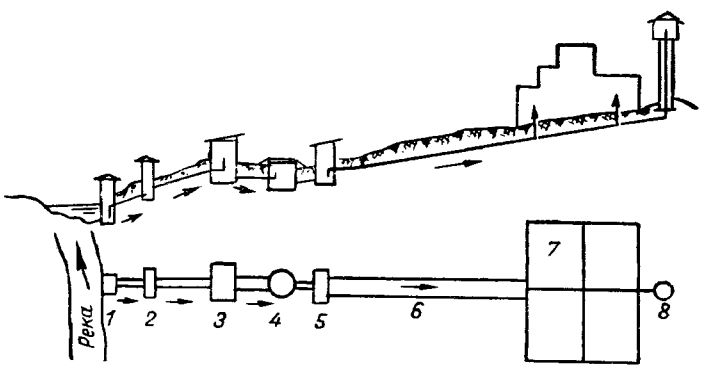


Рис. 1. Общая схема речного водопровода:
1 — водоприемник; *2* — насосы первого подъема; *3* — очистные сооружения; *4* — резервуар; *5* — насосы второго подъема; *6* — водоводы; *7* — сеть города; *8* — водонапорная башня

Системы водоснабжения представляют собой комплексы инженерных сооружений, состоящих из устройств для захвата воды источников, насосных станций, запасных и регулирующих емкостей, разводящей сети труб и внутренних разводок водопровода в зданиях. При необходимости улучшения качества воды в состав сооружений входят водоочистные станции.

Состав сооружений водопровода зависит от его назначения, источников водоснабжения и от способа подачи воды потребителям. По виду источников водоснабжения различают водопроводы из поверхностных источников — рек и озер, и от подземных — артезианских или грунтовых вод.

Водопроводы бывают с подачей воды от источников, расположенных выше предприятий-потребителей, — самотечные или с подачей воды насосами.

По своему назначению водопроводы подразделяют на городские, или коммунальные, ведомственные — на промышленных предприятиях, железных дорогах, и специальные — санаторно-курортные и др.

Коммунальные водопроводы обеспечивают водой питьевого качества все потребности населения городов, а также и тушение пожаров.

На рис. 1 приведена схема речного водопровода, подающего воду питьевого качества населению города. Насосы первого подъема *2*

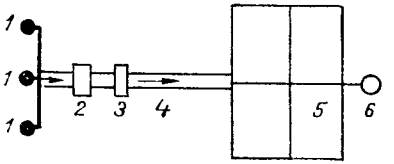


Рис. 2. Общая схема артезианского водопровода:

1 — водяные скважины; *2* — запасные резервуары; *3* — насосы станции второго подъема; *4* — водоводы; *5* — разводящая сеть труб; *6* — водонапорная башня

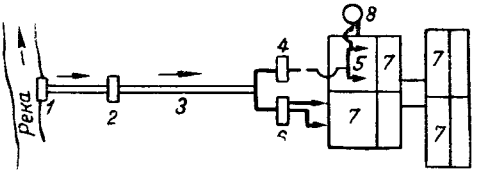


Рис. 3. Схема водопровода промышленного предприятия:

1 — водоприемник; *2* — насосы первого подъема; *3* — водоводы; *4* — отстойники и фильтры производственной воды; *5* — сеть труб; *6* — сооружения очистки хозяйственно-питьевой воды; *7* — сеть хозяйственно-противопожарного водопровода; *8* — водонапорная башня

забирают речную воду из водоприемника *1* и подают ее на очистные сооружения *3*. Необходимость очистки воды с ее осветлением в отстойниках, фильтрацией и обеззараживанием хлором вызывается тем, что речная вода мутная и может иметь опасные для здоровья людей бактериальные загрязнения. Осветленная и обеззараженная вода с очистных сооружений поступает в резервуары *4*, из которых забирается насосами второго подъема *5* и подается по водоводам *6* в разводящую сеть города *7*. Для поддержания в разводящей сети постоянного давления и выравнивания неравномерностей расхода воды по часам суток устраивается водонапорная башня *8*.

Разводящая сеть труб укладывается в земле по улицам и проездам. Подача воды потребителям производится вводами в здания или установкой водоразборных колонок. Для противопожарных целей на сети труб устанавливаются пожарные гидранты.

При возможности использовать чистые подземные воды состав сооружений водопровода значительно упрощается. На рис. 2 изображена схема артезианского водопровода. Из водяных скважин *1* вода специальными вертикальными насосами подается в запасные резервуары *2*. Насосы станции второго подъема *3* нагнетают воду по водоводам *4* в разводящую сеть труб *5* и в водонапорную башню *6*.

Водопроводы промышленных предприятий подают воду для нужд производства, а также на хозяйственно-питьевые и противо-

пожарные потребности. Если на промышленных предприятиях нужна вода различного качества — производственная осветленная и умягченная, хозяйственно-питьевая и т. д., устраивают раздельные водопроводы с общим источником водоснабжения и разным составом сооружений или с разными источниками, обеспечивающими подачу воды различного качества.

На рис. 3 приведена схема речного водоснабжения промышленного предприятия. От водоприемника *1* насосы первого подъема *2* подают сырую воду на промплощадку по водоводам *3*. Здесь вода разделяется на два потока: одна часть проходит осветление в отстойниках и фильтрах *4* и поступает на нужды производства по сети труб *5*. Другая часть воды проходит отстаивание, фильтрацию и обеззараживание на сооружениях *6* и подается в сеть хозяйственно-противопожарного водопровода *7* предприятия и поселка. Водонапорная башня обслуживает обе системы водопровода.

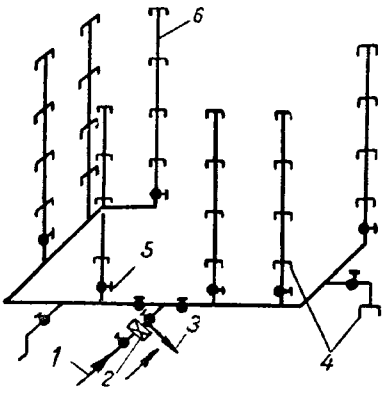


Рис. 4. Схема внутреннего водопровода жилого дома:

1 – ввод; *2* — водомер; *3* — спуск; *4* – водоразборные краны; *5* — вентили; *6* — водопроводный стояк

Внутренние водопроводы жилых, общественных или производственных зданий представляют собой системы труб, проложенных от вводов наружной сети к местам разбора воды потребителями.

В зависимости от назначения различаются внутренние водопроводы хозяйственно-питьевые, противопожарные и производственные, причем в ряде случаев хозяйственно-питьевые водопроводы могут совмещаться с противопожарными или производственными.

В состав внутренних водопроводов входят вводы от наружной сети, водомеры для учета расхода воды и разводка труб к санитарным приборам, противопожарному оборудованию, технологическим аппаратам, машинам или баркам. На рис. 4 изображена схема водопровода жилого дома. От ввода в здание вода поступает через водомер в основные разводящие трубы, от которых поднимаются вертикальные ответвления к водоразборным кранам.

В производственных корпусах предприятий промышленных товаров широкого потребления устраиваются хозяйственно-питьевые, противопожарные, спринклерные и производственные водопроводы холодной, горячей, умягченной воды.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ, ХИМИЧЕСКИЕ И БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Природные воды подразделяют на атмосферные, подземные, воды озер и рек и воды морей и океанов.

Химически чистой воды в природе не бывает. Все природные

воды несут те или иные загрязнения, которые подразделяются на грубодисперсные взвеси, коллоиды, растворенные вещества и живые организмы.

Грубодисперсные взвеси, вызывающие мутность воды, состоят из частиц растительного и животного происхождения, глины и песка. Они попадают в воду с поверхности земли или с размываемых берегов и дна рек и способны выпадать из воды при ее отстаивании.

Коллоидные вещества с мельчайшими частицами, размерами от 10 до 500 миллимикрона бывают неорганического и органического происхождения. Неорганические коллоиды — соединения кремния, алюминия и железа — вызывают опалесценцию воды. Органические коллоиды создаются соединениями гуминовой и ряда других кислот. К органическим коллоидам относятся и эфирные масла, являющиеся продуктами жизнедеятельности некоторых организмов, заселяющих водоемы.

Отличительная черта коллоидных загрязнений состоит в том, что частицы их заряжены отрицательными зарядами электричества и поэтому беспрерывно отталкиваются друг от друга. Это препятствует осаждению коллоидных примесей под влиянием силы тяжести при отстаивании воды.

Проникая с поверхности земли в почву, вода растворяет и выщелачивает широко распространенные в земной коре минералы: гипс, хлористые натрий и магний; окисляет и переводит в растворы соли железа, марганца и алюминия. Минерализация воды при этом тем больше, чем больше растворимых горных пород было встречено водой на ее подземном пути. Огромную роль в увеличении растворяющего действия воды играет углекислота, поглощаемая ею в верхних слоях почвы. Под действием свободной углекислоты переходят в растворимую форму бикарбонатов даже такие трудно растворимые соединения, как углекислый кальций $CaCO_3$ и углекислый магний $MgCO_3$.

Подземные воды бывают чистыми и прозрачными. Загрязнения их обычно состоят из растворенных веществ, создающих минерализацию воды. Степень минерализации подземных вод бывает незначительной, не влияющей на использование их, или настолько большой, что вода становится не пригодной к применению.

Речная вода обычно меньше минерализована, чем подземная, но содержит взвешенные вещества и коллоиды.

Далеко не всякую природную воду можно непосредственно употреблять в быту или на производстве. О ее пригодности для той или иной цели судят по показателям качества, к которым в основном относятся: 1) цветность, 2) прозрачность, 3) вкус и запах, 4) активная реакция, 5) общее количество растворенных солей, 6) окисляемость, 7) жесткость, 8) бактериологические свойства.

Цветность воды создается в основном гуминовыми веществами, придающими ей желтый и другие оттенки. Цветность измеряется в градусах платиново-кобальтовой шкалы, сравнением образца воды с эталонами, имитирующими различную степень окраски. Одни

градус цветности соответствует содержанию в растворе эталона 1 *мг/л* платины.

Природные воды имеют цветность 15—20°. Цветность гуминовых вод доходит до 80—100° и более.

Прозрачность воды зависит от содержания в ней взвешенных веществ, главным образом минерального происхождения.

Прозрачность определяется высотой столба воды в *см*, через который возможно чтение оттисков шрифта определенной крупности. Вместо шрифта применяют определение и по кресту, используя белую пластинку с черным крестом на ней (линии толщиной 1 *мм*).

Содержание в воде взвешенных веществ создает ее мутность (обратное прозрачности), измеряемую мутномером в *мг/л*.

Запах воды возникает от наличия в ней продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, газов или от загрязнения сточными водами.

Вкус воды обусловливается присутствием в ней минеральных или органических примесей. Интенсивность запахов и вкусов воды характеризуется по 5-балльной шкале.

По ГОСТ питьевая вода может иметь не более 2 баллов, что соответствует слабому запаху и привкусу, замечаемому потребителем в том случае, если обратить внимание потребителя на возможность запаха и привкуса.

Температура воды измеряется термометром в источнике или в только что взятой пробе. Температура воды рек колеблется от 0 до 28÷30°. Подземные воды имеют почти постоянную температуру порядка 7÷14°.

Вода бывает нейтральной, кислой или щелочной. Степень кислотности или щелочности воды определяют по концентрации водородных и гидроксильных ионов $H^{\cdot}$ и OH'.

Химически чистая вода диссоциирована весьма слабо; в 1 *л* ее содержится $^1/_{10^7}$ моля ионизированного водорода и столько же гидроксила. С увеличением количества водородных ионов вода приобретает кислотные свойства, а с их уменьшением — свойства щелочные.

Концентрация водородных ионов выражается показателем степени вышеприведенной дроби $^1/_{10^7}$ и обозначается символом pH. Активная реакция воды выражается так:

	Реакция pH
кислая	меньше 7
нейтральная	7
щелочная	больше 7

Природные воды являются раствором солей различной концентрации, обладающих разной величиной pH. Поэтому значение активной реакции зависит от преобладания в растворе тех или иных солей. Большинство природных вод имеет реакцию pH 7—8.

Величина pH имеет большое значение при использовании воды в промышленности и строительстве, а также определяет коррозийные свойства воды.

Концентрация водородных ионов в воде определяется электрометрическим или колориметрическим способом.

Щелочность воды определяет ее способность связывать кислоты. Она обусловливается содержанием в воде щелочных соединений: гидратов — NaOH, $Ca(OH)_2$; карбонатов — $MgCO_3$, $CaCO_3$, бикарбонатов — $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$.

Щелочность измеряется в миллиграмм-эквивалентах на литр. Один *мг-экв/л* щелочности соответствует 40 *мг/л* NaOH.

Общее солесодержание воды или количество растворенных в ней минеральных и органических веществ определяется плотным остатком в *мг/л*. Его находят выпариванием 1 *л* профильтрованной воды и подсушиванием остатка при 110°. Прокаливанием подсушенного остатка определяют минеральную его часть, остающуюся в виде золы.

Природные воды подразделяют на пресные, солоноватые и соленые. При общем солесодержании до 0,5—1 *г/л* вода считается пресной. В эти пределы минерализации укладывается большинство речных вод и многие подземные воды. В пределах минерализации 10—20‰ вода относится к солоноватой, а выше этого предела — к соленой.

Существует классификация природных вод по солевому составу. По преобладающему иону их подразделяют на три основных класса: гидрокарбонатных и карбонатных вод ($HCO_3^{'} + CO_3^{''}$), сульфатных вод ($SO_4^{''}$) и хлоридных (Cl').

Огромное большинство природных вод относится к гидрокарбонатному классу. К сульфатному и хлоридному классам относятся воды соленых озер и некоторые подземные воды.

Органические вещества, находящиеся в воде, могут образовываться в самом водоеме в результате жизнедеятельности растительных организмов, способных синтезировать органическое вещество из минерального, или поступать в воду со стоками. Для болотных вод характерно присутствие гумусовых веществ (гуминовых кислот), образующихся при гниении, без доступа кислорода, остатков болотной растительности.

Окисляемость воды характеризует содержание в ней органических веществ и определяется по $KMnO_4$ или O_2.

Окисляемость выражается в *мг/л* кислорода, необходимого для полного окисления органических веществ.

Органические вещества животного происхождения в результате жизнедеятельности бактерий распадаются в воде и подвергаются минерализации, образуя аммиак, азотистую и азотную кислоту. Наличие в воде аммиака свидетельствует о свежем загрязнении воды органическими веществами; наличие азотистой кислоты (нитритов) подтверждает недавнее загрязнение, а азотной кислоты (нитратов) — ранее имевшее место загрязнение воды источника.

Растворенные газы находятся в природных водах в результате газообмена с атмосферой и вследствие биохимических процессов, происходящих в воде.

Кислород имеется в природных водах, поглощающих его из атмосферы, в различном содержании, зависящем от температуры и давления, а также от степени загрязнения воды органическими

веществами. Чем выше температура воды, тем меньше в ней растворенного кислорода. В воде, содержащей органические вещества, кислород расходуется на их окисление.

Углекислота CO_2 бывает в воде поверхностного или глубинного (в подземных водах) происхождения. Процессы увеличения или уменьшения содержания в воде углекислоты отличаются сложностью, так как они основаны не на чисто физическом растворении газа в воде, а сопровождаются образованием углекислых (карбонатных) и двууглекислых (бикарбонатных) соединений: $CaCO_3$, $MgCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$. Часть свободной углекислоты, находящейся в воде, поддерживает в растворе бикарбонаты, являясь равновесной, другая ее часть является агрессивной.

Сероводород H_2S образуется в воде при разложении белковых веществ или при восстановлении сернокислых соединений (десульфирование). Оба процесса происходят с участием особых бактерий при полном отсутствии кислорода. Сероводород ядовит, и его наличие в воде сильно влияет на биологический режим водоема.

Жесткость воды показывает наличие в ней солей кальция и магния. Общая жесткость воды $Ж_0$ вызывается содержанием в ней всех солей кальция и магния: сернокислых, хлористых, двууглекислых, кремнекислых.

Карбонатная жесткость $Ж_к$ показывает жесткость воды, обусловленную двууглекислыми солями — бикарбонатами кальция и магния $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$, распадающимися при кипячении при атмосферном давлении с выпаданием карбонатов.

Карбонатная жесткость, обусловленная наличием аниона HCO_3', является щелочностью воды.

Некарбонатная жесткость $Ж_н$ обусловлена всеми остальными солями кальция и магния. При кипячении воды при атмосферном давлении эти соли из воды не выпадают.

Согласно ГОСТ 6055—51, жесткость воды измеряется в миллиграмм-эквивалентах на литр (*мг-экв/л*) [1] вместо ранее принятого измерения в градусах.

Один *мг-экв/л* равновелик 2,8°, а один градус жесткости — 0,356 *мг-экв/л*. Для перевода градусов жесткости в *мг-экв/л* необходимо число градусов разделить на 2,8 или умножить на 0,356.

Содержание Ca в количестве 20,02 *мг/л* или Mg в количестве 12,14 *мг/л* соответствует 1 *мг-экв/л*.

Существует условная классификация воды по ее жесткости:

очень мягкая вода	1,5 *мг-экв/л*
мягкая вода	1,5—3 „ „
средней жесткости вода	3—6 „ „
очень жесткая вода	свыше 10 *мг-экв/л*

В воде могут находиться соли железа, марганца, меди, фтор и другие элементы, ухудшающие ее качество.

---

[1] Количество веществ в *мг/л*, разделенное на его эквивалентный вес, является *мг-экв/л*.

Для выявления бактериальной загрязненности воды источников питьевого водоснабжения производятся специальные исследования для определения как общего количества бактерий, находящихся в данном объеме воды, так и бактерий — возбудителей болезней.

Показателем бактериального загрязнения воды является наличие в ней кишечных палочек (бактерий коли). Наименьший объем воды, в котором находят одну кишечную палочку, называют колититр.

О качестве воды судят по ее анализам, в которых указывают пункт водоснабжения, род и название источника, место и дату отбора пробы и начала анализа. В анализе приводят данные по показателям физического, химического и бактериологического свойства воды.

Чтобы улучшить качество воды (осветление, умягчение, обезжелезивание, обеззараживание ее), необходимо иметь также и технологические анализы воды, характеризующие ее коагулируемость, обесцвечиваемость, осаждаемость взвешенных веществ, фильтруемость, обезжелезиваемость, умягчаемость и хлорируемость.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ

В химической технологии растительного и животного волокна свойства воды играют значительную роль. На качество продукции и на перерасход мыла, красителей, кислот влияют мутность и цветность воды, ее жесткость, а также содержание солей железа и марганца.

Взвешенные вещества осаждаются на волокне и образуют пятна. Цветность воды и органические вещества вызывают недостаточную белизну при отбелке.

Соли кальция и магния жесткой воды образуют с мылом малорастворимые олеаты и стеариты кальция и магния. Потери технического мыла, вызываемые жесткостью воды, составляют 0,7 *кг* на 1 $м^3$ воды на один *мг-экв/л* ее жесткости.

В некоторых процессах соли жесткости способствуют появлению различных видов брака отделки.

Малорастворимые олеаты и стеариты закрепляются на волокне и удерживают адсорбированные частицы загрязнений, что влечет за собой образование пятен, неравномерность окраски и тусклые тона.

Присутствие в воде солей железа и марганца вызывает бурые пятна, темную окраску и может быть причиной местного разрушения ткани. Большая адсорбирующая способность волокна по отношению к солям железа и марганца исключает даже сравнительно малое содержание этих солей в воде.

Потери текстильного производства, работающего на жесткой воде, обусловлены перерасходом мыла или его заменителей и снижением сортности выпускаемого товара.

Для хлопчатобумажной отбельно-красильной фабрики, выпу-

скающей в сутки 10 тыс. кусков отделанного товара и работающей на воде жесткостью 5,34 *мг-экв/л*, потери производства составляют ежегодно значительную сумму [1].

Для нормального и экономичного (по затратам на химические вспомогательные материалы) технологического процесса обработки волокна и ткани необходима вода определенного качества. Общими требованиями для текстильного производства являются прозрачность воды, отсутствие или достаточно малое содержание в ней солей железа и марганца, а также низкая окисляемость.

Для одних технологических процессов нужна умягченная вода, а для других процессов жесткость ее в пределах 5,34—6 *мг-экв/л* решающего значения не имеет. На промышленных предприятиях широко применяется вода, подогретая до 35—60°.

К качеству воды на предприятиях промышленных товаров широкого потребления предъявляются следующие требования.

Хлопчатобумажная промышленность

Вода для технологических процессов отбелки и крашения требуется малой окисляемости, прозрачностью 30 *см* по шрифту, цветностью до 10—15°. Активная реакция воды желательна в пределах pH 7—8,5; содержание солей железа — 0,1 *мг/л*.

Для растворов мыла, красителей, кислот и щелочей жесткость воды должна быть не выше 0,178—0,356 *мг-экв/л*. В тех случаях, когда вода источника имеет жесткость до 1,43 *мг-экв/л*, ее можно использовать без умягчения.

Жесткость неумягченной воды для других технологических процессов желательна в пределах 2,84—3,56 *мг-экв/л*, и лишь на сравнительно короткие периоды допустима повышенная жесткость воды до 5,34 *мг-экв/л*.

Приготовление мягкой воды, а также подогрев части воды до 60° должны производиться централизованно.

Шерстяная промышленность

Для технологических процессов, в которых применяются мыло, красители, кислоты и щелочи, оптимальная жесткость воды 0,178—0,356 *мг-экв/л* и допустимая — 1,43 *мг-экв/л*.

Повышенная жесткость до 5,34 *мг-экв/л* допускается для процессов холодных промывок.

Требования к физическим качествам воды аналогичны изложенным выше.

Шелковая промышленность

Кокономотальные фабрики. Вода для размотки коконов должна быть прозрачной (30 *см*) и бесцветной (до 10—15°).

[1] И. Э. Апельцин, В. А. Клячко и др., Иониты и их применение в промышленности, Стройиздат, 1949.

Оптимальная жесткость воды 2,84—3,56 *мг-экв/л*. Соли железа допускаются только в виде следов.

Требования к качеству воды для шелкоотделочных фабрик: прозрачность не ниже 30 *см*, цветность 10°, pH 7—8,1. Соли железа допускаются лишь в виде следов. При отварке и крашении умягченная до 0,178 *мг-экв/л* вода применяется, в основном, подогретая. Жесткость холодной воды допускается до 5,36 *мг-экв/л*.

Первичная обработка лубяных культур

Заводы первичной обработки льна, джута, кенафа и канатника для мочки соломы пользуются водой природных источников водоснабжения, без значительного количества солей железа (2—3 *мг/л*).

Льняная промышленность

Жесткость воды допускается в пределах 0,71—1,42 *мг-экв/л*, а соли железа — только в виде следов. Требования к физическим качествам воды такие же, как и на хлопчатобумажных отбельно-красильных фабриках.

Жесткость воды для промывки брезента допускается 1,42—2,14 *мг-экв/л*, а содержание железа — до 0,2 *мг/л*.

Промышленность искусственного волокна

Вода, поступающая на охлаждение оборудования (машинно-компрессорной и кислотной станций), должна иметь температуру не выше 30° (желательно до 20°) и содержание взвешенных веществ — не больше 200 *мг/л*.

Для промывки технологического оборудования и второстепенных производственных операций требуется осветленная вода (прозрачность 20—30 *см* по шрифту). Содержание солей железа допускается не выше 0,3 *мг/л*.

Основные производственные операции (приготовление рабочих растворов и отделка волокна) приводятся на умягченной воде остаточной жесткостью до 0,071 *мг-экв/л*, прозрачностью 40 *см*. Соли железа допускаются в концентрации до 0,1—0,2 *мг/л*; температура воды 40—60°.

Часть умягченной воды (до 20%) требуется пониженной щелочности (0,35 *мг-экв/л*).

Кожевенная и меховая промышленность

В кожевенном и меховом производстве применяется холодная и подогретая до 40° вода.

К качеству воды предъявляются требования об умеренном содержании взвешенных веществ и жесткости, желательно не выше 3,56—4,28 *мг-экв/л*.

Промышленность искусственной кожи

Основное количество воды на предприятиях поступает на охлаждение аппаратуры, вследствие чего здесь необходима вода температуры 10—20° с малым количеством взвешенных веществ. Часть воды, в количестве от 2 до 5%, требуется умягченной до 0,356 *мг-экв/л*.

Требования к качеству воды для охлаждения конденсаторов паровых турбин и другого оборудования

Карбонатная жесткость воды допускается в пределах 2,14—7 *мг-экв/л* в зависимости от температуры охлаждающей воды и содержания в ней свободной CO_2. Содержание сероводорода допускается до 0,5 *мг-л*, а солей железа 0,1 *мг-л*; мутность воды — в пределах 50—100 *мг-л*.

* * *

Вода для хозяйственных и питьевых нужд должна быть прозрачной, практически бесцветной, иметь приятный вкус и не иметь запаха.

В воде должны отсутствовать вредные для организма вещества и бактерии.

Минерализация воды допускается, в зависимости от местных условий, порядка 10,7—14 *мг-экв/л*.

Качество воды для хозяйственных и питьевых нужд нормализуется Государственным стандартом «Вода питьевая. Нормы качества».

Примечание. Нормы мутности, цветности, а также предельного содержания остаточного активного хлора, железа и марганца, общей жесткости и активной реакции для водопроводов, подающих воду без ее обработки, устанавливаются органами Главной государственной санитарной инспекции СССР особо для каждого отдельного случая.

Глава II

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ

Основными расчетными данными при проектировании водопроводов промышленных предприятий являются мощность предприятия и ассортимент выпускаемой продукции, численность рабочих, служащих и населения поселка, а также перспективы развития производства и увеличение жилого фонда.

Потребность в воде для производственных нужд, для систем вентиляции, тепло- и энергоснабжения исчисляют по технологическим

и другим проектам. Потребность в воде для хозяйственно-питьевых нужд определяют, в соответствии со штатом рабочих и служащих и численностью населения поселка, по нормам водопотребления.

По всем видам водопотребления устанавливаются режимы расходов воды по часам суток и выявляются максимальные расходы, являющиеся расчетными. Расчетные максимальные расходы воды получают из средних расходов умножением на коэффициенты, характеризующие отношение максимального расхода к среднему расходу.

Эти коэффициенты, называемые коэффициентами неравномерности, бывают суточные и часовые. Для производственного водопотребления учитывают часовые и внутричасовые коэффициенты неравномерности.

Расчетные расходы воды для поселка или города определяют по формулам:

$$\text{максимальный суточный} — \frac{nN}{1000} \cdot K_{сут}\ м^3,$$

$$\text{максимальный часовой} — \frac{nN}{24 \cdot 1000} \cdot K_{общ}\ м^3,$$

$$\text{максимальный секундный} — \frac{nN}{24 \cdot 3600} \cdot K_{общ}\ л,$$

где n — норма водопотребления в $л$;
N — расчетная численность населения;
$K_{сут}$ — суточный коэффициент неравномерности;
$K_{общ}$ — общий коэффициент неравномерности, равный $K_{сут} \cdot K_{час}$.

Расчетные расходы воды для производственных нужд могут определяться по следующим формулам:

$$\text{суточный} — mM\ м^3,$$

$$\text{максимальный часовой} — \frac{mM}{t} \cdot K_{час}\ м^3,$$

$$\text{максимальный секундный} — \frac{mM}{t\ 3{,}6} \cdot K_{час}\ л,$$

где m — расход воды на единицу продукции в $м^3$;
M — количество единиц продукции в сутки;
t — время работы оборудования;
$K_{час}$ — часовой коэффициент неравномерности.

В тех случаях, когда по особенностям технологического режима имеют место колебания режима водопотребления в пределах часа, при определении максимального секундного расхода учитывают и внутричасовой коэффициент неравномерности.

При проектировании водопроводов определяют требования к качеству воды и устанавливаются нормы напоров в системах водопровода, а также нормы расхода воды для тушения пожаров.

2. УКРУПНЕННЫЕ НОРМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Хлопчатобумажная промышленность

Прядильно-ткацкие фабрики

Способ мокрого кручения	0,3 $м^3$ воды на 1000 веретен в час
Шлихтование	1,3—1,7 $м^3/т$

Отбельные и красильные фабрики

Расходы воды на технологические процессы в *л* на 1 *кг* товара:

отбелка с варкой в котлах	154
мерсеризация	27
крашение сернистое ходовое	77
крашение кубовое холодное	70—72
роликовая красильная машина	78
жгутовые барки	170
расшлихтовочный агрегат	41
набивка	31
мыльно-промывной агрегат	72
жгутовая мыльная шестерка	46
отделка	10
отбелка пряжи в аппарате ПК-1	198
крашение пряжи в аппарате КЦВ-120	72
крашение пряжи в аппарате КМ-5	99
крашение хлопка в аппарате ХК-1	137
крашение хлопка периодическое в аппаратах КЦВ-120	72

В процессах варки требуется холодной неумягченной воды 84%, холодной умягченной — 13%, умягченной горячей — 3%. В процессах крашения холодной неумягченной воды потребляется 70—80% и горячей умягченной — 30—20%.

На процессы отделки подается 90% неумягченной воды и 10% горячей умягченной.

Для крашения пряжи и волокна требуется холодной воды 60—80% и горячей умягченной — 40—20%.

Общий расход воды по ситцепечатной фабрике с развернутым мерсеризационным отделом и большим процентом крашения под набивку составляет 275—325 *л/кг*, или 1100—1300 *л/кусок*.

Шерстяная промышленность

Фабрики первичной обработки шерсти

Расход воды (в $м^3$):

на 1 *т* грязной шерсти	20—25
на одну проходную шерстомойную машину	360—420
Количество подогретой воды (в % к общему расходу)	60

Суконные фабрики

Расход воды (в $м^3$) на 100 *м* ткани:

грубые сукна	56
легкие ткани (до 600 *г*/пог. *м*)	25
тяжелые » (до 1000 *г*/пог. *м*)	30

В том числе в %:

холодной воды	60
умягченной теплой воды	40

Камвольные фабрики

Расход воды (в $м^3$) на 100 *м* ткани:

костюмные ткани	15
плательные	4,5

В том числе в %:

холодной воды	70
умягченной теплой воды	30

Шелковая промышленность

Кокономотальные фабрики в л/час:

на 1 таз	24—45
„ 1 запарочную машину	2800

Ткацкие и крутильные фабрики в л/кг пряжи:

Приготовление шлихты	0,85
„ раствора для замочки	10

Красильно-отделочные фабрики

Для ориентировочных подсчетов средний расход воды на 100 пог. *м* товара принимается в 2,5 $м^3$, из которых умягченной 45%

Промышленность первичной обработки лубяных культур

Расход воды в $м^3$ на 1 *т* соломы:

при тепловой мочке	33—35
„ обычной „	32—35
с регенерацией (свежей воды)	14—15

Льняная промышленность

Способ мокрого прядения

Расход воды в $м^3/т$ пряжи . . . 3,6—4

Шлихтование

Расход воды в $м^3/т$ пряжи . . . . . 1,4—1,7

Отбелка и крашение пряжи

Расход воды (в $м^3$) на 1 *т* пряжи:

отварка	44
беление пряжи до $^1/_4$ белой	240
„ „ „ $^1/_2$ „	400—420
„ „ „ $^3/_4$ „	550—600
крашение	170—200

Количество теплой воды (в % к общему расходу):

отварка и отбелка	20
крашение	65

Отделка ткани

Расход воды (в $м^3$) на 100 $м$ ткани:

белые полотна из $^1/_4$ белой пряжи	8—10
полульняиые полотиа	6
полотна иеполной белки из $^1/_4$ белой пряжи	3
кислованные полотна	2,5
крашение полотна	6—6,2
брезенты	3,5

Количество теплой воды (в % к общему расходу):

на брезеиты	40—60
„ прочие ткани	16—27

Промышленность искусственного волокна

Производство вискозного шелка, штапеля, корда, целлофана.

Расход воды в $м^3/т$ 1500

Примерное распределение расходов воды по качеству (в % от общего водопотребления):

осветленной холодиой воды (зимний режим)	46
осветленной вторичного использования	6
умягчеиной воды	46
(из иее — пониженной щелочности	5
холодной подземной воды)	2

Производство медио-аммиачного волокна.

Расход воды в $м^3/т$ . . . . . 2500—3000

Кожевенная промышленность

Расход воды в $м^3/т$:

краснодубное производство	40—76
хромовое „	62—78
смешанное „	50—60
Количество теплой воды (в % к общему расходу)	35—40
Обувные фабрики (в $м^3$) на 1000 пар обуви	5—5,6

Производство меховых овчин

Расход воды (в $м^3$) на 1000 штук	40—45
Подогретой воды (в %)	до 50

Промышленность искусственной кожи

Расход воды в $м^3/т$ 95

Тепловые электростанции

Ниже (табл. 1) приведены средние значения расходов охлаждающей воды в $м^3/час$ в зависимости от мощности турбин с двухходовыми кондеисаторами и начальной температуры охлаждающей воды (по В. Н. Покровскому).

Таблица 1

Средние значения расходов охлаждающей воды в $м^3/час$

Потребители охлаждающей воды	Мощность турбин в тыс. *квт*								
	1,5	2,5	3	4	6	12	25	50	100
Конденсаторы турбины	500 / 700	700 / 900	700 / 1000	900 / 1170	1300 / 1750	2200 / 2400	4500 / 5500	9000 / 12 000	18 000 / 24 000
Воздухоохладители	9 / 45	20 / 105	25 / 85	30 / 100	60 / 150	75 / 200	235 / 325	240 / 650	420 / 700
Маслоохладители	10 / 50	25 / 75	25 / 75	25 / 75	30 / 120	40 / 225	80 / 300	150 / 500	300 / 800
Подшипники	8	8	10	10	15	25	40	75	150
Всего (округленно)	530 / 800	750 / 1200	800 / 1200	950 / 1350	1400 / 2000	2350 / 3850	4800 / 6160	9500 / 13 000	19 000 / 26 000
Удельный расход на 1 *квт* при циркуляционной системе	0,35 / 0,47	0,3 / 0,48	0,27 / 0,4	0,24 / 0,34	0,23 / 0,33	0,2 / 0,29	0,19 / 0,25	0,19 / 0,26	

Примечания. 1. В числителе указаны значения расходов воды при ее расчетной температуре 5—10°, в знаменателе — при температуре воды 25—30°.

2. При применении одноходовых конденсаторов турбин расход воды возрастает в 1,2—1,4 раза.

Водоснабжение тепловых электростанций бывает прямоточным; при этом охлаждающая вода подается насосами из реки непосредственно на конденсаторы, воздухоохладители и пр., а отработанная нагретая вода отводится обратно в реку. В тех случаях, когда источник не обеспечивает необходимых расходов воды или станция расположена далеко от источника, применяется циркуляционное или оборотное водоснабжение с охлаждением отработанной нагретой воды в градирнях, брызгальных бассейнах или прудах, с обратной подачей ее на агрегаты. От источника подается вода только для восполнения потерь в замкнутом цикле охлаждения.

3. РЕЖИМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Потребление воды в технологических процессах производства подвержено значительным колебаниям по часам работы предприятия и в пределах часа. Неравномерности потребления воды обусловлены не совпадающими во времени заполнениями емкостей аппаратов, включением или выключением машин.

Для крупных производств неравномерности водопотребления бывают менее резкими, возрастая при малом объеме производства или при наличии значительного количества аппаратов периодического действия. Характерные режимы водопотребления по различным отраслям производства приведены ниже.

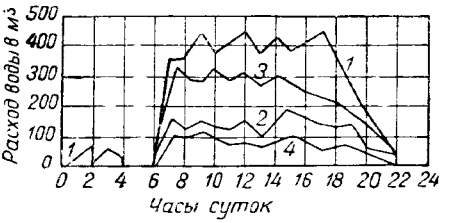


Рис. 5. Режим водопотребления отбельно-красильной хлопчатобумажной фабрики

Коэффициенты часовой неравномерности:
отбельный отдел, холодная вода — 1,3;
отбельный отдел, горячая вода — 1,52;
красильный отдел, холодная вода — 1,34;
красильный отдел, горячая вода — 1,46

На рис. 5 показан режим водопотребления отбельно-красильной хлопчатобумажной фабрики.



Рис. 6. Режим водопотребления пряжекрасильного цеха

Коэффициенты часовой неравномерности:
1 — холодная вода 1,72
2 — горячая вода 2,3

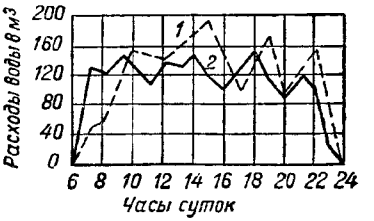


Рис. 7. Режим водопотребления камвольно-суконной фабрики

Коэффициенты неравномерности:
1 — холодная вода 1,8
2 — горячая вода 1,32

В отбельном отделе расходуется холодная неумягченная вода *1* и горячая умягченная *2*. В красильном отделе расход холодной воды обозначен линией *3*, а расход горячей умягченной воды — линией *4*.

Режим водопотребления цеха крашения пряжи представлен на рис. 6 (холодная вода *1*, горячая умягченная *2*).

На рис. 7 показан режим расхода холодной *1* и горячей воды *2* камвольно-суконной фабрики.

Режим водопотребления завода искусственного волокна, вырабатывающего вискозный шелк, штапель, корд и целлофан, представлен на рис. 8.

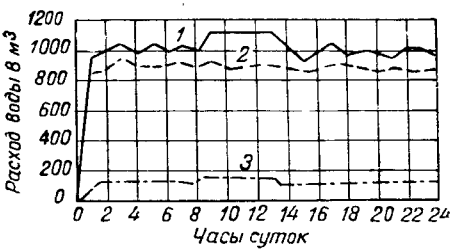


Рис. 8. Режим водопотребления завода искусственного волокна

Коэффициент часовой неравномерности:

1 — осветленная речная вода 1,18
2 — умягченная вода 1,07
3 — умягченная вода пониженной щелочности . . 1,17

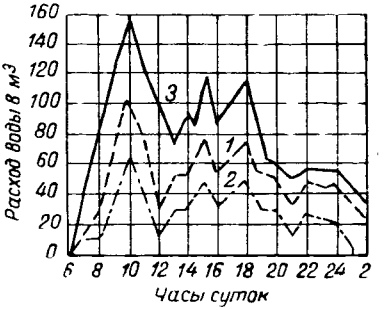


Рис. 9. Режим водопотребления кожевенного завода

1 — холодная вода;
2 — подогретая вода;
3 — расходы воды заводом

На рис. 9 показан режим водопотребления кожевенного завода. Количество холодной воды *1* составляет 63%, а подогретой *2* доходит до 37%. Линия *3* показывает расход воды заводом, с учетом подсобных отделов (шерстомойка, клейцех и пр.).

Можно принимать следующие коэффициенты часовой неравномерности производственного водопотребления.

Хлопчатобумажные отбельно-красильные фабрики:	
холодная вода	1,3—2
горячая умягченная вода . .	1,5—2
Трикотажные фабрики	1,8—2,6
Фабрики первичной обработки шерсти:	
холодная вода	1,7
теплая „	1,5—1,65
Камвольно-суконные фабрики:	
холодная вода	1,5—2,1
теплая „	1,5—2,2
Кокономотальные фабрики	2 —2,1
Шелкоотделочные фабрики:	
холодная вода	1,6—2
горячая „	1,5—1,85
Льнокомбинаты:	
холодная вода	1,3—1,65
горячая „	1,3—2,15
Заводы искусственного волокна	1,07—1,5
Кожевенные заводы:	
холодная вода	1,8—2,2
теплая „	1,6—2,2
Заводы искусственной кожи	1,1—1,2
Регенератно-резиновые заводы	1,1—1,16

4. ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

Нормы потребления воды населением городов и поселков обусловлены состоянием жилого фонда и степенью его благоустройства: наличием канализации, ванн и горячего водоснабжения.

Применительно к характеру застройки нормы водопотребления принимаются по табл. 2, в которой учтены все расходы воды в жилых домах, коммунальных и общественных зданиях (школах, больницах, столовых, банях, прачечных). В нормы не входят расходы воды на промышленных предприятиях, для тушения пожара и на поливку зеленых насаждений.

Таблица 2

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления (в *л* на человека в сутки) и коэффициенты часовой неравномерности

Показатели санитарно-технического благоустройства	Нормы водопотребления		Коэффициенты часовой неравномерности
	средне-суточные	в сутки максимального водопотребления	
Внутренний водопровод, канализация, ванны и централизованное горячее водоснабжение	160—210	185—240	1,25—1,15
Внутренний водопровод, канализация, ванны с газовыми колонками . . .	140—170	160—190	1,3—1,2
То же, с дровяными колонками	85—120	100—140	1,4—1,25
Внутренний водопровод и канализация без ванн, но с газификацией . . .	65—110	80—130	1,5—1.3
Внутренний водопровод и канализация без вани	50—90	65—110	1,6—1,4
Водоразбор из колонок (уличных) . .	40	60	2—1,6

Выбор норм по табл. 2 производится в зависимости от климатических условий районов.

Расход воды на поливку зеленых насаждений составляет 1,5—4 *л* на 1 $м^2$.

Расход воды на бытовые нужды рабочих во время их пребывания на производстве принимается (в *л*) на человека-смену:

горячие цехи — 35, с коэффициентом неравномерности 3
холодные » — 25 » » 3

Расход воды для душей на производстве (в *л*) на одного рабочего, пользующегося душем:

производства, связанные с загрязнением тела 40
производства, связанные с сильным загрязнением тела, или в горячих цехах 60

Продолжительность действия душей для каждой смены принимается 45 мин.

При необходимости отдельно учитывать местные расходы воды, в зданиях общественного назначения применяются следующие нормы в *л*:

Бани на одного посетителя	125—150
Столовые на одного посетителя	18—25
Механические прачечные (на 1 *кг* белья)	60—70
Больницы на одну койку	175—230
Гаражи (на мытье и заправку машин):	
легковые	250—400
грузовые	400—600

5. НАПОРЫ В ВОДОПРОВОДЕ

Напором, или давлением, в водопроводе называется та высота, на которую поднимается вода в вертикальной трубе, присоединенной к водопроводу. Напор измеряется в метрах водяного столба или в атмосферах, причем принято, что давлению в 1 *ат* соответствует давление в 10 *м* вод. ст.

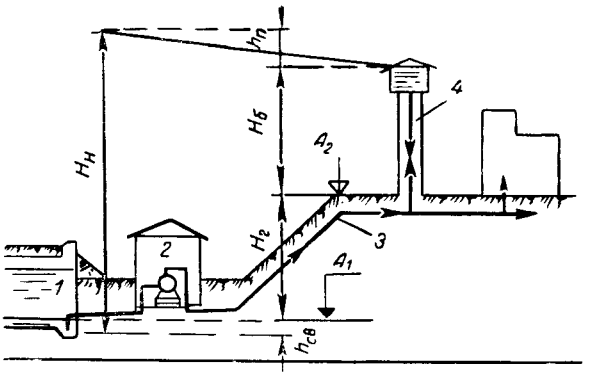


Рис. 10. Схема подачи воды в водонапорную башню:
1 — резервуар; *2* — насос; *3* — водовод; *4* — водонапорная башня

При подаче воды из источника водоснабжения к водоразборным кранам здания в водопроводе должен создаваться напор, достаточный для подъема воды на требуемую высоту и на преодоление потерь напора на трение о стенки труб и в арматуре. На излив из кранов прибавляется запас высоты напора в 1—2 *м*.

По схеме рис. 10 насос забирает воду из резервуара *1* и подает ее в бак водонапорной башни *4*, обеспечивающей необходимое давление в сети водопровода предприятия.

Напор $H_н$, создаваемый насосом *2*, будет складываться из: напора $H_г$ на подъем воды от отметки наинизшего уровня воды в резервуаре — A_1 до отметки земли — A_2 у башни; напора $H_б$ на подъем воды от отметки земли A_2 до излива в бак и напора $H_п$ на преодоление потерь на трение при всасывании — $h_{св}$ в водоводе *3* — $h_{сн}$ и в коммуникациях насосной и башни $h_{см}$, равных величине $H_п$.

$$H_н = H_г + H_б + H_п = H_г + H_б + h_{св} + h_{сн} + h_{см}$$

Нормы свободных напоров для водопроводов городов и поселков определяются в зависимости от этажности и застройки (в *м*):

с застройкой в 1 этаж	10
„ „ „ 2 этажа	12
„ „ „ 3 „	16
„ „ „ 4 „	20
„ „ „ 5 этажей	25

Свободные напоры в производственных водопроводах определяются с учетом условий подачи воды к машинам или аппаратам.

Глава III

СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

1. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОДОПРОВОДАМ

При проектировании и строительстве промышленных предприятий и населенных мест предусматривается противопожарное водоснабжение, обеспечивающее эффективную борьбу с огнем. Для этого устраивают противопожарные водопроводы, объединяемые, как правило, с водопроводами производственными или хозяйственно-питьевыми.

Для предприятий с пожарным расходом воды 25 *л/сек* и менее, с территорией предприятия не более 20 *га* и населенных мест с числом жителей не более 10 тыс. человек противопожарное водоснабжение можно осуществлять из водоемов или резервуаров с подачей воды на тушение наружного пожара автонасосами или мотопомпами.

Противопожарные водопроводы бывают внутренние — в зданиях, и наружные — на территориях предприятий или населенных мест.

Основным противопожарным устройством в зданиях являются внутренние пожарные краны, состоящие из вентиля диаметром 50 *мм* с полугайкой, пенькового рукава длиной 10 или 20 *м* и ствола с наконечником диаметра от 13 до 22 *мм*. Пожарные краны устанавливают на сети внутреннего водопровода на высоте 1,35 *м* от пола и взаимном расстоянии, обеспечивающем соприкосновение струй двух кранов в наиболее высокой и отдаленной точке здания.

Расход воды на пожарные краны принимается для производственных зданий из расчета двух струй производительностью не менее 2,5 *л/сек* каждая.

Устройство внутренних пожарных кранов, по «Нормам противопожарного проектирования промышленных предприятий и населенных мест» — НСП 102—51 обязательно в:

1) производственных зданиях (за исключением указанных ниже);

2) административных и общественных зданиях, гостиницах, учебных заведениях и детских садах высотой в три этажа и более;

3) коммунально-бытовых зданиях, лечебных заведениях и детских яслях при объеме здания 5000 $м^3$ и более, а также

4) жилых домах в 9 и более этажей.

Не требуется устройства противопожарного водопровода в цехах, мастерских с огнестойкими строительными конструкциями, в которых обрабатывают или хранят негорючие изделия или материалы, в складах малоценных материалов, проходных, одноэтажных банях и прачечных.

На предприятиях текстильной промышленности применяется спринклерное оборудование, которое при повышении температуры воздуха от возникающего пожара автоматически вступает в действие, причем одновременно подается сигнал пожарной тревоги.

Спринклерные системы состоят из сети труб диаметром от 25 до 150 *мм*, смонтированных под потолком помещения. В трубы ввертываются специальные насадки — спринклеры — по одной на каждые 6—8 $м^2$ площади пола. Спринклерная сеть находится под постоянным давлением воды или сжатого воздуха, а насадки закрыты легкоплавкими замками с температурой плавления 72°. При возникновении пожара замки насадок открываются и зона горения орошается водой.

Спринклерные системы разделяются на секции. В одной секции с одним контрольно-сигнальным клапаном устанавливается не более 800 насадок. В помещениях с постоянной температурой выше 0° устраивается водяная система спринклеров, а в неотапливаемых складах — воздушная, находящаяся под давлением сжатого воздуха.

Расход воды на спринклеры принимается: 10 *л/сек* на первые 10 мин. тушения пожара и 50 *л/сек* — в течение последующего часа.

Спринклерное оборудование устраивается в корпусах и складах прядильно-ткацких хлопчатобумажных, льняных и камвольно-суконных фабрик и пр. с сухими технологическими процессами. Необходимость спринклерования того или иного производственного помещения устанавливается инстанцией, утверждающей проектное задание.

Для защиты отдельных частей зданий от распространения пожара иногда применяется дренчерное оборудование, представляющее собой систему труб с открытыми спринклерными насадками, смонтированную так, чтобы создавать водяные завесы, препятствующие распространению огня.

Внутренние противопожарные устройства обеспечиваются неприкосновенным запасом воды, рассчитываемым на промышленных предприятиях на 10-минутную продолжительность тушения пожара кранами, спринклерами или дренчерами (при их наличии). Запас воды включает одновременное потребление воды на производственные или хозяйственные нужды.

Наружный противопожарный водопровод может устраиваться высокого или низкого давления. При высоком давлении напор для тушения пожара непосредственно от гидрантов создается стационарными насосами, включаемыми не позднее чем через 5 мин. после подачи тревоги.

При низком давлении в водопроводе необходимый для тушения пожара напор обеспечивается привозными автонасосами или мотопомпами.

Расход воды на наружное пожаротушение и расчетное количество одновременно возможных пожаров для населенных мест принимается по табл. 3.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение через гидранты на промышленных предприятиях (на один пожар) принимается по тем зданиям, для которых по табл. 4 [1] требуется наибольший расход воды.

---

[1] Нормы противопожарного проектирования предприятий и населенных мест (НСП 102—51), Стройиздат, 1951.

Таблица 3

Расход воды на наружное пожаротушение в городах и поселках

Количество жителей в населенном пункте в тыс. человек	Расчетное количество пожаров	Расход воды на один пожар в *л сек*			
		Малоэтажная застройка (до двух этажей включительно)		Смешанная застройка независимо от степени огнестойкости	Многоэтажная застройка независимо от степени огнестойкости
		Степень огнестойкости зданий			
		I, II, III	IV, V		
до 5	1	5	5	10	10
„ 10	1	10	10	15	15
„ 25	2	10	10	15	15
„ 50	2	15	20	20	25
„ 100	2	20	25	30	35

Таблица 4

Расход воды на наружное пожаротушение на предприятиях

Степень огнестойкости зданий	Категория производства	Расход воды на 1 пожар в *л сек*				
		Объем здания в тыс. $м^3$				
		до 3	3—5	5—20	20—50	свыше 50
I и II	Г, Д	5	10	10	15	25
	А, Б, В	10	10	15	20	30
III	Г, Д	5	10	15	25	35
	В	10	15	20	30	40
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	
	В	15	20	25	–	

Расход воды на тушение пожара внутри зданий, оборудованных внутренними пожарными кранами, учитывается дополнительно к нормам по табл. 3 и 4.

Характеристика огнестойкости зданий и категории производства приведены в нормах противопожарного проектирования (НСП 102—51).

В промышленности товаров широкого потребления к категории А относятся химические цехи фабрик ацетатного шелка.

К категории В относятся заводы первичной обработки хлопка, льна, конопли и других лубяных волокон без мочки, трикотажные и швейные фабрики, цехи текстильной промышленности, лесопильные, деревообделочные мастерские.

К категории Г относятся кузницы, мотовозные и паровозные депо, котельные. К категории Д относятся цехи с мокрыми процессами производства текстильных фабрик и пр.

При проектировании водопроводов одновременное возможное количество пожаров принимается для предприятия с площадью территории: 1) менее 100 *га* — 1 пожар; 2) 100 *га* и более — 2 пожара, с расчетом расхода воды по двум зданиям, требующим наибольшего расхода воды, — по табл. 4; 3) менее 50 *га* при наличии при нем поселка с численностью населения до 25 тыс. человек — 1 пожар; 4) от 50 до 100 *га*, если имеется при нем поселок с населением до 25 тыс. человек, — 2 пожара — на предприятии и поселке; 5) более 100 *га* и при наличии поселка с численностью населения до 25 тыс. человек — 2 пожара на предприятии или 1 пожар на предприятии и 1 пожар в поселке с расчетом сети водопровода на оба возможных варианта.

Если численность населения в поселке превышает 25 тыс. человек, то возможное количество пожаров и расчетные расходы воды принимаются раздельно по табл. 3 и 4.

Расчетная продолжительность тушения пожара принимается в 3 часа, причем подача полного пожарного расхода воды определяется при среднем часовом расходе воды на другие нужды за 3-часовой период наибольшего водопотребления. При этом не учитывается расход воды на поливку территории, мытье полов и технологического оборудования. Расход воды на души принимается в размере 15% от расчетного.

В тех случаях, когда на предприятии, кроме внутренних пожарных кранов, имеется спринклерное оборудование, присоединенное к наружному водопроводу, определяется следующий расход воды на тушение пожара:

1) в течение первых 10 мин. (до включения пожарных насосов) — 15 *л/сек*, из них 10 *л/сек* — на спринклеры и 5 *л/сек* — на внутренние пожарные краны;

2) в течение последующего часа — не менее 75 *л/сек*, из них 50 *л/сек* — на спринклеры и 25 *л/сек* — на гидранты наружного водопровода и внутренние пожарные краны. Расход воды на остальное время тушения пожара устанавливается согласно табл. 3 и 4.

Расход воды на дренчерные установки, если они присоединены к наружному водопроводу, учитывается отдельно в том случае, когда максимальный расход на них превышает 20% расчетного расхода воды через гидранты.

Если получить необходимое для тушения пожара количество воды непосредственно из источника водоснабжения невозможно или экономически нецелесообразно, необходимо предусматривать хранение 3-часового пожарного запаса воды в резервуарах.

2. СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

По особенностям и масштабам водопотребления предприятия промышленности товаров широкого потребления подразделяют на следующие группы.

1. Прядильно-ткацкие и обувные фабрики. Производственное водопотребление на этих предприятиях относительно невелико, и

вода требуется главным образом для хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд.

2. Отделочные фабрики текстильной промышленности, заводы искусственного волокна, кожевенные заводы, производства заменителей кожи и пр. На этих предприятиях расходуется много воды на технологические нужды, причем отработанная вода обычно загрязняется настолько, что ее повторное использование исключено.

На заводах искусственного волокна, регенератно-резиновых и искусственной подошвы часть воды подается на охлаждение аппаратуры, не загрязняясь при этом. Отработанную охлаждающую воду можно использовать повторно на другие технологические процессы.

Предприятия первой группы, находящиеся в городах, обычно присоединяются к городскому водопроводу. В этом случае схемы водоснабжения предприятий зависят от мощности городского водопровода и свободного напора в месте присоединения. При мощном городском водопроводе, обеспечивающем все виды водопотребления с необходимым напором, на территории предприятия укладывается сеть труб с двумя вводами от городского водопровода. В тех случаях, когда городской водопровод недостаточной мощности, для пожарных расходов воды устраивают резервуары запаса воды с тушением пожара автонасосами. Для обеспечения работы внутренних противопожарных устройств устанавливаются напорные баки, а иногда и насосы подкачки.

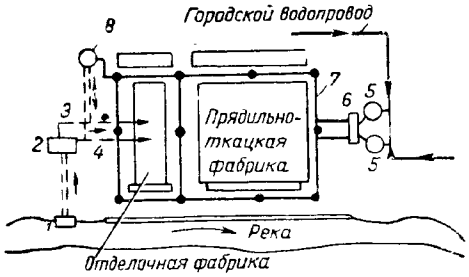


Рис. 11. Схема водоснабжения хлопчатобумажного комбината:

1 — водоприемник; *2* — станция осветления и умягчения воды; *3* и *4*—сеть труб осветленной и умягченной воды; *5, 6*—запасные резервуары и насосная станция; *7*—сеть хозяйственно-противопожарного водопровода; *8* — водонапорная башня

Если городской водопровод маломощен и не обеспечивает необходимых напоров, на предприятии устраивают, кроме резервуаров, насосную станцию и водонапорную башню.

Для предприятий первой группы, размещаемых вне городов с централизованным водоснабжением, устраиваются самостоятельные водопроводы, с преимущественным использованием подземных вод, не требующих очистки.

Предприятия второй группы в большинстве случаев могут получать воду из городского водопровода только для хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд. Для производственных целей используются реки, а иногда и подземные воды.

На рис. 11 изображена схема водоснабжения хлопчатобумажного комбината, получающего воду для хозяйственно-питьевых и пожарных нужд от городского водопровода, а для технологических — из реки. Вся речная вода должна быть осветлена, а часть ее умягчена.

На рисунке показаны: водоприемник *1* и насосная станция на реке; станция осветления и умягчения воды *2*; сеть труб осветленной и умягченной воды *3* и *4*; запасные резервуары *5*; насосная станция *6* и разводящая сеть хозяйственно-противопожарного водопровода *7*; водонапорная башня *8* с тремя баками для всех систем водопровода: хозяйственно-противопожарного и производственных — осветленной и умягченной воды.

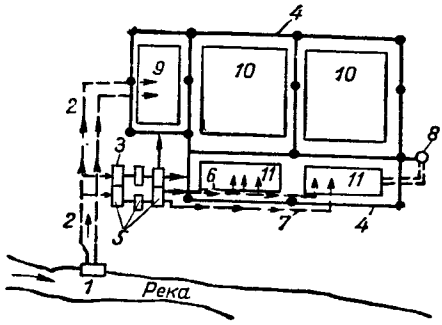


Рис. 12. Схема водоснабжения текстильного комбината и тепловой электростанции:

1 — водоприемник; *2* — водоводы; *3* — водоочистная и насосная станция хозяйственно-противопожарного водопровода; *4* — сеть хозяйственно-противопожарного водопровода; *5* — станция осветления и умягчения воды для производства; *6* — сеть осветленной воды; *7* — сеть осветленной и умягченной воды; *8* — водонапорная башня; *9* — ТЭЦ; *10* — прядильно-ткацкие фабрики; *11* — отбельно-красильные фабрики

На рис. 12 показана схема водоснабжения крупного текстильного комбината (с поселком), обслуживаемого речными водопроводами: хозяйственно-противопожарным с осветлением и обеззараживанием воды и производственным — осветленной и умягченной воды. Основные сооружения водопроводов сблокированы: водоприемник *1* и водоводы *2* обеспечивают подачу сырой воды обеим системам водопровода; станция очистки воды разделена на две секции: хозяйственно-противопожарного *3* и производственного *5* водопроводов.

В случаях строительства на предприятиях тепловых электростанций, требующих на охлаждение конденсаторов турбин большого количества воды, схема водоснабжения предприятия решается совместно со схемой водоснабжения ТЭЦ.

На рис. 13 изображена схема подачи воды к конденсаторам, маслоохладителям и воздухоохладителям теплоэлектростанции при прямоточной системе технического водоснабжения. Отработанная на конденсаторах нагретая вода из сливного колодца системы технического водо-

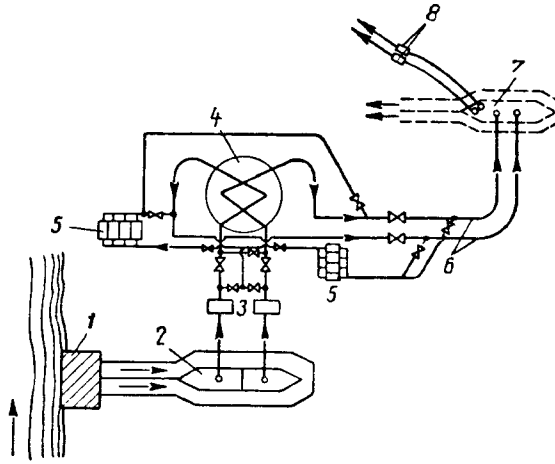


Рис. 13. Схема технического водоснабжения тепловой электростанции:

1 — водоприемник; *2* — приемный колодец; *3* — насосы подачи воды на конденсатор *4*; *5* — подача воды к воздухо- и маслоохладителям; *6* — трубопроводы отработанной воды; *7* — сливной колодец; *8* — насосы промпредприятия

снабжения ТЭЦ забирается специальными насосами (обычно устанавливаемыми в здании станции) и подается на технологические нужды предприятия.

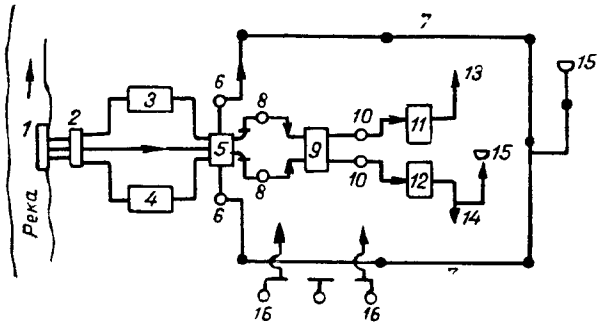


Рис. 14. Схема водоснабжения завода искусственного волокна:

1 и *2* — водоприемник и насосная станция; *3* и *4* — машинно-компрессорная и кислотная станции; *5* — резервуар; *6* и *7* — насосы и сеть производственно-противопожарного водопровода; *8* — насосы; *9* — водоочистная станция; *10* — насосы; *11* и *12* — фильтры умягчения; *13* — сеть умягченной воды нормальной щелочности; *14* — сеть умягченной воды пониженной щелочности; *15* — водонапорные баки; *16* — водопровод холодной подземной воды

При организации технического водоснабжения ТЭЦ по оборотной схеме (см. главу II) восполнение потерь воды в системе водоснабжения ТЭЦ производится от водоводов предприятия (см. рис. 12) или предприятие получает воду для производственных нужд от водоприемных сооружений и водоводов ТЭЦ.

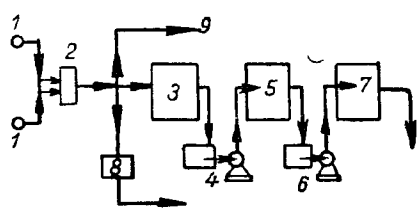


Рис. 15. Схема водоснабжения регенератно-резинового завода:

1 — артезианские скважины; *2* — насосная станция; *3* — первый цикл использования воды для охлаждения аппаратуры (цех черной резины и игелита); *4* — резервуар отработанной воды и насос; *5* — второй цикл использования воды (регенератный цех, рифайнер-вальцы); *6* — резервуар и насос; *7* — третий цикл использования отработанной воды (цех цветной резины и пр.); *8* — умягчение воды для вулканизационных прессов; *9* — подача свежей воды на прочие нужды производства

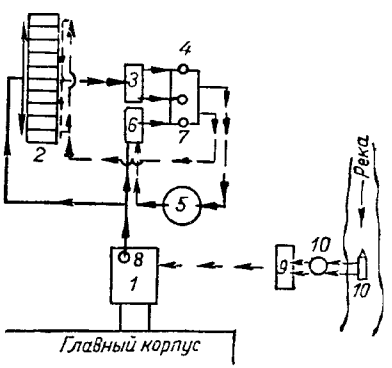


Рис. 16. Схема производственного водоснабжения лубзавода:

1 — локомобильная; *2* — мочильные камеры; *3* — приемник мочильной жидкости; *4* — насосы; *5* — регенератор мочильной жидкости; *6* — смеситель; *7* — насос регенерированной жидкости; *8* — насос теплой отработанной воды *9* — насосная станция 1-го подъема; *10* — водоприемник и береговой колодец

Схема водоснабжения завода искусственного волокна, вырабатывающего вискозный шелк, корд и целлофан, показана на рис. 14. В соответствии с требованиями к качеству воды на заводе

устраиваются водопроводы: 1) речной, осветленной воды для охлаждения агрегатов машинно-компрессорной и кислотной станций, 2) производственно-противопожарный с использованием отработанной воды 1-й системы, 3) водопроводы умягченной воды нормальной и пониженной щелочности; 4) водопровод подземной холодной воды и 5) хозяйственно-питьевой водопровод. На сероуглеродном заводе, входящем в общий комплекс производства, устраиваются водопроводы речной осветленной, умягченной и холодной подземной воды.

Схема водоснабжения регенератно-резинового завода с тремя циклами повторного использования воды на охлаждения аппаратуры приведена на рис. 15.

На рис. 16 показана схема водоснабжения и технологических трубопроводов завода первичной обработки джута с регенерацией мочильной жидкости и использованием теплой отработанной воды от охлаждения конденсатора локомобиля.

Источником производственного водопровода лубзаводов могут быть реки с подачей воды от водозаборных сооружений на площадку завода к локомобильной и на пополнение пожарных запасных водоемов, рассредоточенных по территории завода и складов сырья на расстоянии радиуса действия мотопомпы. Хозяйственно-питьевым водоснабжением заводы обеспечиваются обычно от шахтных колодцев или артезианских скважин.

Глава IV

ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

В тех местах, где поверхностные слои земной коры сложены водопроницаемыми горными породами — песками, гравием, галечником, щебнем, — атмосферные осадки просачиваются в глубину слоев до встречи с пластами водонепроницаемых пород — глин, сланцев, плотных песчаников — и образуют горизонты подземных вод, которые подразделяются на грунтовые — безнапорные — воды и напорные — артезианские.

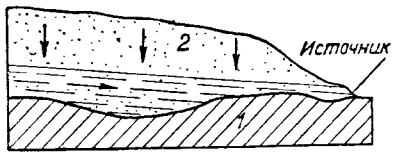


Рис. 17. Грунтовой поток:
1 — водоупорный пласт; *2* — водопроницаемые пласты

Подземные воды, накапливающиеся в открытых с поверхности водопроницаемых пластах, подстилаемых водоупорами, называются грунтовыми (рис. 17).

Подземные воды, скопляющиеся в водопроницаемых пластах, перекрытых сверху водоупорами, и находящиеся под давлением свыше атмосферного, называются артезианскими.

Режим подземных вод зависит от метеорологических, геоморфологических, геологических и гидрографических факторов.

Главными метеорологическими факторами являются количество атмосферных осадков и величина испарения, определяющие размеры питания подземных вод. В районах избыточного увлажнения, при малом испарении влаги, образуются избыток грунтовых вод и заболачивание территорий.

В условиях недостаточного увлажнения, при большом испарении — в засушливых районах — происходит истощение подземных вод, а затем засолонение почв и грунтовых вод.

Расчлененность территорий глубокой речной или овражно-балочной сетью способствует снижению зеркала подземных вод вследствие дренирующего влияния глубоких понижений рельефа.

Геологическими факторами, влияющими на режим подземных вод, являются глубина залегания водоносных горизонтов, природа вмещающих пластов и их мощность. В глубоко залегающих и мало проницаемых пластах движение воды бывает замедленное. При постоянной мощности пластов вода движется более равномерно, а при их изменчивой мощности неравномерно.

На режим подземных вод большое влияние оказывает связь с гидрографической сетью — реками. Последние могут дренировать подземные потоки, питаясь ими, или отдавать воду на питание подземного потока.

В зависимости от сочетания различных факторов образуются разные виды грунтовых и артезианских потоков, приуроченных к отложениям различных геологических эпох, обладающих разной степенью водопроводимости и различным содержанием растворимых химических соединений, влияющих на качество воды [1].

Грунтовые воды

Грунтовые воды находятся под давлением атмосферы, поэтому их уровень в колодцах остается на той глубине, на которой была встречена вода. Горизонты грунтовых вод могут образовывать застойные бассейны или иметь движение по уклону водоупорных пластов. В местах обнажения водоносных пластов, на склонах оврагов и балок образуются родники и источники.

Залегая в первом от поверхности водопроницаемом слое, грунтовые воды подвержены влиянию поверхностных загрязнений, вследствие чего качественный их состав зависит от населенности территории и степени ее благоустройства.

---

[1] Геологическую историю земли делят на эры, периоды и отделы. Различают эры: Кайнозойскую, Мезозойскую, Палеозойскую и самую древнюю — Архейозойскую.

Кайнозойская эра делится на четвертичный и третичный периоды. Четвертичный период разделяется на послеледниковый — современный, и ледниковый отделы. Третичный период разделяется на верхне-третичный период, или неоген, и нижне-третичный период — палеоген.

Неоген делится на плиоцен и миоцен, а палеоген — на олигоцен, эоцен и палеоцен.

Мезозойская эра делится на меловой, юрский и триасовый периоды. Палеозойская эра делится на пермский, каменноугольный (карбон), девонский, силурийский и кембрийский периоды.

Распределение грунтовых вод, подобно почвенному и растительному покрову земли, изменяется по географическим зонам, подчиняясь зональности изменений климата, геоморфологии и литологии вмещающих пород. Поэтому выделяются зональные грунтовые воды и, кроме того, воды азональные, не подчиняющиеся в своем распространении общим закономерностям. К такому типу относятся воды аллювиальных отложений речных долин, воды области конечных ледниковых морен, области близкого к поверхности залегания кристаллических пород, воды области болот и солончаков.

Широкое распространение на территории СССР имеют грунтовые воды, приуроченные к песчано-гравийным аллювиальным отложениям речных долин.

Обычно нижняя часть аллювиальной толщи речной долины сложена более крупными песками и гравием — древний аллювий, а сверху — современный аллювий — более мелкими, часто илистыми отложениями.

Аллювиальные воды гидравлически связаны с реками. При достаточной мощности песчано-гравийной толщи эти воды бывают обильными и могут обеспечивать крупные системы водоснабжения (реки Пяндж и Чирчик, Енисей, горные реки Кавказа и пр.).

Обильные грунтовые потоки образуются в террасовых отложениях долин горных и предгорных районов, если эти отложения состоят из гравийно-галечных пород.

На огромном пространстве Европейской части СССР распространены отложения ледников, связанные с оледенением части Европы в четвертичный период.

Ледниковые отложения делятся на отложения ледников — моренные валунные глины, и отложения его талых вод — флювиогляциальные, песчано-гравийные.

Области распространения морен бедны подземными водами. Заключаются они в песчано-гравийных прослоях морены и образуют отдельные скопления воды, незакономерные в своем распространении. Запасы воды в песчано-гравийных прослоях морен ограничены.

Отложения талых вод ледников приурочены к гидрографической сети или невысоким водоразделам, залегая отдельными участками, иногда достаточно больших размеров. В северных областях Советского Союза, а также в Польше и Северной Германии — ледниковые отложения заполняют древние, доледниковые понижения в рельефе коренных пород и являются мощными коллекторами подземных вод хорошего качества.

В степных районах условия образования грунтовых вод неблагоприятны вследствие сухости климата и геологических структур.

На юге Европейской части СССР грунтовые воды приурочены к обширным территориям развития лёсса и лёссовидных суглинков, отличающихся плохими фильтрационными свойствами и часто засоленными. Развитая в этой зоне овражно-балочная сеть дренирует грунтовые воды и понижает их уровень. Поэтому грунтовые воды здесь не обильны, залегают глубоко и местами сильно минерализо-

ваны. В подрусловых потоках рек часто сохраняются круглый год некоторые запасы воды.

В степных районах Западно-Сибирской равнины грунтовые воды находятся на глубине 0,5—20 *м* и более, отличаясь различными количественными и качественными показателями. Там, где коренные породы имеют прослои гипса или соли, грунтовые воды засолены. Воды песчаных пластов, залегающих между глинами третичного периода, бывают пресными, иногда напорными.

Грунтовые воды Средней Азии разделяются О. К. Ланге на три типа: воды аллювиальных отложений современной гидрографической сети, воды предгорных образований и воды равнинных степей и полупустынь.

Воды первого типа разнообразны в количественном отношении, зависящем от размеров питающего речные отложения живого потока. В аллювиальных отложениях крупных рек эти воды обильны и обычно хорошего качества, за исключением тех случаев, когда реки прорезают соленосные толщи древних отложений.

Воды предгорных образований развиты на протяжении почти всей Средней Азии. Вдоль горных массивов развиты разнообразные грубообломочные отложения, представленные осыпями и конусами выносов горных ущелий и рек. Конусы выносов бывают изолированными или сливаются, образуя всхолмленные пространства. Конусы выносов и области осыпей — районы интенсивного поглощения вод атмосферных осадков, гидрографической сети и коренных отложений. Здесь грунтовые воды залегают глубоко — на 60—80 *м*. По направлению к равнине воды приближаются к земной поверхности, и на некотором расстоянии от гор уровень воды приближается к поверхности земли, а местами образуются ее естественные выходы.

Примерно в этой же области крупнообломочные отложения предгорий, постепенно перекрываясь мелкоземлистыми отложениями, уходят на большие глубины. Грунтовые воды, частью выклинивающиеся на дневную поверхность, частью вскрытые арыками, расходуются на орошение и испаряются, а зеркало грунтовых вод углубляется. Продолжая свой путь в мелкозернистых отложениях равнины, часто засоленных, эти воды значительно минерализуются [1].

Воды равнинных пространств Голодной и Кашкадарьинской степей, Кара-Кумов обычно сильно минерализованы. Среди таких вод встречаются, в виде линз, более или менее пресные воды.

Артезианские воды

Артезианские воды приурочены к определенным бассейнам, представляющим собой структурные понижения кровли водоупора. Атмосферные осадки просачиваются вдоль выклинивающегося на поверхность водонепроницаемого пласта и скапливаются в пониженной части, создавая здесь вековые запасы воды.

---

[1] Очерки по региональной гидрогеологии СССР, издаваемые Московским обществом испытателей природы. Новая серия, вып. 8(12), 1947.

На рис. 18 показана (по А. М. Овчинникову) следующая схема залегания артезианских вод: *1* — водопроницаемый пласт; *2* — водоупорные породы; *3* — уровень воды: *а* — область питания артезианских вод; *б* — область напора; *в* — область разгрузки; *А* — пределы распространения артезианских вод; *Б* — пределы распространения грунтовых вод; *М* — мощность артезианского горизонта; H_1 и H_2 — напор артезианских вод.

В артезианских бассейнах различают области питания, напора и разгрузки. Областью питания являются территории, где атмосферные осадки проникают в водоносный горизонт. Области питания лежат по краям подземной котловины, в местах, где водонепроницаемые породы, подстилающие артезианский горизонт, выходят на поверхность земли.

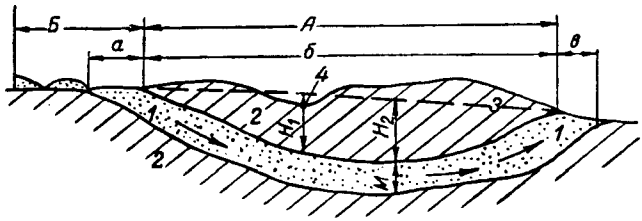


Рис. 18. Схема залегания артезианских вод:

1 — водопроницаемый пласт; *2* — водоупорные породы; *3* — уровень воды: *а* — область питания артезианских вод; *б* — область напора; *в* — область разгрузки; *А* — пределы распространения артезианских вод; *Б* — пределы распространения грунтовых вод; *М* — мощность артезианского горизонта; H_1 и H_2 — напор артезианских вод

Движение артезианских вод во вмещающих породах, совершается по закону сообщающихся сосудов, т. е. вода стремится повсюду занять одинаковый уровень. Если в точке *4* (рис. 18) пробурить скважину, уровень воды в ней будет примерно соответствовать уровню воды в области питания и может оказаться выше поверхности земли.

При откачке воды из артезианской скважины первоначальный статический уровень понижается и остается постоянным при отборе одного и того же количества воды и, наоборот, падает или повышается с увеличением или уменьшением количества откачиваемой воды. Уровень, установившийся в скважине при той или иной величине откачки, называется динамическим.

В ряде случаев в артезианском бассейне залегают несколько водоносных горизонтов, что дает возможность использовать все горизонты или горизонт, наилучший по качеству или обилию воды.

По степени интенсивности подземного стока различают два типа артезианских бассейнов — с интенсивным и замедленным стоком. Для первого типа бассейнов характерна хорошая промытость пластов от находящихся в них различных солей и наличие пресной воды. Для бассейнов второго типа характерно наличие минерализованных вод, особенно в глубоких частях.

Примером артезианских бассейнов первого типа является Днепровско-Донецкий бассейн, а бассейном второго типа — Подмосковный, а также огромный бассейн на востоке Европейской части СССР, сложенный отложениями пермского и каменноугольного периодов.

Из районов Азиатской части СССР, в которых артезианские воды представляют более или менее оформленные бассейны, отмечаются, по О. К. Ланге, Карагандинский, Барнаульский и другие артезианские бассейны.

Разнообразие химического состава подземных вод — грунтовых и артезианских — зависит от растворимости вмещающих горных пород и степени их засоленности; там, где они хорошо промыты, подземные воды наименее минерализованы. В областях распространения пород с прослоями солей они обладают наибольшим солевым составом и в ряде случаев оказываются непригодными к использованию. Сильно минерализованные воды встречаются в районах отложений пермского периода, где их жесткость доходит до 35—40 *мг-экв/л*, а также в областях девонских отложений, где наряду с водами умеренной жесткости попадаются засоленные. В табл. 5 приведены данные об артезианских водах.

Таблица 5

Примерные характеристики артезианских вод

Показатели	Подмосковный бассейн	Днепровско-Донецкий бассейн	Причерноморский бассейн	Барнаульский бассейн
Глубина скважин средняя в *м*	300—40	700—80	50—150	100—260
Производительность в *м³/час*	200—50	100—70	40—150	50—100
Жесткость воды общая в *мг-экв/л*	7,10—6	1,4—12,5	14—13	4,7—2,8
Карбонатная в *мг-экв/л* . .	6,8—5,5	—	1,2—1.8	—

2. РЕКИ И ВОДОХРАНИЛИЩА

Реки со своими притоками образуют речные системы, ограниченные от других речных систем линиями водоразделов, которые проходят по наиболее высоким точкам местности. Территории в пределах линий водораздела служат водосборными площадями, атмосферные воды с которых поступают на питание данной реки. Режим рек изменяется по временам года в зависимости от характера питания, в зависимости от того, происходит ли оно за счет подземных вод, дождей и ливней или за счет скопления поверхностных вод после весеннего таяния снегов. Для каждой реки различают периоды паводков и межени (периоды малых расходов воды, когда река питается главным образом подземными водами).

В пределах Советского Союза можно наметить следующие основные типы рек по характеру годового распределения стока воды:

Северо-восток Европейской части (от линии Минск—Саратов) и Сибирь. Реки этого обширного про-

странства вследствие малого грунтового питания имеют низкий летний сток, прерываемый эпизодическими ливневыми паводками. Осенью сток повышается от дождей, к зиме — понижается. Весна дает наибольший сток за счет таяния снегов.

Юго-запад Европейской части Союза (от линии Минск — Саратов). Общий характер распределения стока вод похож на указанный выше; вследствие неустойчивости зим зимний сток выше, чем у северных рек.

Кавказ, Сибирь и Средняя Азия. Сток рек здесь целиком горно-снегового происхождения, с паводками в летнее время.

Засушливые области Казахстана, Нижнего Поволжья и Крыма. Реки этих местностей, носящих характер полупустынь, отличаются очень высоким весенним стоком. Летом и осенью сток имеет эпизодический характер после ливней.

О величине стока в бассейне реки судят по расходам воды в выбранных сечениях реки, где производятся замеры горизонтов воды и скоростей течения. По живому сечению реки F в $м^2$ и скорости течения v в $м/сек$ определяют расход воды в $м^3/сек$.

$$Q = F \cdot v.$$

При характеристике стока различают коэффициент стока и модуль стока. Коэффициентом стока называется отношение количества осадков y, идущих на сток, к общему количеству выпавших осадков за год x, т. е.

$$a = y : x.$$

Эта величина, выражаемая в отвлеченных единицах или процентах, не может быть больше единицы или 100%.

Модулем стока называется количество воды Q в $л$, стекающей с 1 $км^2$ бассейна в одну секунду.

$$b = \frac{Q\ л/сек}{F\ км^2}.$$

Общий модуль стока включает модуль поверхностного и подземного стока. Величина модуля стока бывает максимальной во время весенних паводков. Минимальное ее значение соответствует зимнему питанию реки за счет грунтовых вод.

На рис. 19 изображен гидрограф реки с преобладанием равнинно-снегового питания. Рисунок хорошо показывает резкий подъем расходов воды во время весеннего паводка и увеличения расхода при дождевых паводках.

С колебанием расхода воды в реках связано изменение уровня. Из всех возможных уровней воды выделяются и устанавливаются: 1) летний наинизший, 2) зимний наинизший, 3) наинизшие при осеннем и весеннем ледоставе, 4) наивысшие в период паводков и ледохода.

При использовании воды рек для водоснабжения наивысшие уровни необходимы для того, чтобы правильно построить водозаборные сооружения, вне залива их водой во время наивысших уровней.

Наинизшие уровни, а, следовательно, и наинизшие расходы воды показывают степень обеспеченности расчетного водопотребления дебитом реки, а также условия обеспеченности захвата воды во время наинизших уровней.

Практикой строительства водопроводов установлены пределы обеспеченности для расчетных расходов воды и ее уровней.

Минимальные летние и зимние расходы и уровни воды должны быть обеспечены:

1) для водоснабжения промышленных предприятий на 97—95%, т. е. допускается, что в течение 3—5 лет из 100 вода может быть не подана в требуемом количестве;

2) для больших промышленных городов на 95%, для средних городов — 90% и районных центров — на 80%.

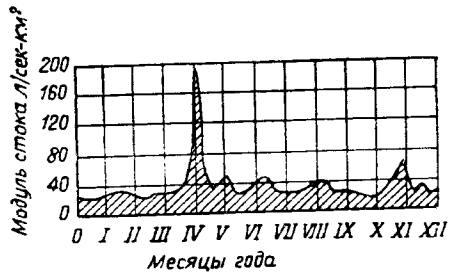


Рис. 19. Гидрограф реки

Максимальные расходы и уровни воды в реке при половодьях и паводках принимаются для всех видов водоснабжения, с условием превышения расчетных расходов и уровней, один раз в 100 лет.

Наблюдения за режимом стока и уровней рек ведутся Главным управлением гидрометеорологической службы СССР, имеющим широкую сеть гидрометрических станций и водомерных постов, а также и различными хозяйственными учреждениями. Данные этих наблюдений учитывают при проектировании водозаборных сооружений на реках (табл. 6).

Таблица 6

Данные о водоносности некоторых рек

Реки	Сток в м³/сек		
	наименьший	средний	максимальный
Волга:			
Ярославль	544	1138	1746
Чебоксары	1635	3580	4837
Камышин	4650	7945	11600
Днепр:			
Орша	14	127	1960
Киев	93	1401	22900
Берислав	230	2047	20080
Обь:			
Барнаул	133	—	4100
Новосибирск	849	—	17000

Воды различных рек имеют разный состав. Некоторые реки, протекающие в легко размываемых руслах, несут в паводки огромные количества взвешенных веществ минерального происхождения — наносов. Насыщенность воды наносами для некоторых рек такова:

Аму-Дарья	до 6500 *г/м*³
Белая, приток Кубани	3650 „
Сунжа у г. Грозный	13700 „
Свияга	50—700 „

Химический состав речной воды отличается значительным разнообразием. Солевой состав и жесткость достигают наибольших значений зимой, когда питание рек происходит за счет подземных вод, и резко уменьшается в паводок вследствие разбавления талой, мало минерализованной водой. Количество растворенных минеральных солей, выносимых реками, достигает огромных величин: река Волга, по подсчетам О. А. Алекина, ежегодно выносит в Каспийское море до $45—50 \times 10^6$ *т* солей.

Некоторые данные о среднегодовой жесткости воды рек и озер СССР приводятся по С. Х. Азерьеру.

Реки Нева, Свирь, Печора, Амур, Ангара, Мезень, Селенга, озера Байкал, Онежское и Ладожское имеют жесткость воды до 1,5 *мг-экв/л*.

Реки Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Рион, Вычегда, Иртыш, Обь, Енисей, Онега, Волхов, Томь, Омь, Луга, Вятка, Шексна, Молога, частично Северная Двина и озеро Ильмень имеют жесткость воды до 3 *мг-экв/л*.

Жесткость воды до 4,5 *мг-экв/л* бывает в реках: Днепре, Западной Двине, Березине, Северной Двине, Сухоне, Пинеге, Костроме, Соже, Туре, Куре и в верховьях Волги.

Жесткость до 6 *мг-экв/л* бывает в воде рек: Оки, Москвы, Клязьмы, Камы, Белой, Лены, Дона, Урала, Суры, Икши, Колымы, Чусовой и Волги.

Температура речной воды колеблется по сезонам. На рис. 20 приведен график колебания температуры воды рек: *1* — Кубани, *2* — Днепра у г. Херсона, *3* — Свислочи и *4* — Ангары.

В тех случаях, когда промышленные предприятия или города размещаются в бассейнах рек с малым расходом, не покрывающим расчетного водопотребления или с недостаточными глубинами для водозабора, сток рек регулируют путем устройства одного или нескольких водохранилищ сооружением плотин в речных долинах.

Регулирование стока рек бывает сезонным и многолетним. При сезонном регулировании задерживают сток одного паводка, а при многолетнем регулировании перераспределяют сток за многолетний период. Степень зарегулированности стока выражают коэффициентом зарегулированности, равным отношению водопотребления к среднему многолетнему стоку, принимая его не более 0,8—0,95.

Устройство водохранилищ изменяет естественный режим реки. Подпор потока плотиной уменьшает скорости движения воды и способствует осаждению наносов.

Под влиянием ряда причин в водохранилище происходит изменение состава воды с усреднением показателей минерализации в течение года. Сезонное массовое развитие в воде водохранилищ микроорганизмов способствует летнему цветению воды, крайне затрудняющему использование воды для водоснабжения.

Вода при цветении становится мутной, приобретая за счет массы микроскопических водорослей ту или иную окраску, а нередко специфические запах и вкус.

Борьба с цветением воды сводится к своевременной подготовке чаши водохранилища с его очисткой перед затоплением. В процессе эксплуатации борьба с цветением ведется обработкой водохранилища сернокислой медью.

Регулирование стока рек производится также в целях их комплексного использования для гидроэнергетики, водного транспорта, орошения и обводнения земель.

Регулирование стока крупных рек имеет исключительно большое значение.

Созданы крупнейшие водохозяйственные системы: на верхней Волге с тремя водохранилищами — Иваньковским, Угличским и Щербаковским.

Восстановлено Днепровское водохранилище. Осуществлена первая очередь Невинномысского канала, соединяющего бассейны рек Кубани и Маныча. Завершено строительство плотины на реке Иртыш в г. Усть-Каменогорске, сооружен Волго-Донской судоходный канал имени Ленина с огромным Цимлянским водохранилищем.

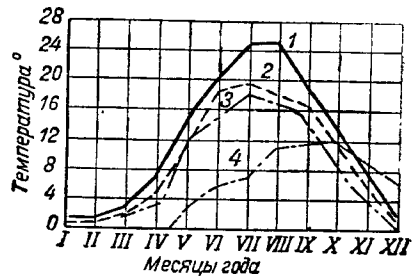


Рис. 20. График колебания температуры воды рек:
1 — Кубани; *2* — Днепра у Херсона; *3* — Свислочи; *4* — Ангары

На Волге осуществляется строительство Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций с сооружением плотин и образованием колоссальных водохранилищ и выработкой около 10 млрд. *квт/часов* электроэнергии в год каждой гидроэлектростанцией.

На Днепре сооружается Каховское водохранилище емкостью 14 млрд. $м^3$. Каховская гидроэлектростанция даст около 1,2 млрд. *квт-часов* электроэнергии в год. Сток Днепра будет использован для оросительных целей на территориях засушливых областей Украины и Крыма.

3. ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ

Источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения промышленных предприятий и населенных мест в первую очередь должны быть артезианские воды, надежно защищенные от поверхностных загрязнений. При отсутствии в районе строительства артезианских вод можно организовать хозяйственно-питьевое водоснабжение с использованием грунтовых вод, незарегулированных, а также зарегулированных рек и, наконец, озер.

Источник водоснабжения по ГОСТ 2761—44 может быть использован для хозяйственно-питьевого водоснабжения лишь в том случае, если:

1) сухой остаток воды не превышает 1000 *мг/л*, причем предельные содержания в воде сульфатов, хлоридов и магния устанавливаются органами Государственной санитарной инспекции в зависимости от местных условий;

2) общая жесткость воды не превышает 14,24 *мг-экв/л*; при большей жесткости учитывается необходимость умягчения воды до подачи ее на хозяйственно-питьевые нужды;

3) количество бактерий кишечной палочки в 1 *л* воды на протяжении цикла исследований не превышает 1000 — для источников, намечаемых к использованию только с хлорированием воды, и 10 000 — для источников, используемых с полной очисткой и хлорированием воды;

4) оценка вкуса и запаха воды не превышает 2 баллов в среднем и 3 баллов для отдельных определений.

Предельное содержание в воде солей тяжелых металлов и других вредных веществ устанавливается органами Государственной санитарной инспекции.

Независимо от данных анализов воды допускается использовать только такие источники, которые могут быть ограждены соответствующей зоной санитарной охраны (З. С. О.).

В каждом населенном пункте, где имеется или строится водопровод общего пользования или водопровод технического назначения, но используемый и для обслуживания населения, обязательно устанавливается зона санитарной охраны открытых или подземных источников водоснабжения, питающих данный водопровод.

Зона санитарной охраны источников водоснабжения делится на пояса, в каждом из которых устанавливается особый режим, исключающий или ограничивающий возможности загрязнения, ухудшения качества воды источника и уменьшение его дебита, а также предохраняющий водопроводные сооружения от всякого рода преднамеренных или случайных действий, способных нарушить нормальную работу сооружений или вызвать прямое или косвенное их загрязнение.

В зависимости от защищенности источника водоснабжения и его значимости зона санитарной охраны делится на два или три пояса.

Первый пояс охватывает непосредственно территорию, на которой находится источник водоснабжения, в пределах участков захвата воды и расположения водопроводных сооружений. В первом поясе зоны запрещается проживание и временное пребывание лиц, не связанных с работой на водопроводных сооружениях, а также какое-либо строительство, не обусловленное техническими нуждами водопровода.

Территория первого пояса зоны обеспечивается благоустройством и озеленением, отведением поверхностных (атмосферных) вод и ограждается забором. В тех случаях, когда водопроводные соору-

жения (водоочистные станции с резервуарами, водонапорные башни) расположены вне участка водозабора, на этих территориях также организуется первый пояс зоны.

Второй пояс зоны охватывает территорию, непосредственно окружающую источники водоснабжения. Во втором поясе зоны запрещается такое использование территории или источников водоснабжения, которое может повлечь качественное или количественное их ухудшение. Запрещается без разрешения органов Государственной санитарной инспекции всякого рода строительство, уничтожение насаждений, проведение дорог, использование земель, водоемов и подземных вод для промышленных и других целей.

Протяженность территории второго пояса зоны бывает различной. Для поверхностных источников — незарегулированных рек — протяженность второго пояса вверх по течению зависит от скорости течения и мощности водоема. Чем мощнее река, тем относительно меньшей может быть протяженность зоны вследствие лучших условий разбавления. На реках с быстрым течением протяженность второго пояса зоны должна увеличиваться, так как загрязнения скорее поступят к месту забора воды.

Расстояния, на которых еще обнаруживаются те или иные признаки загрязнения воды, колеблются для разных рек от 15 до 110 *км*, составляя в среднем 65 *км*. Для приблизительных подсчетов это расстояние можно принимать следующей протяженности:

крупные реки	20—40 *км*
средние „	30—65 „
малые „	территория всего бассейна

При установлении границ зоны санитарной охраны на водохранилищах учитываются их особенности как водоемов с весьма замедленным течением, способствующим отстаиванию воды; это позволяет в ряде случаев снижать протяженность второго пояса зоны, если нет противопоказаний в виде нагонных и волновых течений и пр.

Распространение границ второго пояса по ширине обусловливается рельефом прибрежной местности, ее заселенностью, характером использования территории и определяется в каждом отдельном случае оценкой местных условий.

На рис. 21 изображена схема организации зоны санитарной охраны источника хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятия с поселком. Зона первого пояса охватывает участок водозабора и водоочистной станции, второй пояс охватывает значительную территорию вверх по течению реки, в пределах самоочищения водоема.

Установление границ зоны санитарной охраны производится на основании санитарного задания и данных обследования, выявляющего:

1) гидрологические и гидрометрические данные бассейна реки;

2) санитарную характеристику бассейна в той части, которая может влиять на качество воды в водозаборе.

Санитарная характеристика включает следующие данные:

1) о геологическом строении бассейна реки, почвах, наличии лесов, возделываемых земель, населенных пунктов;

2) о занятии населения, а также сведения о промышленных предприятиях (наличие сточных вод, способы их очистки, места выпуска и пр.);

3) анализ причин, влияющих на ухудшение качества воды в водоеме, и

4) характеристику самоочищающей способности водоема с циклом полных анализов воды по сезонам.

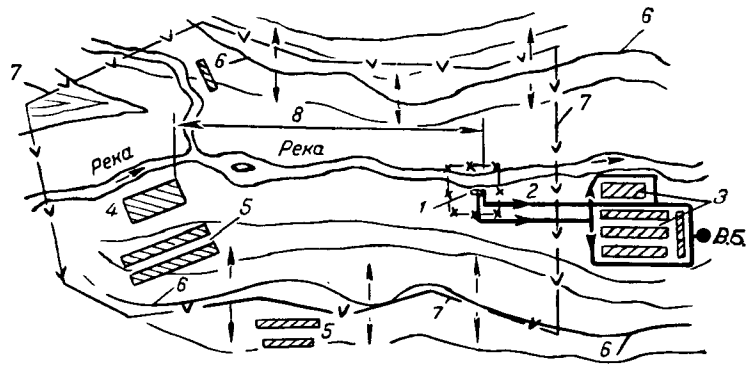


Рис. 21. Схема организации зоны санитарной охраны:

1 — водоприемник и первый пояс З. С. О.; *2* — водоводы; *3* — объект водоснабжения; *4* — существующее предприятие; *5* — населенные пункты; *6* — водоразделы; *7* — границы второго пояса З. С. О.; *8* — расстояние самоочищения водоема

Для подземных источников водоснабжения решающим условием при установлении границ зоны санитарной охраны является степень защищенности водоносного горизонта от поверхностных загрязнений. Расположение подземного водозабора вдали от области питания бассейна и наличие мощной толщи водоупорных пород, перекрывающих артезианский горизонт, могут ограничивать площадь второго пояса зоны до величины депрессионной воронки, образующейся в водоносном горизонте при отборе из него воды.

Расположение подземных водозаборов вблизи области питания водоносного горизонта или захват грунтовых вод обусловливает необходимость выявить направление подземного потока и его скорости и составить санитарную характеристику местности с учетом существующих и возможных источников загрязнения, включая заброшенные колодцы и водяные скважины, поглощающие воронки и пр.

Третий пояс зоны охватывает смежные с вторым поясом территории. Здесь органы здравоохранения проводят систематический учет инфекционных заболеваний, которые могут распространяться через воду.

Для защищенных подземных источников водоснабжения необходимость организации третьего пояса зоны вообще отпадает, а для незащищенных источников ее можно рекомендовать в исключительных случаях для особо ответственных водоснабжений, так как профилактический медицинский надзор проводится на территории СССР независимо от зон санитарной охраны источников водоснабжения.

На организацию зоны санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения составляются проект, сметы, а также проект решения местного исполнительного комитета Совета депутатов трудящихся по установлению и проведению зоны и выполнению мероприятий в ней. В текст проекта решения включаются:

1) изложение оснований для принятия решения;

2) точное определение поясов зоны и правила санитарного режима для каждого пояса;

3) перечень санитарных и технических мероприятий по поясам с указанием сроков выполнения и лиц, ответственных за исполнение;

4) порядок оповещения населения о границах зоны и режиме в каждом ее поясе;

5) пункт об утверждении данного решения областным (краевым) исполнительным комитетом.

Глава V

СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДОВ

1. ЗАХВАТ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Для захвата подземных вод в основном применяются шахтные колодцы (для грунтовых водозаборов) и буровые скважины. Иногда для захвата неглубоко залегающих грунтовых вод устраивают горизонтальные водосборные дренажи или каптажные галлереи.

Подземные водозаборы по принципу действия подразделяют на два типа:

1) колодцы совершенные, доведенные до подошвы водоупорного пласта, использующие всю мощность водоносного горизонта, и 2) колодцы несовершенные, не доведенные до водоупора (рис. 22).

Для определения дебита подземного водозабора необходимо иметь данные, характеризующие водоносный горизонт: его мощность, коэффициент фильтрации, величину понижения уровня воды при откачке, радиус влияния колодца [1] и радиус колодца.

---

[1] При откачке воды из колодца или скважины происходит местное воронкообразное понижение уровня водоносного горизонта, распространяющееся на определенное расстояние — радиус влияния.

Коэффициент фильтрации (в *м/сутки*) определяется стандартными методами на образцах водоносной породы. Ориентировочные его значения принимаются:

песок очень мелкий, глинистый . .	1—5 *м*/сутки
„ мелкий	5—10 „
„ средней крупности	10—25 „
гравий с песком	75—150 „

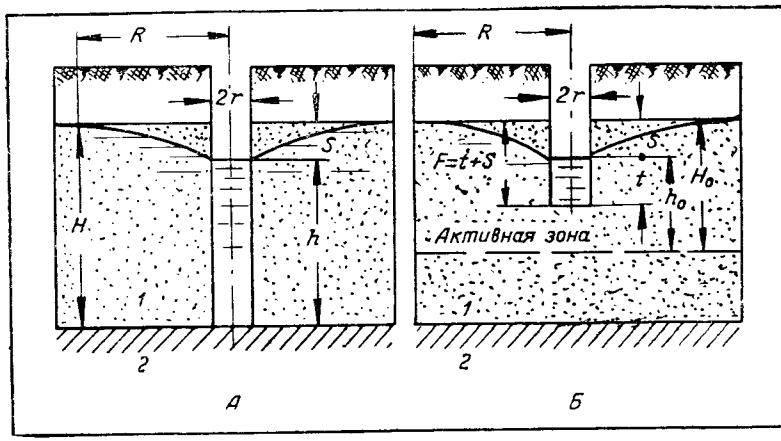


Рис. 22. Грунтовые колодцы:

А — совершенный, *Б* — несовершенный: *1* — водоносный пласт; *2* — водоупор; *H* — первоначальный уровень воды; *s* — понижение уровня при откачке; *h* — высота столба воды от водоупора до уровня при откачке; H_0 — глубина активной зоны; h_0 — высота столба воды от активной зоны до пониженного уровня; *t* — глубина воды в колодце при откачке; *R* — радиус влияния; *r* — радиус колодца

Дебит совершенного колодца в $м^3$/*сутки* подсчитывают по формулам:

$$Q = 1{,}37\,к \cdot \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}} \text{ или } 1{,}37\,к \cdot \frac{(2H - s) \cdot s}{\lg \frac{R}{r}},$$

где *k* — коэффициент фильтрации в *м/сутки*;
H — мощность водоносного пласта в *м*;
h — высота столба воды от водоупора до уровня колодца при откачке в *м*;
s — понижение уровня (*H* — *h*) в *м*;
R — радиус влияния в *м*;
r — радиус колодца.

Пример[1]. Определить дебит совершенного колодца при коэффициенте фильтрации водоносного горизонта *k*=5 *м/сутки*, его мощности *H*=10 *м*, ра-

[1] А. И. Силин-Бекчурин, Специальная гидрогеология, Госгеолиздат, 1951.

диусе колодца $r = 0{,}2$ *м*. Радиус влияния $R = 200$ *м*, понижение уровня при откачке $s = 2$ *м*.

$$Q = 1{,}37 \cdot 5 \frac{(2 \cdot 10 - 2) \cdot 2}{\lg \frac{200}{0{,}2}} = 81{,}6 \ м^3/сутки.$$

Дебит несовершенного колодца в $м^3/сутки$ определяют по формуле:

$$Q = 1{,}37 \cdot к \frac{H_0^2 - h_0^2}{\lg \frac{R}{r}},$$

где H_0 — глубина активной зоны в *м*;

h_0 — высота столба воды от активной зоны до пониженного уровня в *м*.

Влияние откачки в этом случае распространяется только на часть водоносного горизонта — его активную зону F, глубину которой H_0 принимают в зависимости от величины понижения s. Считая (см. рис. 22*Б*), что $s + t = F$, Е. А. Замарин вывел следующие зависимости значения H_0 от величины s:

при		
	$s = 0{,}2\ F$	$H_0 = 1{,}3\ F$
	$s = 0{,}3\ F$	$H_0 = 1{,}5\ F$
	$s = 0{,}5\ F$	$H_0 = 1{,}7\ F$
	$s = 0{,}8\ F$	$H_0 = 1{,}85\ F$

Пример [1]. Определить дебит несовершенного колодца при понижении уровня $s = 1$ *м*. Мощность водоносного горизонта $H = 10$ *м*, коэффициент фильтрации $k = 5$ *м/сутки*, радиус влияния $R = 100$ *м*, радиус колодца $r = 0{,}1$ *м*. Глубина столба воды в колодце при откачке $t = 3$ *м*. Глубина колодца от первоначального уровня $F = s + t = 4$ *м* (рис. 22, *Б*).

Глубина активной зоны H_0, соответствующая понижению $s = {}^1/_4\ F = 0{,}25\ F$ или $H_0 = 1{,}4F = 1{,}4 \cdot 4 = 5{,}6$ *м*.

$$h_0 = H_0 - s = 5{,}6 - 1 = 4{,}6 \ м.$$

Тогда:

$$Q = 1{,}37 \cdot 5 \frac{5{,}6^2 - 4{,}6^2}{\lg \frac{100}{0{,}1}} = 23{,}12 \ м^3/сутки.$$

Дебит артезианской скважины, не доведенной до водоупора (рис. 23), определяют по формуле:

$$Q = 2{,}73 \cdot к \cdot M \cdot \frac{s}{\lg \frac{R}{r}} \sqrt{\frac{t}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M - t}{M}} \ м^3/сутки,$$

где k — коэффициент фильтрации в *м/сутки*;

M — мощность водоносного пласта в *м*;

s — понижение уровня воды в скважине при откачке в *м*;

$t = h$ — высота столба воды в скважине в *м*.

---

[1] Там же.

Дебит артезианской скважины при понижении в ней уровня, не превышающего 25% от величины напора, можно считать пропорциональным понижению. Если уровень воды при откачке Q *м*³/*час* понизился на $s_м$, то при понижении уровня на $1{,}5\,s$ дебит должен повыситься до $1{,}5\,Q$.

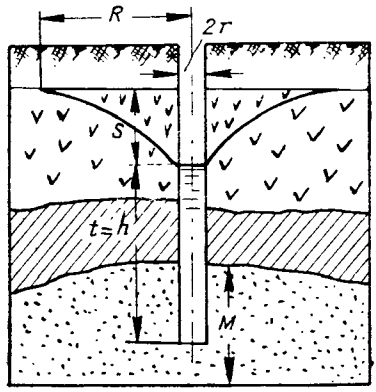


Рис. 23. Артезианская скважина

Характерным показателем подземных водозаборов является их удельный дебит, равный расходу воды в *м*³/*час* на 1 *м* понижения уровня.

Скважины на воду бурят ударным механическим или (при большой глубине) роторным способом, по типу скважин на нефть. Стенки буровых скважин закрепляются стальными трубами на муфтах с резьбой.

На рис. 24 изображен разрез артезианской скажины, пройденной в водоносные плотные известняки. Рабочую часть скважины в таких случаях можно не крепить трубами. При недостаточной устойчивости известняков в рабочую зону скважины надо опускать перфорированные трубы.

При бурении скважин в водоносные пески, гравийные и галечниковые толщи в рабочей зоне скважин устанавливаются фильтры, из которых наиболее надежны и устойчивы в работе гравийные и каркасно-стержневые. Гравийные фильтры представляют собой трубный каркас, обсыпаемый в процессе установки гравием, создающим устойчивую фильтрующую зону.

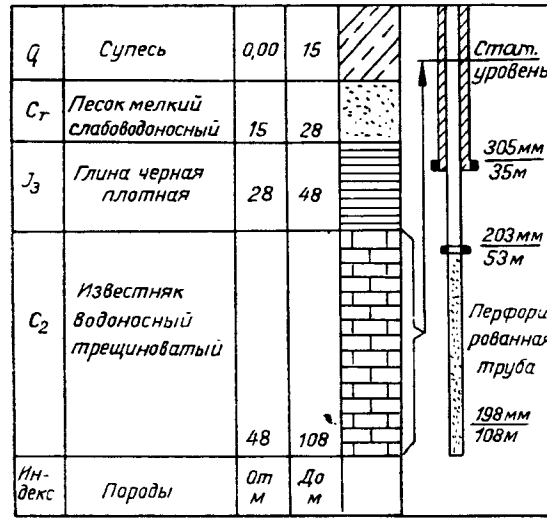


Рис. 24. Конструкция артезианской скважины

Каркасно-стержневые фильтры изготовляют из стальных стержней, закрепленных на опорных поясах. На каркас наматывается проволока (диаметром 1,5—2 *мм*) из нержавеющей стали.

Подъем воды из колодцев и скважин производится центробежными насосами — горизонтальными, при высоком уровне воды в колодце или скважине, а также насосами артезианскими — вертикальными.

Артезианские насосы выпускают двух типов. Насосы марок АТН, НА и А погружают в скважину так, чтобы нижняя часть корпуса насоса находилась под динамическим уровнем воды. Вертикальный электромотор, соединенный с насосом трансмиссионным валом, устанавливают в павильоне над устьем скважины (рис. 25).

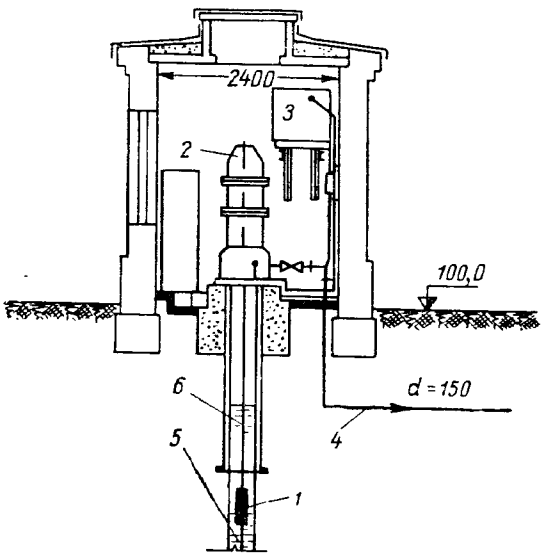


Рис. 25. Оборудование скважины вертикальным насосом марки АТН:
1 — вертикальный насос; *2* — мотор; *3* — бак для охлаждения подшипников; *4* — напорный водовод; *5* — динамический уровень; *6* — статический уровень

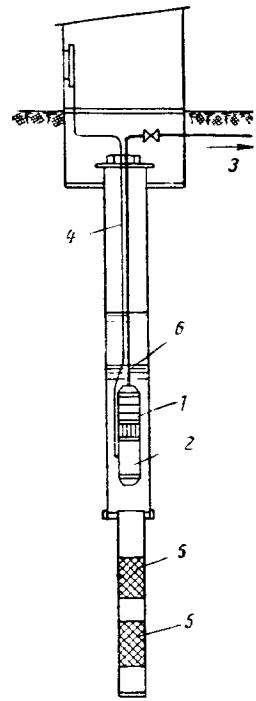


Рис. 26. Установка погруженного насоса марки АП:
1 — насос; *2* — мотор; *3* — напорный трубопровод; *4* — подвод энергии к мотору; *5* — фильтр скважины; *6* — динамический уровень воды

К второму типу насосов относятся агрегаты марки АП — артезианские погруженные — с герметизированным мотором, опускаемые в скважину (рис. 26).

Производительность насосов отдельных типов следующая:

Насос	АТН-8	. . .	от 18	до	50	*м³/час*	при напоре	от	40	до	90 *м*
„	АТН-10	. . .	„ 50	„	100	„	„ „	„	45	„	100 „
„	АТН-14	. . .	„ 180	„	300	„	„ „	„	100	—120	„
„	12 НА и 12А	.	150			„	„ „	„	33	—77	„
„	6 АП	. . .	7,2			„	„ „		58		„
„	8 АП	. . .	14,25			„	„ „	„	50	до 108	„
„	10 АП	. . .	от 50	до	100	„	„ „		85		„
„	12 АП	. . .	198			„	„ „		65		„

Для подъема воды из скважины применяют также воздушные водоподъемники, состоящие из водоподъемной трубы, опущенной в скважину, и воздушной трубы, установленной внутри водоподъемной или параллельно ей.

От компрессорной установки по воздушной трубе в скважину под уровень воды подается сжатый воздух через ресивер. Сжатый воздух и вода образуют воздушно-водяную смесь — эмульсию. Эмульсия, обладающая меньшим удельным весом, чем вода, поднимается по водоподъемной трубе и изливается в сборный резервуар. Для выделения воздуха из воды над оголовком скважины устанавливается бак — воздухоотделитель.

Глубина погружения водоподъемной трубы в скважину принимается в пределах:

$$H = 1{,}5 \div 3h,$$

где h — высота подъема воды от динамического уровня в скважине до точки излива.

Расчет воздушного водоподъемника сводится к определению количества воздуха, необходимого для подъема требуемого объема воды; глубины погружения конца воздушной трубы (форсунки); производительности, давления и мощности компрессора.

Для определения необходимого количества воздуха на подачу 1 $м^3$ воды применяют следующую формулу:

$$v_0 = \frac{h}{23\eta_{в\,в} \lg \frac{h(k-1)+10}{10}}\ м^3 \text{ на } 1\ м^3 \text{ воды},$$

где h — глубина динамического уровня воды в скважине, считая от уровня излива в $м$;

$k = \frac{H}{h}$ — коэффициент погружения воздушной трубы;

H — глубина погружения воздушной трубы от уровня излива в $м$;

$\eta_{в\,в}$ — гидравлический к. п. д. водоподъемника, без учета к. п. д. компрессора.

В зависимости от высоты подъема воды из скважины принимаются следующие значения величин k и $\eta_{в\,в}$ (по Я. С. Сурьеньянц).

Высота подъема в $м$ . . .	до 15	15—30	30—60	60—90
k	3—2,5	2,5—2,2	2,2—2	2—1,75
$\eta_{в\,в}$	0,59	0,57	0,53	0,5

Количество воздуха для подъема Q $м^3$ воды в 1 час находят по формуле:

$$W = \frac{v_0 \cdot Q}{60}\ м^3/мин.$$

Производительность компрессора с учетом потерь сжатого воздуха в трубопроводе принимается с 20%-ным запасом.

$$W_к = 1{,}2W.$$

Давление сжатого воздуха при пуске водоподъемника в работу (пусковое) должно быть:

$$P_п = 0{,}1\,(H - h_0 + 2)\ ат,$$

где h_0 — глубина статического уровня в $м$.

Рабочее давление сжатого воздуха:

$$P_p = 0{,}1\,(H - h + L_p)\ ат,$$

где L_p — потери давления в воздухопроводе, обычно принимаемые (при расположении компрессора вблизи скважины) в 5 *м*.

Мощность на валу компрессора:

$$N_к = N_o \cdot W_к \cdot p_к\ л.\ с.,$$

где $p_к = p_p$ — рабочее давление компрессора в *ат*;
$W_к$ — производительность компрессора в *м/мин*;
N_o — удельная мощность на валу компрессора на сжатие 1 $м^3$ воздуха в 1 мин. в *л. с.*

Значения величины N_o принимаются:

$P_к$ в *ат*	8	7	6	5	4	3	2
N_o в *л. с.* для 2-ступенчатого компрессора	1,05	1,08—1,13	1,15—1,2	1,25—1,3	1,45—1,52	1,75—1,84	—
N_o в *л. с.* для одноступенчатого компрессора . .	—	—	1,3—1,4	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,74	1,71—1,89

Мощность двигателя к компрессору

$$N_{дв} = N_к \cdot k_з,$$

где $k_з$ — коэффициент запаса на перегрузку для преодоления пускового давления.

Расчет установки производится для различных вариантов глубины погружения воздушной трубы, чтобы получить наибольший к. п. д. всей установки, определяемый по следующей формуле:

$$\eta_{уст} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot h}{75 \cdot N_{дв}},$$

где Q — расчетный расход воды в *л/сек*;
h — глубина динамического уровня в *м*;
$N_{дв}$ — мощность двигателя в *л. с.*

Воздушные водоподъемники (рис. 27) обладают пониженным к. п. д. от 0,25 до 0,35, но благодаря конструктивной простоте и надежности в эксплуатации они достаточно широко применяются в артезианском водоснабжении.

Место закладки буровой скважины выбирают после изучения природных факторов, определяющих условия водозабора и конструкцию скважины; при этом используют материалы по существующим здесь колодцам и скважинам. В больших, хорошо изученных артезианских бассейнах закладывают разведочно-эксплуатационные скважины, после окончания бурения которых, под руководством гидрогеолога, производится цикл опытных откачек и замеров уровней, а также производятся анализы воды.

При проектировании скважин в малоизученных бассейнах или при захвате аллювиальных вод проводят предварительные гидрогеологическую и геофизическую разведки; последнюю чаще способом электропрофилирования, состоящим в измерении электрического сопротивления горных пород. Между двумя заземленными точками, находящимися на расстоянии так называемого «разноса электродов», пропускают электрический ток постоянной силы, распространяющийся на определенную глубину в зависимости от величины разноса электродов.

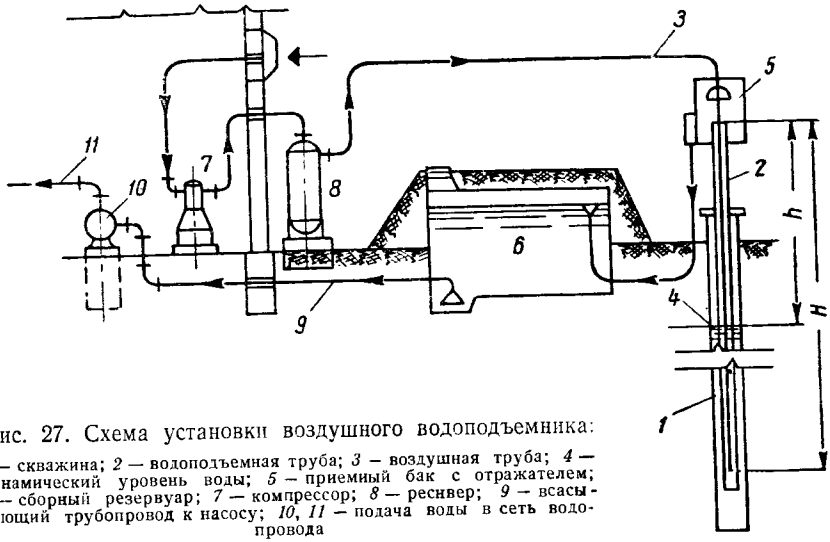


Рис. 27. Схема установки воздушного водоподъемника:

1 — скважина; *2* — водоподъемная труба; *3* — воздушная труба; *4* — динамический уровень воды; *5* — приемный бак с отражателем; *6* — сборный резервуар; *7* — компрессор; *8* — ресивер; *9* — всасывающий трубопровод к насосу; *10, 11* — подача воды в сеть водопровода

По разности потенциалов потенциометром определяют электрическое сопротивление горных пород и дают их геологическую интерпретацию.

Способом электропрофилирования определяют структуру слагающих данный участок горных пород, рельеф кровли водоносного горизонта и водоупора, наличие тектонических нарушений, минерализованных вод.

Закладка скважин или колодцев, предназначенных для хозяйственно-питьевого водоснабжения, производится по согласованию места заложения скважины с органами Государственной санитарной инспекции.

2. РЕЧНЫЕ ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Водозаборные сооружения на реках состоят из водоприемных устройств и насосных станций; их располагают на участках рек, обладающих наиболее благоприятными естественными условиями для бесперебойной работы сооружений.

Местоположение водоприемников выбирают на основе детальных исследований, которыми устанавливают устойчивость русла на

выбранном участке и выше его, гидрологические и гидрометрические показатели реки, режим расходов и горизонтов, ледовые режимы и геологическую характеристику участка.

Благоприятный гидравлический режим речного потока всегда имеет место у вогнутых берегов плёсовых участков. Неблагоприятные условия размещения водозаборных сооружений создаются на выгнутых участках берега, перекатах, в местах разделения потока на отдельные рукава и ниже островов и притоков. В последних случаях устанавливается обеспеченность постоянства течения и устойчивость русла в отношении сохранения его формы и глубины, а также отсутствие передвижения острова вниз по течению к месту водозабора.

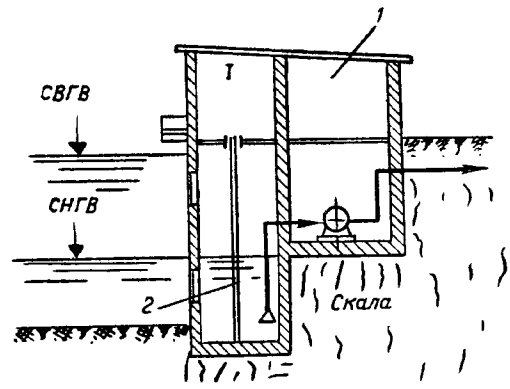


Рис. 28. Схема речного водоприемника — совмещенного:
1 — насосная станция; *2* — сетки

Существенным вопросом в выборе местоположения водозабора является также учет обеспеченности проноса ледовых масс и шуги.

Нормальную глубину воды у места водозабора (при наинизшем уровне) принимают не менее 2,5 *м*.

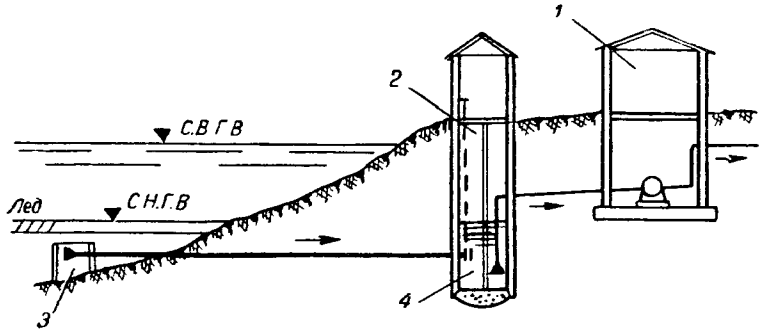


Рис. 29. Схема речного водоприемника — раздельного:
1 — насосная станция; *2* — береговой колодец; *3* — оголовок самотечных труб; *4* — сетки

В зависимости от глубины реки, величины колебания уровней воды и строения грунтов берега выбирают различные конструктивные формы водозаборных сооружений.

При крутых, высоких берегах с достаточной глубиной реки целесообразно устраивать водоприемники, совмещенные с насосной стаицией (рис. 28).

В тех случаях, когда берег сложен рыхлыми грунтами, применяется расположение насосов на одном уровне с дном водоприемника, что улучшает условия работы насосов по высоте всасывания.

Широко применяют раздельные водоприемники и насосные станции (рис. 29); такой тип водозаборных сооружений приемлем как для малых, так и достаточно крупных водоснабжений.

Самотечные и всасывающие трубопроводы (из стальных труб) укладывают в две линии. Скорости входа воды в самотечные трубы принимают 0,2—0,4 *м/сек*, а скорость движения воды в них — не менее 0,75—0,8 *м/сек*. Во всасывающих трубах скорость может доходить до 1,5 *м/сек*. Нижняя часть самотечных труб расположена не менее чем на 0,5 *м* над дном реки, а верхняя часть — не менее 0,3—0,5 *м* ниже кромки льда.

На оголовках труб и в окнах береговых водозаборов устраивают решетки, иногда с электрообогревом против закупорки донным льдом, а в береговых колодцах — сетки для задержания крупной взвеси.

Используются также и двухступенчатые водозаборы; на первой ступени устанавливаются вертикальные малогабаритные насосы, а на второй ступени — насосы горизонтальные.

3. СЕТИ ТРУБ

В строительстве водопроводов применяются трубы чугунные, стальные, асбестоцементные, железобетонные и деревянные — из фанеры.

Чугунные водопроводные трубы диаметром от 50 до 1000 *мм* и длиной от 2 до 5 *м* (рис. 30) изготовляют по ГОСТ 5525—50 раструбными на нормальное давление до 10 *кг/см²* и на повышенное — не более 16 *кг/см²*.

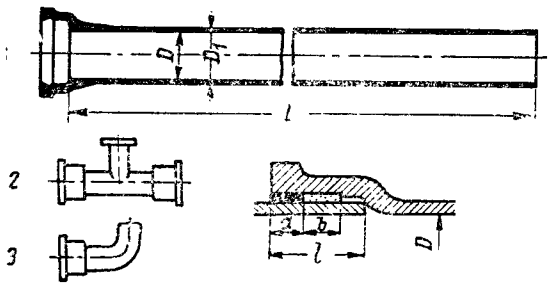


Рис. 30. Чугунная труба и фасонные части:
1 — чугунная труба; *2* — тройник раструб — фланец; *3* — колено раструб — гладкий конец

Трубы соединяются путем заделки раструбов просмоленной пеньковой прядью и зачеканкой асбестоцементом.

Стальные трубы применяются бесшовные диаметром до 426 *мм* по ГОСТ 301—50 на давление в 100 *ати* и сварные диаметром от 400 до 1400 *мм* по ГОСТ 4015—48 — на пробное давление 15 *ати*. Стальные трубы соединяются электродуговой сваркой или автоматической под слоем флюса.

Эти трубы подвержены коррозионному воздействию грунтов, поэтому их обязательно покрывают изоляцией, наносимой на хорошо очищенную поверхность трубы. Внешняя изоляция состоит из грун-

товки и битумных покрытий, усиливаемых при необходимости защитными обертками из крафтбумаги.

При нормальной коррозийности грунтов применяют грунтовку и битумное покрытие. При повышенной коррозийности грунтов добавляют обертки крафтбумагой.

Асбестоцементные трубы по ГОСТ 539—48 выпускаются трех марок:

ВНД-10 на рабочее давление до 10 *ати*
ВНД-8 „ „ „ „ 8 „
ВНД-5 „ „ „ „ 5 „

Концы труб на заводах стачивают по длине на 350—425 *мм*, чтобы их можно было соединять с чугунными трубами и пользоваться чугунными фасонными частями.

Асбестоцементные трубы марок ВНД-10 и 8 имеют внутренние диаметры от 50 до 546 *мм* и длину в 3 и 4 *м*. Трубы марки ВНД-5 изготовляют диаметрами от 50 до 960 *мм* и той же длины.

Трубы соединяются в основном стандартными асбестоцементными муфтами с уплотнением их резиновыми кольцами.

По временным техническим условиям Министерства строительства (ТУ 67—51 МСПТИ) железобетонные трубы с предварительно напряженной арматурой имеют диаметры от 300 до 1500 *мм* и следующие длины: трубы диаметром 300—1000 *мм* — 5 *м* и трубы диаметром 1200 и 1500 *мм* ≃ соответственно 4 и 3 *м*.

Соединения труб могут быть гибкими на муфтах с резиновыми кольцами и жесткими на муфтах, заделываемых прядью и асбестоцементом. Трубы изготовляют на рабочее давление 6—8 и 10 *ати*.

Фанерные трубы выполняют рулонным свиванием двухслойной фанеры, слои которой в стенах труб склеены фенолформальдегидным клеем. Трубы имеют внутренние диаметры 100, 125, 150, 200, 250 и 300 *мм* с толщиной стенок от 8 до 13 *мм*, длиной звеньев от 5 до 7 *м* и подразделяются качественно на три сорта — АВ, В и ВВ.

Максимальное рабочее давление принято для труб диаметром: 100—150 *мм* в 10 *кг/см*^{2}, 200—250 *мм* в 8 *кг/см*^{2} и 300 *мм* в 6 *кг/см*^{2}. Практическое рабочее давление, по данным Главфанерпрома, принимается до 6 *кг/см*^{2}.

Соединение труб производится конусными фанерными муфтами с клеем или без него и муфтами натяжными с фланцами и болтами. Отводы, переходы диаметров, тройники и другие фасонные части применяют металлические с переходными фланцевыми патрубками.

Трубы поставляют в натуральном виде; защитные покрытия наружные, обязательные при прокладке труб открыто или в земле, выполняют лаком этиноль, битумом или лаком каменноугольным, причем наиболее стойким и экономичным материалом является лак этиноль с расходом 400 *г/м*^{2} поверхности при двукратном нанесении. Внутреннее защитное покрытие производится лаком этиноль. Фанерные трубы стойки к слабокислой и щелочной среде в пределах pH 4—10 при температуре 60° и не дают утечки.

Фанерные трубы можно применять в системах производственного водоснабжения и как технологические трубопроводы; применение их в системах хозяйственно-питьевых водоснабжений и для канализации возможно только после согласования в каждом отдельном случае с органами Государственной санитарной инспекции.

Для монтажа водопроводных узлов используются чугунные фасонные части: отводы, колена, тройники, крестовины, переходы диаметров и пр., изготовляемые по ГОСТ 5525—50. Для стальных труб применяются фасонные части, сваренные из трубных отрезков.

На водопроводе устанавливается разнообразная арматура: задвижки для выключения участков трубопровода; обратные клапаны, препятствующие течению воды в обратном направлении; вантузы для отвода воздуха, выделяющегося из воды; выпуски для опорожнения сети; пожарные гидранты и пр. На водоводах устанавливаются также противовакуумные клапаны и клапаны, ликвидирующие гидравлические удары (системы «Укрводгео» и др.).

Пожарные гидранты, задвижки, вантузы и выпуски размещаются в кирпичных или бетонных колодцах, закрываемых чугунными люками. В местах поворотов чугунных раструбных труб устанавливаются упоры.

Сеть труб укладывают ниже грани промерзания почвы на 0,3 *м*, хотя в отдельных случаях при проведении соответствующих теплотехнических расчетов [1] водоводы можно укладывать и на меньшую глубину, используя теплоту воды в них.

По своему назначению в общей схеме водоснабжения различают: водоводы, разводящие сети и вводы в здания.

Водоводы укладывают обычно в две линии труб с устройством аварийных переключений. По противопожарным нормам (НСП 102—51) в системах водоснабжения промышленных предприятий и населенных мест с пожарным расходом воды 25 *л/сек* и менее допускается подача воды к запасным резервуарам по одному водоводу. Для предприятий с пожарным расходом воды более 25 *л/сек* подача воды к запасным резервуарам по одному водоводу допускается только при условии увеличения пожарного запаса воды не менее как на 6 час., т. е. в два раза.

Сети противопожарного водопровода устраивают, как правило, закольцованными. Пожарные гидранты на водопроводе высокого давления устанавливают на взаимном расстоянии не более 100 *м*, причем линии водопровода укладывают не ближе 5 *м* от стен зданий и не более 2 *м* от дорог.

Гидравлический расчет сети труб или водоводов производится для определения их диаметров и потерь напора на трение. Обычно сеть труб рассчитывается на подачу воды в часы наибольшего водопотребления с обеспечиванием внутреннего пожаротушения и на пропуск полного пожарного расхода при максимальном расходе на все прочие нужды.

[1] С. Н. Аронов, Проектирование водоводов, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.

Скорость движения воды в трубах диаметром до 300 *мм* принимается в 0,8—1,25 *м/сек* и в трубах большего диаметра — 1,0—1,5 *м/сек*. При пропуске пожарного расхода воды допускается повышение скорости до 2,0—2,5 *м/сек*.

Потери напора определяют по следующей формуле (при значении коэффициента шероховатости $n=0{,}012$):

$$i=\frac{0{,}001482\cdot Q^2}{d^{5{,}33}}.$$

В практике проектирования расчет труб и водоводов производят по таблицам, в которых по принятому расходу воды (в *л/сек*) даны величины потерь напора в *м* на 100 *м* длины и скорость в *м/сек* [1].

4. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Насосные станции по своему назначению подразделяют на установки первого и второго подъема.

Первым подъемом называется подача воды насосами на ее очистку или в промежуточные резервуары. Вторым подъемом называется перекачка воды насосами из резервуаров в разводящую сеть водопроводов.

В технике водоснабжения для перекачки воды применяют почти исключительно центробежные насосы с непосредственным соединением их с электромотором.

В корпусе центробежного насоса с большой скоростью (от 720 до 2900 об/мин.) вращается на валу одно или несколько рабочих колес с лопатками. Под действием центробежной силы и образующегося вакуума вода всасывается по всасывающему трубопроводу и затем нагнетается в напорный трубопровод.

В комплект насоса входят: насос, электромотор, а также приборы для измерения вакуума во всасывающей линии — вакуумметр, и давления в напорной линии — манометр.

Высота всасывания центробежных насосов зависит от конструкции насосов, числа их оборотов и устанавливается заводом-изготовителем для каждого типа насосов.

Высота всасывания определяется в *м* по показанию вакуумметра, подсчитанному по отношению к оси насоса:

$$H_{вак}=h_в+h_{пв}+\frac{v_в^2}{2g},$$

где $h_в$ — высота места приключения к насосу трубки вакуумметра над наинизшим уровнем воды в *м*;

$h_{вп}$ — потери напора во всасывающем трубопроводе и арматуре в *м*;

v — скорость движения воды в *м/сек*.

[1] Н. Н. Гениев, Н. Н. Абрамов, В. И. Павлов, Водоснабжение, Стройиздат, 1951.

С. Н. Аронов, Проектирование водоводов, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.

В тех случаях, когда температура перекачиваемой воды превышает 20° или насос должен работать в районе пониженного атмосферного давления, допустимая высота всасывания, указанная заводом-изготовителем, изменяется. Ее можно определять по следующей формуле:

$$H_{вс} = H_{доп} - 10 + H_б + h_п,$$

где $H_{доп}$ — допустимая вакуумметрическая высота всасывания, гарантируемая заводом-изготовителем в *м* вод. ст.;

$H_б$ — барометрическое давление в месте установки насоса, в *м* вод. ст.;

$h_п$ — давление насыщенных паров в *м* вод. ст. (при $t = 40° = 0{,}8$ *м* вод. ст. и т. д.

Полный напор насоса в *м* вод. ст. подсчитывается по формуле:

$$H = H_{ст} + h_п,$$

где $H_{ст}$ — статический напор, т. е. высота подачи воды в *м*, считая от уровня воды в источнике до уровня излива;

$h_п$ — сумма потерь напора на трение и местные сопротивления во всасывающем и напорном трубопроводах.

Число оборотов вала насоса и соответствующие величины производительности и напора определяются заводом-изготовителем и указываются в паспорте насоса. Производительность насоса Q, напор H и мощность N при понижении числа оборотов изменяются по следующим зависимостям:

$$Q_1 = Q\frac{n_1}{n};$$

$$H_1 = H\frac{n_1^2}{n};$$

$$N_1 = N\frac{n_1^3}{n},$$

где Q_1, H_1, N_1 — производительность, напор и мощность при уменьшенном числе оборотов.

Эффективную мощность на валу насоса, выраженную в киловаттах, определяют по формуле:

$$N_э = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{102\eta} \text{ квт},$$

где Q — производительность насоса в *л/сек*;

H — полная высота подъема в *м*;

γ — уд. вес жидкости;

η — к. п. д. насоса, принимаемый 0,6 для малых насосов и до 0,92 для насосов крупных.

Производительность и напор центробежных насосов можно изменять обточкой (обрезкой) рабочего колеса, допустимой в пределах 20% от первоначального диаметра.

Изготовляемые промышленностью насосы имеют производительность от 1 до 4—10 тыс. *м³/час*.

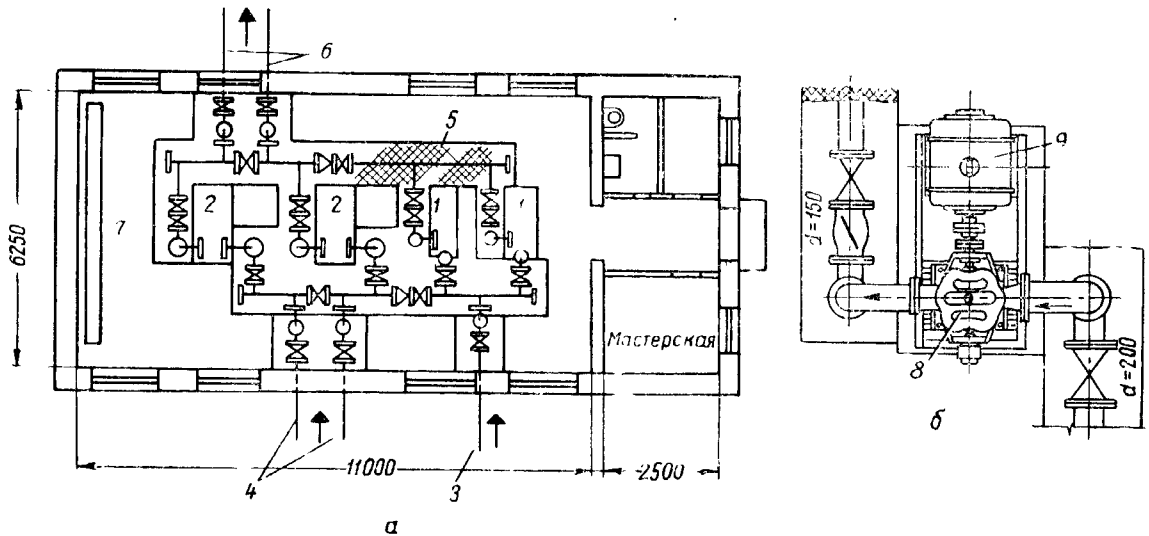


Рис. 31. Насосная станция:

а — план насосной станции; *б* — деталь установки насоса; *1* — насосы хозяйственные; *2* — насосы пожарные; *3* и *4* — всасывающие трубопроводы; *5* — подпольные каналы; *6* — напорные водоводы; *7* — распределительный щит; *8* — насос; *9* — мотор

Для перекачки загрязненных жидкостей, содержащих взвешенные вещества, применяют специальные типы насосов марки НФ (фекальные), выпускаемые производительностью от 36 до 252 *м*³/*час*.

На рис. 31 дана схема насосной станции с двумя хозяйственными *1* и двумя пожарными *2* насосами.

Пожарные насосы водопроводов высокого давления устанавливают с 100%-ным резервом и обеспечивают бесперебойной подачей энергии от двух независимых источников, двумя отдельными фидерами от энергетического кольца, установкой резервных агрегатов на электростанциях или резервных тепловых двигателей в насосной.

Установка пожарных насосов без резерва с питанием от одного источника электроэнергии возможна для предприятий с пожарным расходом воды до 25 *л*/*сек*. Подача электроэнергии к насосной станции в этом случае производится по отдельному фидеру.

Для учета расхода воды на станциях устанавливают водомеры: турбинного типа со счетчиком (типа ВВ-50, 80, 100) или с дроссельными органами и дифманометрами.

Водомеры последнего типа состоят из устройства для перепада давления в трубопроводе (конические вставки, шайбы с калиброванным отверстием) и дифманометра, измеряющего перепад давления, показывающего или самопишущего.

Насосные станции можно оборудовать устройствами для автоматического запуска насосов от импульсов при понижении уровня воды в резервуарах или баках [1].

Насосные станции строят в виде капитальных зданий с отоплением и освещением. Станции противопожарного назначения должны иметь огнестойкие конструкции.

5. ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ

Водонапорные башни служат для выравнивания неравномерностей разбора воды по часам суток и для создания запаса ее на противопожарные нужды (для внутренних противопожарных устройств — пожарных кранов, спринклеров).

Водонапорные башни сооружают отдельно стоящими или встроенными в производственные здания. Строительные конструкции башен бывают железобетонные, кирпичные, металлические. Для малых и не ответственных систем водоснабжения применяют и типовые деревянные водонапорные башни.

Необходимая емкость баков зависит от расхода воды в системе водопровода, степени неравномерности водопотребления и режима работы насосов. Для крупных водопроводов емкость баков составляет 2—8%, увеличиваясь для малых систем с более неравномерным водопотреблением до 10—12%.

В зависимости от состава водопроводных сооружений и требований к качеству воды, на промышленных предприятиях устраивают

---

[1] В. И. Турк, Насосы и насосные станции. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.

водонапорные башни с несколькими баками: хозяйственно-пожарным, умягченной воды, сырой речной воды.

На рис. 32 дан чертеж железобетонной водонапорной башни с двумя баками: хозяйственно-пожарным *1* и производственного водопровода *2*. Каждый бак оборудуется подающей и разводящей трубой, трубами переливной и опорожнительной, а также указателями уровня воды. При сравнительно небольших расходах воды водонапорные башни можно заменять пневматическими установками, состоящими из металлических напорных резервуаров, которые заполняют водой и сжатым воздухом, подаваемым от компрессора.

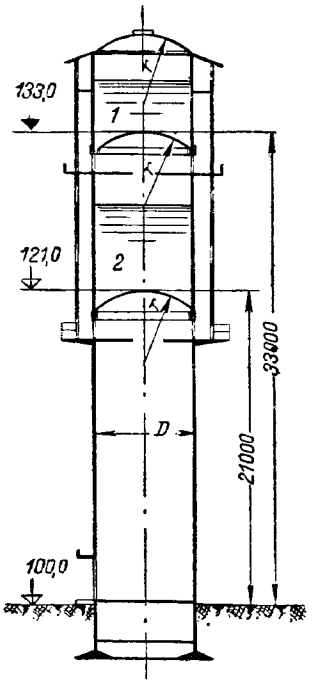


Рис. 32. Водонапорная башня

6. ЗАПАСНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

Запасные резервуары устраивают при насосных станциях и установках для очистки воды. По типовым проектам

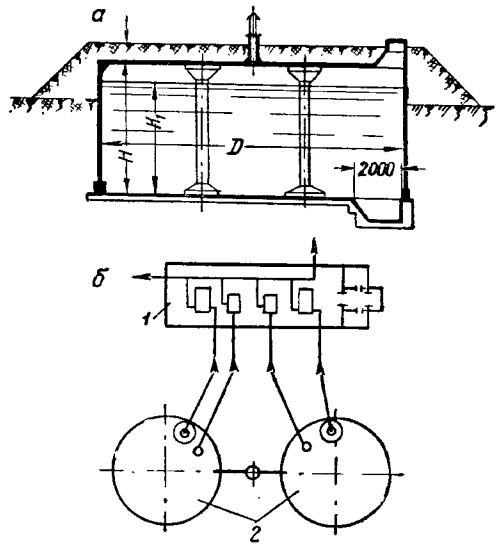


Рис. 33. Запасный резервуар для воды:
а — разрез резервуара; *б* — компоновка резервуаров и насосной станции; *1* — насосная; *2* — резервуары

железобетонные резервуары имеют емкость от 50 до 2000 $м^3$. Запасные резервуары (рис. 33) оборудуют системой труб, обеспечивающих подачу и разбор воды, ее перелив и опорожнение резервуара. Здесь устанавливают также сигнализационные устройства с показателями уровня воды.

Количество резервуаров и их емкость обусловлены мощностью водопровода, режимами водопотребления, работой насосов и объемом пожарного запаса воды. При хранении в резервуарах пожарного запаса их оборудуют двумя системами труб. Хозяйственные или производственные насосы могут при этом расходовать только

ту часть воды, которая находится выше уровня неприкосновенного пожарного запаса.

Емкость резервуаров определяют по неприкосновенному пожарному запасу воды, исчисляемому с учетом одновременного хозяйственного или производственного водопотребления и регулирующего запаса. При определении пожарной емкости можно учитывать пополнение резервуаров за время тушения пожара, если это гарантируется бесперебойностью подачи воды от источника. Восполнение пожарного запаса воды должно производиться в течение 24 час. на предприятиях категорий А, Б и В (по НСП 102—51) и 36 час. — на предприятиях категорий Г и Д.

7. УСТРОЙСТВО ВОДОПРОВОДОВ В СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Сейсмические районы. Сила землетрясений оценивается сейсмичностью в баллах по шкале ОСТ ВКС 4537 и принимается по картам сейсмического районирования территории СССР, приложенным к Положению по строительству в сейсмических районах (ПСП 101—51) [1].

Проектирование и строительство водопроводов в районах сейсмичностью 8 и 9 баллов производится с соблюдением ряда мероприятий, обеспечивающих бесперебойность подачи воды для тушения пожара, питья и прочих неотложных нужд.

Рекомендуется использование двух независимых источников водоснабжения и рассредоточение водопроводных сооружений по территории, снабжаемой водой. Трассировка сети водопровода здесь должна производиться с учетом рельефа и характера грунтов. Наиболее устойчивыми при землетрясениях являются скальные породы, плотные гравелистые, песчаные и глинистые почвы. Следует избегать укладки водопровода по косогорам и на участках со следами тектонических нарушений.

Расчетное количество возможных пожаров увеличивается на один против норм противопожарного обеспечения, за исключением отдельных предприятий с пожарным расходом воды 15 *л/сек* и менее.

Здания насосных станций заглубляются в землю не менее чем на 2 *м*; запрещается совмещать их с другими сооружениями за исключением водоприемников, располагаемых на устойчивых грунтах и хлораторных.

В районах сейсмичностью 8 и 9 баллов при давлении в трубах 8 *ат* и более применяются только стальные трубы на сварке (табл. 7).

Раструбные соединения чугунных труб следует заделывать асбестоцементом.

Водоводы устраивают, как правило, в две линии, а сети — кольцевыми. Напоры в водопроводе следует принимать пониженными.

---

[1] Положение по строительству в сейсмических районах. ПСП 101-51. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, Москва, 1952.

Таблица 7

Наименьшая глубина заложения водопровода (до низа труб в *м*)

Трубопроводы	Сейсмичность в баллах			
	Водоводы		Разводящая сеть	
	9	7 и 8	9	7 и 8
Стальные	1,7	1,5	1,5	1,2
Чугунные	2	1,7	1,7	1,5
Железобетонные напорные	—	1,7	—	1,5
Железобетонные безнапорные	2	1,7	—	—

Районы с макропористыми грунтами. Макропористые лёссовидные грунты распространены в ряде районов СССР (Украинская, Узбекская ССР и пр.). При наличии естественной влажности эти грунты дают небольшую осадку, увеличивающуюся в 5—6 раз при дополнительном увлажнении. По строительным свойствам их подразделяют на четыре категории, причем IV категория является наиболее опасной.

В просадочных грунтах наибольшее значение имеет отсутствие утечек из труб и сооружений водопровода. Лучшими в условиях лёссовидных грунтов являются стальные трубы со сварными стыками и затем трубы чугунные с тщательной заделкой стыков асбестоцементом. Трубы следует укладывать от фундаментов сооружений не менее чем на 7,5 *м* при диаметре 100 *мм*, на 10 *м* — при диаметре до 300 *мм* и на 20 *м* — при большем диаметре. Если такие условия не выполнимы, то трубы укладывают в тоннелях, кожухах и пр. с отводом из них воды.

Вводы водопровода в здания выполняются в лотках, с обеспечением стока воды при неисправности трубы в ближайший смотровой колодец с водонепроницаемым дном и стенками. Вводы водопровода необходимо располагать выше подошвы заложения фундамента, а отверстия в последнем должны допускать осадку стен не менее чем на 25—30 *см*, без передачи давления на трубы. Внутри зданий на вводах устраивают контрольные, водонепроницаемые смотровые колодцы.

Глава VI

ОЧИСТКА ПИТЬЕВОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВОДЫ

Если вода источников водоснабжения не соответствует ГОСТ на питьевую воду или не удовлетворяет требованиям производства, ее подвергают обработке:

1) осветлению, обесцвечиванию и обеззараживанию для хозяйственно-питьевых нужд и 2) отдельным или комбинированным процессам осветления и обесцвечивания, умягчения и обезжелезивания — для нужд производственных.

1. ОСВЕТЛЕНИЕ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ВОДЫ

Основным способом осветления и обесцвечивания воды является коагуляция взвеси с отстаиванием и фильтрацией через песок.

Естественное отстаивание речной воды в большинстве случаев неэффективно, так как удалить коллоидные загрязнения можно только уничтожив их отрицательные электрические заряды, препятствующие естественному выпадению частиц в осадок. Поэтому естественное отстаивание речной воды производят в тех случаях, когда бывает достаточным выделение из нее только крупных взвешенных частиц или как предочистка перед коагуляцией речных вод, содержащих очень много крупной взвеси.

В качестве коагулянтов применяются сернокислый алюминий ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) или сернокислая закись железа ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$).

Действие коагулянта выражается в гидролизе сернокислого алюминия, заканчивающегося образованием геля гидроокиси алюминия $Al(OH)_3$ и свободной углекислоты. Диссоциация солей железа, при их применении, приводит к образованию мало растворимой гидроокиси железа $Fe(OH)_3$.

$$Al_2(SO_4)_3 \rightleftarrows 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-}$$

$$Al^{3+} + H_2O \rightleftarrows Al(OH)^{2+} + H^+$$

$$Al(OH)^{2+} + H_2O \rightleftarrows Al(OH)_2^+ + H^+$$

$$Al(OH)_2^+ + H_2O \rightleftarrows \underset{\downarrow}{Al(OH)_3} + H^+$$

Образующаяся гидроокись алюминия является положительно заряженным коллоидом, что вызывает взаимную нейтрализацию электрических зарядов с коллоидами воды и образование хлопьев, медленно выпадающих в осадок.

Ионы водорода, выделяющиеся в процессе гидролиза сернокислого алюминия, связываются бикарбонатными ионами воды

$$H^+ + HCO_3^- \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows H_2O + \overset{\uparrow}{CO_2}$$

Поэтому кроме осветления воды происходит снижение ее карбонатной жесткости на 0,71—1,07 *мг-экв/л*, с таким же повышением некарбонатной жесткости.

Для нормальной коагуляции воды необходима определенная ее щелочность. При недостаточной щелочности (малой карбонатной жесткости) коагуляция полностью не происходит. В подобных случаях воду подщелачивают гашеной известью или содой.

На 1 *мг/л* сухого безводного $Al_2(SO_4)_3$ необходима щелочность воды 0,018 *мг-экв/л*. При наибольшей дозе сухого безводного $Al_2(SO_4)_3$, равной *а мг/л*, необходимая карбонатная жесткость воды

должна быть 0,018 *а мг-экв/л*, а с условием обеспечения наилучших условий протекания процесса коагуляции — 0,018 $a+0{,}7$ *мг-экв/л*.

Если карбонатная жесткость воды равна $ж_к$, то необходимая степень подщелачивания будет: $0{,}018a+0{,}7-ж_к$ *мг-экв/л*.

Количество извести CaO находится умножением полученной величины на 28, а количество соды — умножением на 53.

Скорость гидролиза коагулянта зависит от температуры воды, уменьшаясь при ее понижении, а также от величины pH. При значении $pH>8{,}2$ частицы $Al(OH)_3$ имеют отрицательные заряды и хлопья гидроокиси Al не образуются.

При введении в воду сернокислой закиси железа она реагирует с бикарбонатами кальция и магния, переходя в двууглекислое железо:

$$FeSO_4 + Ca(HCO_3)_2 = Fe(HCO_3)_2 + CaSO_4.$$

Двууглекислое железо способно выделять углекислоту и образовывать хлопья. Для ускорения реакции добавляется гашеная известь:

$$Fe(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = Fe(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2.$$

Гидрат окиси железа под влиянием кислорода, растворенного в воде, переходит в коллоидный гидрат окиси железа в виде хлопьев:

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3.$$

При коагуляции солями железа величина pH воды должна быть не менее 8,2—8,5.

Определение дозы коагулянта (безводного) $Al_2(SO_4)_3$ в *г/м*³ воды производится на основании данных технологического анализа воды по ГОСТ 2919—45.

При отсутствии таких данных ориентировочные дозы принимаются:

для северной части СССР	. . . .	60 *г/м*³
„ средней „ „	. . . .	80 „
„ южной „ „	. . . .	100 „

Сооружение для осветления и обесцвечивания воды состоит из:

1) устройств для приготовления рабочих растворов реагентов и их дозирования;

2) смесителей реагентов с водой;

3) камер реакции, в которых происходит процесс образования хлопьев;

4) отстойников для осаждения хлопьев и

5) фильтров.

На рис. 34 изображена принципиальная схема установки. Насосы *1* подают сырую воду на смеситель *2* для ее смешивания с реагентами, которые поступают через дозатор из рабочих баков *3*. Пройдя камеры реакции *4*, вода переходит в отстойник *5*. Освободившись от взвеси, вода поступает на фильтр *6*, окончательно осветляется и стекает в резервуар чистой воды *7*. Для обеззараживания

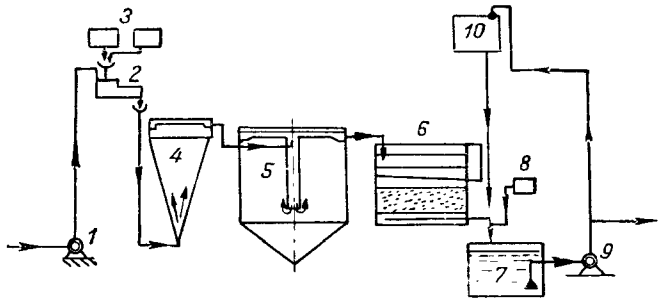


Рис. 34. Схема станции очистки воды:

1 — насос; *2* — смеситель; *3* — рабочие баки раствора реагентов; *4* — камера реакции; *5* — отстойник; *6* — фильтр; *7* — резервуар чистой воды; *8* — хлоратор; *9* — насосы второго подъема; *10* — напорный бак для промывки фильтров

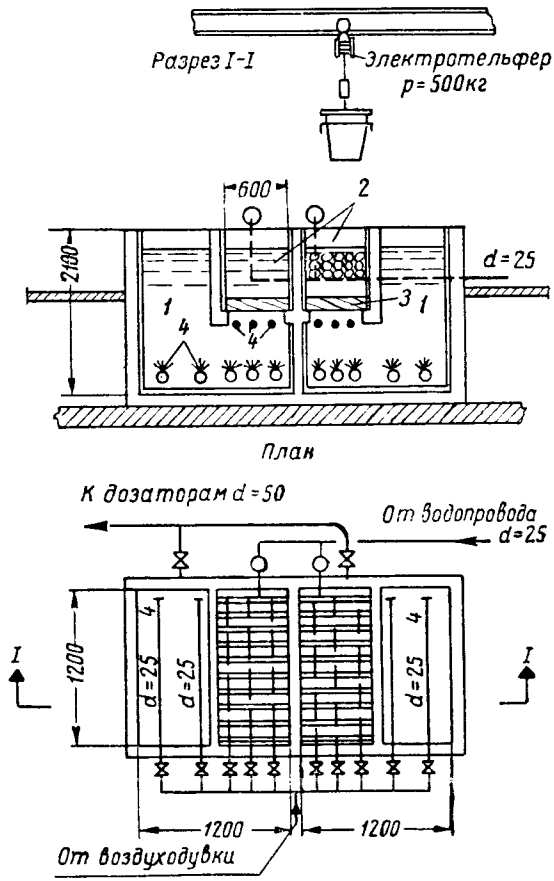


Рис. 35. Схема установки для растворения коагулянта:

1 — затворно-растворные баки; *2* — отсеки для закладки коагулянта; *3* — колосники; *4* — трубы сжатого воздуха

воды в трубопровод, идущий от фильтров, из хлоратора *8* вводят хлорную воду. Насосы второго подъема *9* подают чистую воду в разводящую сеть и в напорный бак *10* для промывки фильтров.

При расчете установок по рис. 34 учитываются следующие допустимые скорости движения воды в трубах и каналах:

от смесителя до камеры реакции	1—1,5 *м/сек*
„ камеры реакции до отстойников . . .	0,4—0,6 „
„ отстойников до фильтров не более . .	0,6 „
„ фильтров до резервуара чистой воды .	1—1,25 „
в напорных трубах при промывке фильтра	2—2.5 „

Приготовление растворов реагентов и их дозирование

Приготовление раствора коагулянта на малых установках производительностью до 500—1000 $м^3$ сутки можно производить ручным способом в деревянных или бетонных баках с постоянным перемешиванием, и желательно с подводом в баки пара.

На более крупных станциях приготовление раствора коагулянта следует механизировать путем циркуляции раствора насосами или перемешиванием сжатым воздухом.

На рис. 35 дана схема установки для приготовления раствора коагулянта с применением сжатого воздуха. Установка состоит из двух баков с отсеками для закладки коагулянта. На дне баков и под колосниками отсеков уложены перфорированные трубы подачи сжатого воздуха от воздуходувки. Расход сжатого воздуха составляет 1,08—1,45 $м^3/мин$ на 1 $м^2$ площади дна бака при затворении коагулянта (верхняя сеть труб) и 0,75—1 $м^3/мин$ — при перемешивании раствора (нижняя сеть труб).

Емкость бака рабочего раствора сернокислого алюминия определяют по формуле:

$$W_1 = \frac{a \cdot q}{417 b n},$$

где q — расход воды, подлежащий коагулированию в $м^3/час$;
a — доза сернокислого алюминия в $г/м^3$;
b — крепость раствора в %, принимаемая в пределах 5—7,5%;
n — число заготовок раствора в сутки, при ручном приготовлении 4, при интенсивном способе растворения — 4—6.

Емкость затворного бака с некоторым запасом может приниматься:

$$W_2 = 0{,}2 W_1.$$

Для приготовления растворов коагулянта на станции следует устанавливать не менее двух комплектов затворно-растворных баков.

Дозирование приготовленного раствора осуществляется на малых станциях дозировочным бачком с поплавковым клапаном через дозирующий зажим в приемную воронку или поплавковым дозато-

ром. На более крупных станциях применяют пропорциональные дозаторы (рис. 36).

Приготовление раствора или суспензии извести для подщелачивания воды начинают с ее гашения — ручного в гасильных ящиках — сцежах или механизированного — в аппаратах типа ЮЗ и др.

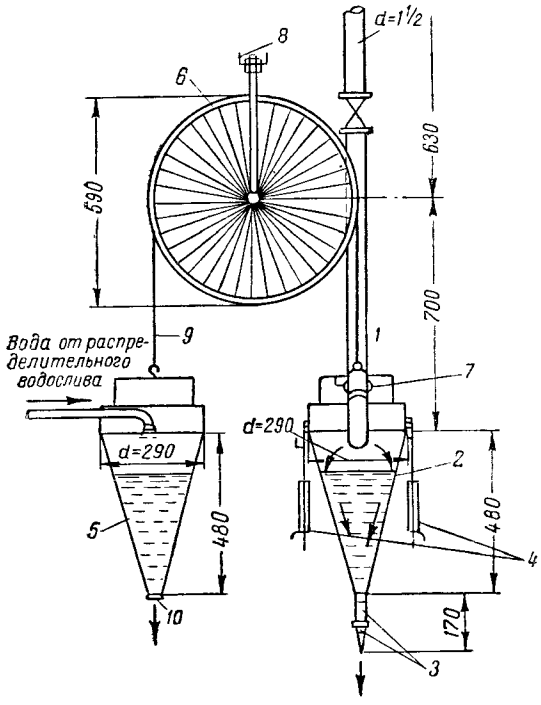


Рис. 36. Дозатор системы Хованского:

1 — подача раствора реагента; 2 — приемная воронка; *3* — насадка; *4* — направляющие; *5* — приемная воронка для струи воды с распределителя; *6* — блок; *7* — дроссельный клапан; *8* — швеллер; *9* — трос; *10* — диафрагма

Приготовленное крепкое известковое молоко перепускается в растворные баки, оборудованные мешалками с приводом от мотора или циркуляционными насосами. Доведенное до 5—7% крепости известковое молоко дозируется устройствами, аналогичными описанным выше.

Смешение реагентов с водой

Смешение реагентов с водой должно быть быстрым и заканчиваться в течение 1 мин. Раствор реагентов можно подавать во всасывающую трубу насоса, в напорный трубопровод, на расстоянии не менее 50 диаметров от его конца, или в специальные смесители. Наиболее распространены два типа смесителей: ершовый и с дырчатыми перегородками. Первый представляет собой лоток с перегородками, поставленными под углом 45° и образующими вертикальные щели.

Перегородки и щели создают вихревые потоки, что обеспечивает хорошее смешение. Скорость движения воды через щели принимается от 0,8 до 1 *м/сек*, а скорость в лотке смесителя до и после перегородок — 0,6 *м/сек*.

Камеры реакции

Хлопья скоагулированной взвеси образуются в камерах реакции. Для ускорения процесса воду пропускают через резервуар с перегородками, перемешивают ее лопастями или мешалками или создают вихревые потоки. В соответствии с этим камеры реакции

бывают: 1) перегородчатого типа, 2) лопастного — с лопастями на горизонтальной оси или 3) вихревые.

Емкость камеры рассчитана на время пребывания в них воды от 8 до 30 мин.

Вихревые камеры реакции, находящие широкое применение, представляют собой конические резервуары с углом конусности 30—45° и цилиндрической надставкой над конусом, в нижнюю часть которых вводится вода после смесителя со скоростью 0,5—0,7 *м/сек*. Скорость движения воды в цилиндрической части принимается 4—6 *мм/сек*, а время пребывания воды в камере 5—8 мин.

Отстойники

Отстойники строят горизонтальные, вертикальные или радиальные. Первые применяют на крупных водоочистных станциях производительностью 100 тыс. и более $м^3$ в сутки. Их выполняют в виде прямоугольных бассейнов вытянутой формы, разделенные по длине на отделения.

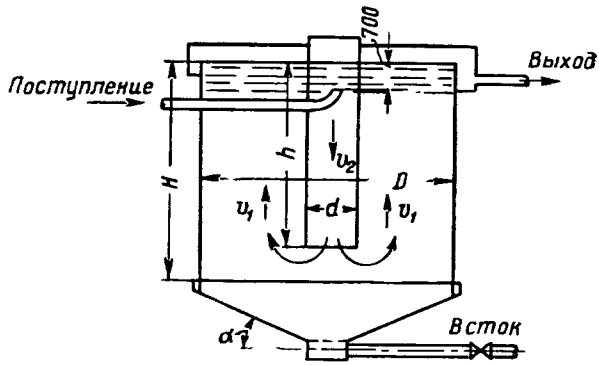


Рис. 37. Схема вертикального отстойника

Вертикальные отстойники, имеющие наибольшее применение в строительстве станций очистки воды, представляют собой цилиндрические или прямоугольные резервуары с цилиндрической центральной трубой (рис. 37). Вода из камеры реакции поступает в центральную трубу, опускается вниз и, поднимаясь в собственно отстойнике, сливается в отводящие желоба.

В отстойниках диаметром больше 6—8 *м* устраивают радиальные желоба или производят сбор отстоенной воды системой дырчатых труб.

Радиальные отстойники применяют для особо крупных установок и изготовляют на производительность 700—2500 $м^3$/*час*. Они представляют собой круглые резервуары со слабо коническим дном. Вода поступает снизу в центральную трубу и из нее движется в радиальном направлении к лотку, опоясывающему отстойник по периферии.

Расчет отстойников производят с учетом показателя осаждаемости взвеси. Этот показатель выражается условной неделимой дробью вида:

$$S = \frac{A}{B},$$

где A — процент задержания взвеси отстойником по отношению к ее начальному содержанию при процентной скорости выпадения 1,2 *мм/сек* и больше (процентная скорость выпадения взвеси показывает, какой ее процент по отношению к общему количеству взвеси задерживается в отстойнике при данных скоростях осаждения);

B — то же, но при скоростях выпадения взвеси от 0,2 до 1,2 *мм/сек*.

Показатели осаждаемости взвеси определяют способами по стандартам ГОСТ 2919—45.

Длина горизонтального отстойника находится по формуле:

$$L = \alpha \frac{v}{v_o} H,$$

где v — скорость движения воды в отстойнике — от 5 до 10 *мм/сек*;

v_o — скорость выпадения взвеси;

H — глубина отстойника ($3 \div 5$ *м*);

α — коэффициент, учитывающий снижение эффективности осаждения (1,2—1,5).

Величину v_0 определяют через составляющие показателя осаждаемости взвеси, получаемые из технологического анализа воды:

$$v_o = \frac{1{,}2B - 0{,}2A - У}{B - A}.$$

Процент задержания взвеси $У$ равен:

$$У = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100,$$

где M_1 — содержание взвеси в коагулируемой воде в *мг/л*;

M_2 — допустимое содержание взвеси в отстоенной воде в *мг/л* (20—25 *мг/л*).

Площадь рабочего сечения отстойника в $м^2$.

$$F = \frac{q}{3{,}6v},$$

где q — расход воды в $м^3/час$;

v — скорость движения воды в отстойнике — 5—10 *мм/сек*.

Отделения отстойника принимают шириной 3—5 *м*.

При расчете вертикальных отстойников учитывают неравномерность распределения восходящих скоростей v_1 в рабочем сечении отстойника, поэтому величину v_1 принимают равной $v_1 = v_0$: α_1, где $\alpha_1 = 1{,}3—1{,}8$.

Значения величины v_0 определяются по показателю осаждаемости, как это указано выше.

При проектировании часто отсутствуют данные об осаждаемости взвеси, поэтому в расчетах приходится задаваться скоростью восходящего потока. Для вертикальных отстойников эта величина, равная $v_1 = v_0 : \alpha_1$, принимается в пределах 0,6—0,75 *мм/сек*, а время протекания воды $T = 2$ часа. Скорость протекания воды в центральной трубе v_2 принимается от 30 до 75 *мм/сек*.

Высота цилиндрической части отстойника в *мм*:

$$H = 2 \cdot v_1 \cdot 3600.$$

Площадь отстойника в $м^2$:

$$F = \frac{q}{3{,}6v_1} + \frac{q}{3{,}6v_2}.$$

Диаметр отстойника в *м*:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{3{,}14n}},$$

где q — расход воды в $м^3/час$;

n — число отстойников.

Действительная (уточненная по количеству отстойников) скорость в центральной трубе в *мм/сек*:

$$v_1 = v_2 \sqrt{D},$$

а ее диаметр

$$d = 0{,}595 \sqrt{\frac{q}{v_2^1}},$$

при n отстойниках:

$$d = 0{,}595 \sqrt{\frac{q}{n \cdot v_2^1}}.$$

Широко применяются при осветлении воды отстойники-осветлители, действующие по принципу суспензионной сепарации. Коагулированная вода пропускается через массу ранее выпавшего осадка, поддерживаемого во взвешенном состоянии током воды. Такие осветлители дают высокий эффект осветления воды, превышающий в 2,5—3 раза эффект осветления в обычных отстойниках, что объясняется укрупнением и задержанием взвеси при прохождении коагулированной воды через взвешенный осадок.

На рис. 38 изображена схема осветлителя. Вода с реагентами поступает в воздухоотделитель, проходит вниз в распределительные дырчатые трубы *1* и поступает в отверстия дырчатого дна *2*. Пройдя через слой взвешенного осадка *3*, вода входит в зону осветления *4* и сливается в отводные желоба. Излишек взвешенного осадка поступает в шламоуплотнитель *5*.

Принимаются следующие скорости восходящего потока воды в осветлителе:

осветление воды мутностью 100—150 *мг/л*	1—1,2 *мм/сек*;
осветление и обесцвечивание воды цветностью 35—50°	0,9—1 »
умягчение воды известково-содовым способом при магнезиальной жесткости 25% от общей	1,2— 1,5 »

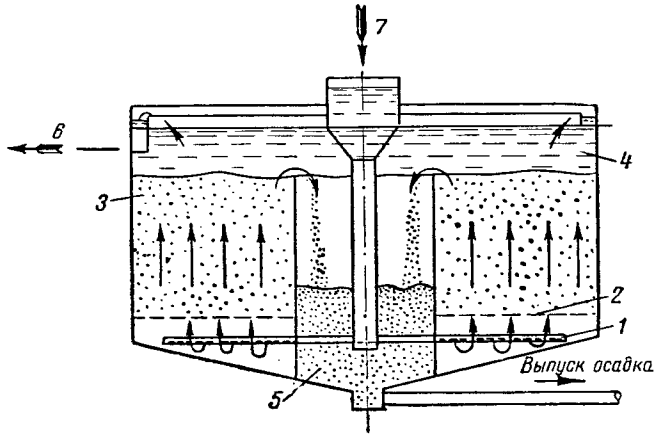


Рис. 38. Осветлитель с дырчатым дном:
1 — дырчатые трубы; *2* — отверстия дырчатого дна; *3* — слой взвешенного осадка; *4* — зона осветленной воды; *5* — шламоуплотнитель; *6* — осветленная вода; *7* — подвод обрабатываемой воды

Полезная площадь осветлителя в $м^2$:

$$F = q : v_1,$$

где q — расход воды $м^3/час$;
v — восходящая скорость в $м/час$.

Высота слоя взвешенного осадка обычно составляет 1,5—3,5 *м*, а высота защитного слоя воды над ним в 1—2 *м*. Емкость шламоуплотнителя в $м^3$ при осветлении воды находят по формуле:

$$W = \frac{G \cdot q \cdot T}{10\,000 \cdot p \cdot c},$$

где G — вес сухого осадка, выделяющегося из воды, в $г/м^3$;
T — период уплотнения осадка: при осветлении воды — 6—8 час., при умягчении воды — 3 часа;
p — средняя концентрация осадка в уплотнителе: при осветлении — 3%, при умягчении — 6%;
c — уд. вес уплотненного осадка — 1,02.

Вес осадка при осветлении воды:

$$G = M + a(K_1 + K_2),$$

где M — вес взвешенных веществ в обрабатываемой воде в $г/м^3$;
a — доза $Al_2(SO_4)_3$ или $FeSO_4$ по безводному продукту;
K_1 — коэффициент, равный для очищенного $Al_2(SO_4)_3$ 0,08, и для $FeSO_4$ — 0,1;
K_2 — коэффициент, принимаемый на образование гидроокиси:

для $Al_2(SO_4)_3 \longrightarrow Al(OH)_3$ — 0,46,

а для $FeSO_4 \longrightarrow Fe(OH)_3$ — 0,7.

По высоте уплотнителя в пределах 1,5—3,5 *м* определяется его площадь F_y в $м^2$ и диаметр в *м*.

Полная площадь осветлителя в $м^2$:

$$F_n = F_o + F_y.$$

Скорости движения воды в трубах и лотках принимают:

1) в центральной трубе, в распределительных трубах и их отверстиях 0,3—0,5 *м/сек*;

2) в отверстиях дырчатого дна 0,1—0,2 *м/сек*;

при расстоянии между отверстиями 0,25—0,3 *м* диаметр отверстий для тяжелого осадка 25—40 *мм*, а для легкого осадка — 15—25 *мм*;

3) в отверстиях лотков 0,2 *м/сек*, при диаметре отверстий — 30—40 *мм*;

4) при выходе из лотка 0,4—0,5 *м/сек*.

Фильтры

Удаление из воды взвеси и хлопьев коагулянта, не задержанных при отстаивании, производится на фильтрах пропуском воды через слой фильтрующего материала, на поверхности и в порах которого задерживаются взвешенные вещества.

Фильтры представляют собой открытые или напорные резервуары, на дренажной системе или поддерживающих слоях гравия которых загружается фильтрующий песок. Вода, подлежащая фильтрации, подается на фильтр, распределяется на его поверхности желобами, просачивается через загрузку и дренаж и отводится в резервуар (рис. 39).

Рабочий фильтрующий слой фильтра обычно имеет высоту 0,7 *м* и состоит из кварцевого песка крупностью 0,6—1,2 *мм*. Слой воды над песком принимают не менее 1,2 *м*. Поддерживающие слои гравия имеют общую высоту 0,45—1 *м* и состоят из фракций (по слоям) 1—2, 2—4, 4—8, 8—16 и 16—32 *мм*.

Гранулометрический состав песка подбирают по его эффективной величине и коэффициенту неоднородности. Первая характеризуется калибром сита, через которое проходит 10% данного песка.

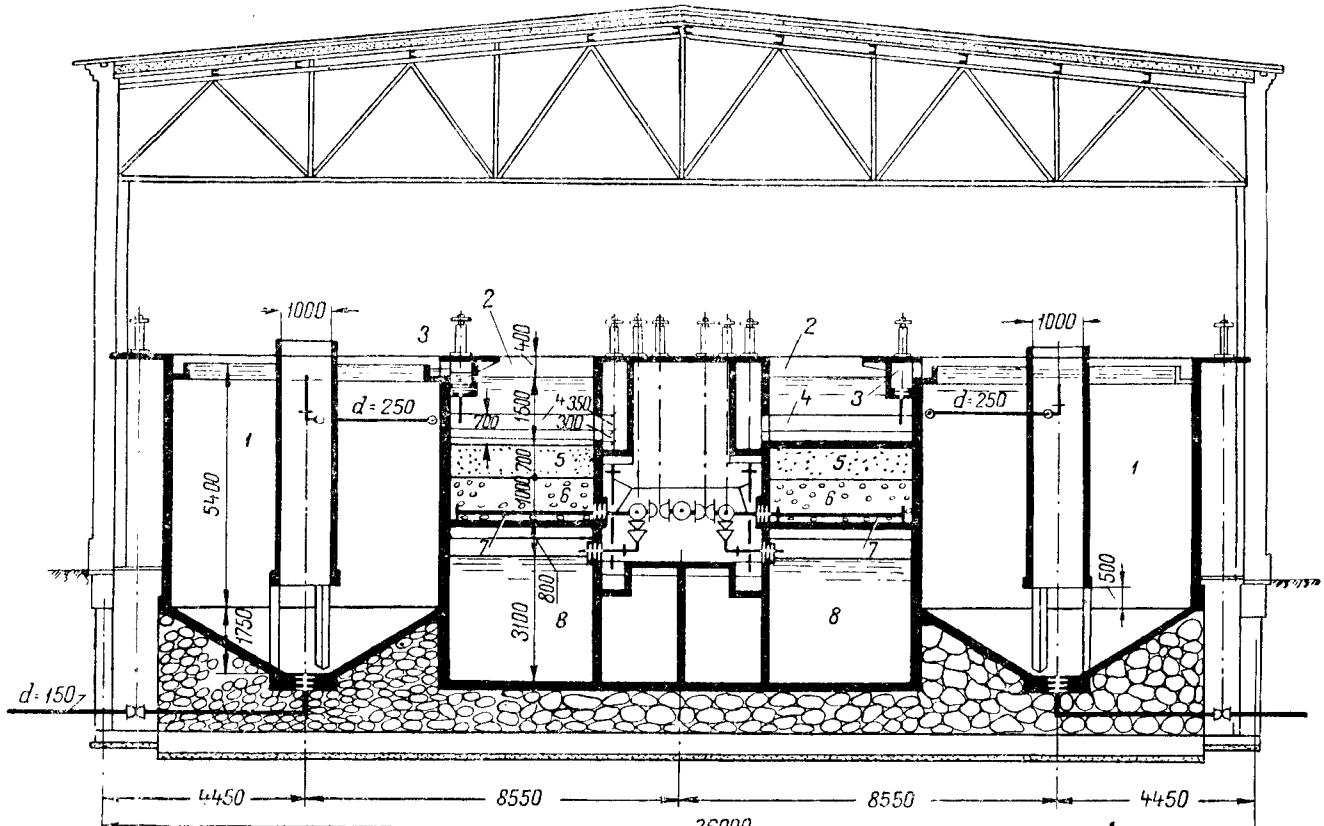


Рис. 39. Отстойники и фильтры:

1 — отстойники; *2* — фильтры; *3* — подача воды на фильтрацию; *4* — желоба; *5* — песок; *6* — поддерживающие слои гравия; *7* — дренаж; *8* — резервуары фильтрованной воды

Коэффициент неоднородности является отношением 80%-ного калибра или диаметра зерен более крупных, чем 80% зерен песка, к 10%-ному калибру. Эффективная величина песка должна составлять $\alpha_{10}=0{,}4—0{,}5$ *мм*, а коэффициент неоднородности — не более 1,6—1,75.

Дренаж фильтров бывает большого и малого сопротивления. Первый выполняется в виде основного разводящего коллектора с трубными ответвлениями, имеющими отверстия на нижней полуокружности под углом 45° к вертикальной оси. Такой дренаж устраивают для фильтров с поддерживающими гравийными слоями. При отказе от поддерживающих слоев применяют более сложный тип дренажа большего сопротивления, состоящий из дренажных колпачков специальной конструкции, укрепленных на штуцерах трубчатой системы.

Дренаж малого сопротивления (реже применяемый) устраивают в виде колосниковой решетки с дырчатыми трубами под ней.

Интенсивность работы фильтров характеризуется скоростью фильтрации, получаемой делением количества фильтруемой воды в $м^3/час$ на площадь фильтра в $м^2$, и принимается обычно в 6—7 *м/час*. Для установок с двумя фильтрами скорость фильтрации принимается в 3,5 *м/час*.

При работе фильтра происходит засорение загрузки взвешенными веществами, и его сопротивление проходу воды увеличивается. Фильтрующая способность фильтра восстанавливается промывкой его загрузки фильтрованной водой (от насоса или напорного бака), подаваемой снизу вверх. Интенсивность промывки составляет в среднем 12,5—15 *л/сек* на 1 $м^2$ площади, при продолжительности промывки 5 мин.

При промывке объем песка увеличивается с уменьшением его плотности. Грязная вода удаляется по сливным желобам, размещенным выше нормального уровня песка на 0,6—0,7 *м*. Площадь сечения одного желоба не должна превышать 0,212 $м^2$, а скорость движения воды — не более 0,6 *м/сек*. Более целесообразно удаление промывной воды системой дырчатых труб, при которых скорость движения воды допускается 1,5 *м/сек*.

В целях наиболее эффективной промывки фильтра применяют комбинированную нижнюю и верхнюю промывки. В течение первых 5 мин. вода подается через специальные насадки на разрыхление верхнего, наиболее загрязненного слоя песка, с интенсивностью 1,5—2,5 *л/сек* на 1 $м^2$. Затем одновременно в течение 2—3 мин. промывают песок снизу и сверху с интенсивностью 15 *л/сек* на 1 $м^2$.

Академией коммунального хозяйства (инж. Д. М. Минц и С. А. Шуберт) предложен новый тип фильтра, названный фильтром «АКХ». Сущность работы такого фильтра состоит в разделении потока осветляемой воды на две части. Одна часть воды направляется через верх фильтра и фильтруется сверху вниз, как в обычных фильтрах. Другая часть воды направляется в низ фильтра и фильтруется через загрузку снизу вверх.

Подобное распределение воды способствует резкому увеличению

емкости поглощения телом фильтра взвешенных веществ воды и увеличению его полезной производительности. Скорость фильтрации принимается здесь 12—15 *м/час*, т. е. значительно выше, чем в фильтрах обычного типа.

Осветленная вода собирается специальной дренажной системой, располагаемой в слое загрузки фильтра. Промывка фильтра производится как снизу вверх, через нижний дренаж, так дополнительно и через дренаж в теле фильтра. Общая интенсивность промывки составляет 18 *л/сек* на 1 $м^2$ (рис. 40).

Нормальная эксплуатация фильтров требует постоянной скорости фильтрации или плавного ее изменения. Фильтры оборудуют системой трубопроводов, задвижками, клапанами и контрольно-измерительными приборами: 1) указателем скорости фильтрации, состоящим из конических вставок на отводящей трубе, электрического датчика ДПЭ и вторичных приборов Э-280 и Э-610, и 2) указателем потери напора в фильтре первичного прибора ДПЭС и вторичных Э-280—281.

Пример расчета отстойников и фильтров станции осветления воды.

Производительность станции $q = 500$ $м^3/час = 0{,}139$ $м^3/сек$.

Отстойники [1]. Содержание взвеси в исходной воде $M_1 = 80$ *мг/л*, допустимое ее количество в отстоенной воде $M_2 = 25$ *мг/л*.

Процент задержания взвеси:

$$У = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100 = \frac{80-25}{80} \cdot 100 = 68{,}7\%.$$

Процентная скорость выпадения взвеси при показателе осаждаемости для данного образца воды $\frac{A}{B} = \frac{58}{93}$.

$$v_o = \frac{1{,}2B - 0{,}2A - У}{B - A} = \frac{1{,}2 \cdot 93 - 0{,}2 \cdot 58 - 68{,}7}{93-58} \cong 0{,}9 \text{ } м/сек.$$

Скорость восходящего потока:

$$v_1 = v_o : \alpha_1 = 0{,}9 : 1{,}5 = 0{,}6 \text{ } м/сек.$$

При вертикальных отстойниках высотой $H = 5$ *м* их общая площадь:

$$F = q : v_1 = 0{,}139 : 0{,}0006 = 232 \text{ } м^2.$$

При диаметре отстойников не более 8 *м* скорость в центральной трубе отстойника:

$$v_2 = 25\sqrt{D} = 25\sqrt{8} = 71 \text{ } мм/сек.$$

Площадь сечения центральных труб:

$$f = q : v_2 = 0{,}139 : 0{,}071 = 1{,}95 \text{ } м^2.$$

Площадь отстойника с учетом площади центральных труб:

$$F_o = 232 + 1{,}95 = 234 \text{ } м^2.$$

Принимаются шесть квадратных отстойников площадью по 39 $м^2$, со сторонами квадрата $6{,}3 \times 6{,}3$ *м*. Диаметр центральной трубы — 0,64 *м*.

---

[1] В. Ф. Кожинов. Очистка питьевой и технической воды, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952 г.

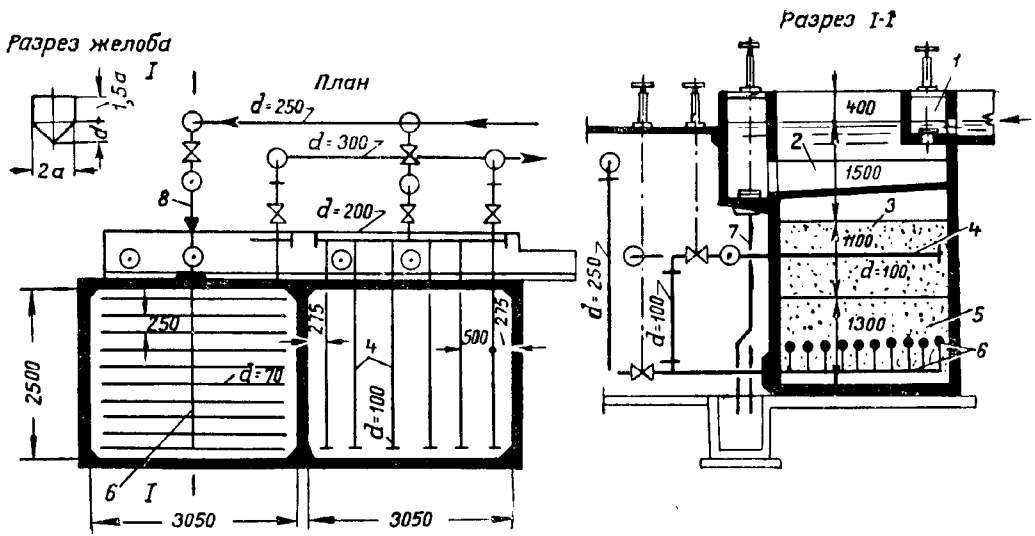


Рис. 40. Фильтр АКХ:

1 — подача отстоенной воды; *2* — желоб; *3* — песок; *4* — верхний дренаж; *5* — гравийные слои; *6* — нижний дренаж; *7* — отвод промывной воды; *8* — подача воды на промывку

Фильтры. Общая площадь фильтров при скорости фильтрации $v = 6$ *м/час* должна быть:

$$\Sigma F = q : v = 500 : 6 = 83{,}4 \text{ м}^2.$$

Принимается четыре фильтра размерами в плане 4.2×5 *м*, площадью каждый 21 $м^2$.

При интенсивности промывки $W = 15$ $л/м^2$ сек. количество промывной воды на один фильтр:

$$q = 21 \cdot 15 = 315 \text{ м/сек}.$$

Дренаж фильтров трубчатый, большого сопротивления. Диаметр магистрали дренажа $d = 450$ *мм*, со скоростью входа воды в него $v = 1.91$ *м/сек*.

Площадь дна фильтра, приходящаяся на каждое ответвление дренажа, при расстоянии между ними $m = 0{,}25$ *м*, будет:

$$f = 4{,}2 \cdot 0{,}25 : 2 = 0{,}525 \text{ м}^2.$$

Расход промывной воды через одно ответвление:

$$0{,}525 \cdot 15 = 7{,}87 \text{ л/сек}.$$

Диаметр труб ответвления равен 75 *мм* при скорости v_0 входа воды 1,85 *м/сек*.

Необходимое сопротивление в дренаже для обеспечения равномерного распределения воды по площади фильтра определяется по формуле В. А. Клячко:

$$h = 0{,}25 + 7{,}85\frac{v^2}{2g} + 9{,}7\frac{v_0^2}{2g} = 0{,}25 + 7{,}85\frac{1{,}91^2}{2 \cdot 9{,}81} + 9{,}7\frac{1{,}85^2}{2 \cdot 9{,}81} \simeq 3{,}34 \text{ м}.$$

Отношение площади отверстий в ответвлениях к площади фильтра должно быть:

$$\varphi = \frac{W}{10\,\mu\sqrt{2gh}},$$

где μ — коэффициент расхода — 0,62

(обычно $\varphi = 0{,}2 - 0{,}3\%$).

$$\varphi = \frac{15}{10 \cdot 0{,}62\sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}34}} = 0{,}3\%.$$

Общая площадь отверстий, приходящихся на один фильтр при $\varphi = 0{,}3\%$:

$$\Sigma f = \varphi \cdot F : 100 = 0{,}3 \cdot 21 : 100 = 0{,}063 \text{ м}^2, \text{ т. е. } 63\,000 \text{ м.м}^2.$$

Диаметр в *мм* одного отверстия в ответвлении должен быть в пределах δ от 30 до 40 m,

где m — шаг ответвлений в *м*.

Следовательно:

$$\delta = 40 \cdot 0{,}25 = 10 \text{ мм} \text{ и } f = \frac{\pi\delta^2}{4} = 78{,}54 \text{ м.м}.$$

Тогда число отверстий на один фильтр:

$$n = 63\,000 : 78{,}54 \simeq 804.$$

На один фильтр приходится ответвлений

$$4{,}2 \cdot 2 : 0{,}25 = 33{,}6 \simeq 34,$$

а на одном ответвлении должно быть:

$$804 : 34 \simeq 23 \text{ отверстия}.$$

Длина одного ответвления при наружном диаметре магистрали 470 *мм* будет:

$$\frac{4{,}2-0{,}47}{2} \simeq 1{,}87 \text{ м}.$$

Шаг отверстий:

$$m = 1870 : 23 \simeq 81{,}1 \text{ мм}.$$

Суммарная площадь сечения желобов фильтра при скорости отвода воды 0,6 *м сек.*

$$\Sigma f_{ж} = q_1 : v_{ж} = 0{,}315 : 0{,}6 = 0{,}525 \text{ м}^2.$$

Полная полезная высота желоба, с сечением, состоящим из прямоугольной и треугольной частей:

$$1{,}5a + a = 2{,}5a,$$

где a — высота треугольной части;
$1{,}5a$ — высота прямоугольной части.

Ширина желоба $2a$, причем величина a не может быть больше 0,23 *м*.
Площадь поперечного сечения желоба:

$$f_{ж} = 2a \cdot 1{,}5a + \frac{2a^2}{2} = 0{,}212 \text{ м}^2,$$

необходимое число желобов:

$$0{,}525 : 0{,}212 = 3.$$

Высота кромки желоба

$$h_{ж} = 1 \cdot 33 \frac{e \cdot h_{ф}}{100} = 1{,}33 \frac{75 \cdot 0{,}7}{100} = 0{,}70 \text{ м},$$

где e — относительное расширение песка при промывке, приблизительно равное 75%;
h — высота слоя песка в фильтре 0,7 *м*.

Осветление воды производится также и в напорных фильтрах по схеме рис. 41. Осветляемая вода от насоса поступает в напорный трубопровод, на котором устанавливается диафрагма *1* с калиброванным сечением, создающая перепад давлений в трубопроводе до диафрагмы и после нее. Из напорных дозаторов *2* в зону пониженного давления в трубопровод вводится раствор коагулянта. Реакция воды с коагулянтом происходит в напорном реакторе *3*, а осветление воды — в фильтре *4*. Для промывки фильтра имеется бак *5*.

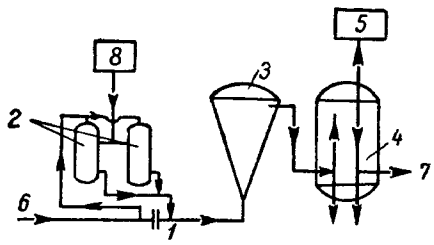


Рис. 41. Схема напорной фильтрации:
1 — диафрагма; *2* — напорные дозаторы; *3* — реактор; *4* — фильтр; *5* — бак; *6* — подача воды на осветление; *7* — выход осветленной воды; *8* — бак раствора коагулянта

Безотстойная фильтрация применяется для осветления сравнительно небольших расходов воды порядка 25—250 *м³/час.*

Наша промышленность серийно выпускает напорные фильтры (табл. 8) на давление 6 *кг/см*^{2} следующих типоразмеров (рис. 42).

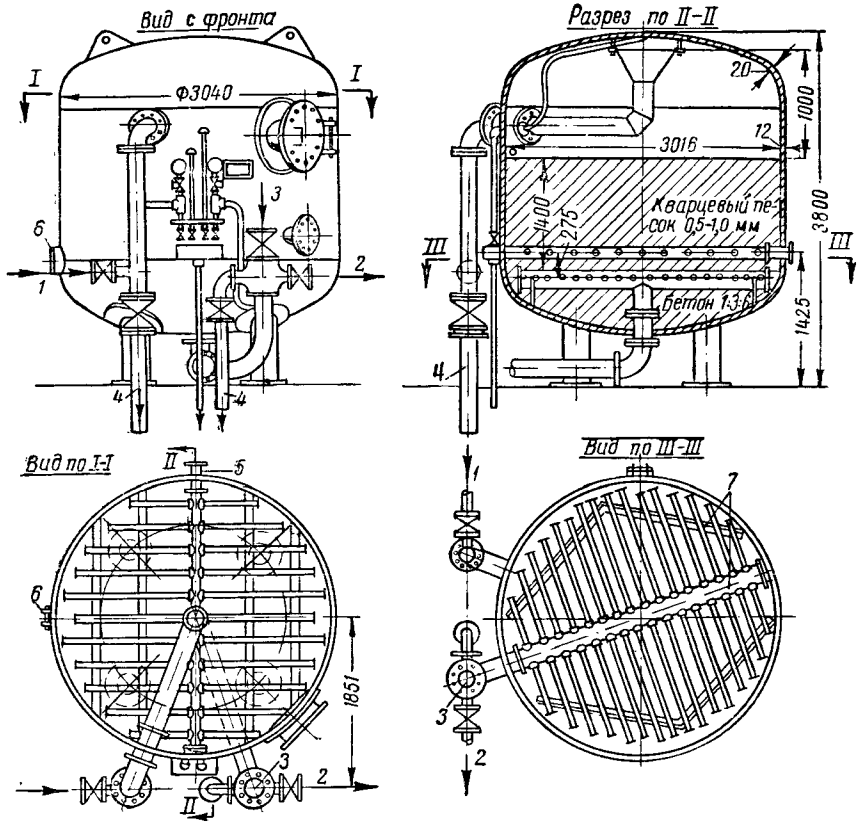


Рис. 42. Напорный кварцевый фильтр диаметром 3040 *мм*:

1 — подвод осветляемой воды; *2* — выход осветленной воды; *3* — подвод промывной воды; *4* — спуск промывной воды; *5* — подвод сжатого воздуха; *6* — штуцер для гидравлической выгрузки и заполнения фильтра; *7* — дренаж

Таблица 8

Характеристика напорных фильтров

Наружный диаметр фильтра в *мм*	Высота слоя загрузки в *мм*	Общая высота фильтра в *мм*	Производительность в *м*^{3}/*час*	Вес фильтра с арматурой в *кг*
1030	1200	2340	5,6	1288
1525	1200	2982	13,1	1960
2000	1200	3294	21,4	3485
2500	1200	3573	33,6	5400
3040	1400	3800	50,5	5622

2. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ

Обеззараживание воды для уничтожения находящихся в ней бактерий можно производить хлорированием или облучением бактерицидными ультрафиолетовыми лучами.

Хлор, введенный в воду, образует соляную и хлорноватистую кислоты:

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl.$$

При нейтральной реакции воды хлорноватистая кислота находится частично в ионизированном виде; наличие ее в воде, а также и гипохлоритного иона OCl вызывает окислительные процессы, разрушающие клетки бактерий и прекращающие их жизнедеятельность.

Для полноты обеззараживающего действия хлора необходимо, чтобы он хорошо смешался с обрабатываемой водой и находился в контакте с водой в течение 30 мин. (не менее). Хлорированная вода делается безвредной в бактериальном отношении в течение всего времени, пока в ней содержится остаточный активный хлор.

Необходимую дозу хлора устанавливают по показателю хлорируемости данной воды, определяемому стандартными способами по ГОСТ 2919—45, и корректируют лабораторными опытами, чтобы количество остаточного хлора в наиболее удаленных точках сети водопровода было не менее 0,1 *мг/л*.

Ориентировочная доза хлора назначается 0,3—1 *мг/л* для профильтрованной воды и 1,5—2 *мг/л* для нефильтрованной речной воды.

Хлорирование производится также раствором хлорной извести; в этом случае реакция происходит по формуле:

$$2CaCl_2O + 2H_2O \rightarrow CaCl_2 + Ca(OH)_2 + 2HOCl.$$

Для обработки воды хлором применяют хлораторы вакуумные. Основным элементом установки являются рабочий и запасной хлораторы, изготовляемые с ротаметром (газовым измерителем) на производительность 0,6—3; 1—5; 2—10 *кг* хлора в час или с жидкостным измерителем расхода газа на производительность 20—1000 *г/час*.

Хлор доставляют в стандартных баллонах, вмещающих 25 *кг* газа, находящегося в сжиженном состоянии, под давлением 40 *ати*.

На рис. 43 изображена схема подключения баллонов к хлоратору. Здесь: *1* — хлоратор вакуумный с фильтром, манометрами, редукционным клапаном, ротаметром, смесителем и водяным бачком (находящимся за щитом аппарата); *2* — промежуточный баллон; *3* — рабочий баллон, устанавливаемый вентилем вниз на весах, необходимых для учета расхода хлора. Хлорная вода от смесителя аппарата поступает в эжектор *4*, работающий от водопровода с давлением не ниже 1,5 *ати*. По отводной линии хлорная вода подается к месту хлорирования — во всасывающую трубу насоса, трубопровод от фильтров в резервуар и пр.

Съем хлора с одного баллона без подогрева не превышает 0,5 *кг/час*. При эксплуатации одного рабочего хлоратора можно устанавливать двое весов на четыре баллона каждые; тогда с семи баллонов снимается без подогрева 3,5 *кг* хлора в час.

На рис. 44 приведена схема хлораторной установки на два аппарата. В помещениях хлораторных устанавливают вентиляторы на 12-кратный обмен воздуха в час, с его отсосом на уровне пола.

При применении хлорной извести растворение ее производится в баках (затворном и двух рабочих).

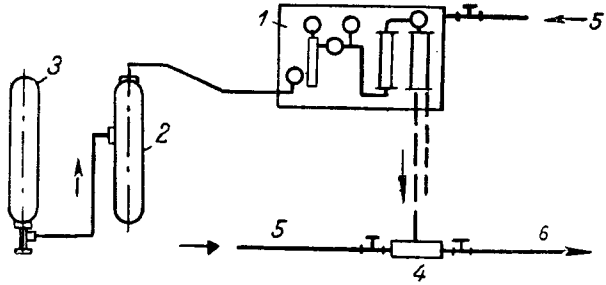


Рис. 43. Схема подключения баллонов к хлоратору:
1 — хлоратор; *2* — промежуточный баллон; *3* — рабочий баллон; *4* — эжектор; *5* — подача воды от водопровода; *6* — отвод хлорной воды

Емкость растворных баков в $м^3$ определяют по формуле:

$$W = \frac{q \cdot a}{417 \cdot c \cdot n},$$

где q — часовой расход воды в $м^3$;

a — максимальная доза в пересчете на активный хлор 0,5÷÷1 *мг/л*, а по хлорной извести $a = 0{,}5 \div 1 \cdot 4 = 2 \div 4$ *мг/л*;

n — число заготовок раствора хлора;

c — крепость раствора — 1%.

Обеззараживание воды хлорной известью применяют на водопроводах производительностью не более 500 $м^3$ в сутки.

Устранения привкусов и запахов воды достигают обработкой ее аммиаком — аммонизацией. Для устранения привкусов и запахов гидробиологического происхождения вводят аммиак. Для ликвидации хлорфенольных запахов аммиак вводят до ввода хлора.

Академией коммунального хозяйства разработан способ обеззараживания питьевой воды ультрафиолетовыми лучами, обладающими мгновенным бактерицидным действием.

Обеззараживание воды происходит вследствие фото-химического воздействия ультрафиолетовой бактерицидной энергии, излучаемой специальными лампами, на бактерий, находящихся в воде. Бактерицидные свойства облучения высоки и действенны не только на вегетативные бактерии, но и на бактериальные споры.

На рис. 45 изображена схема аппарата лоткового типа для обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами. Вода притекает

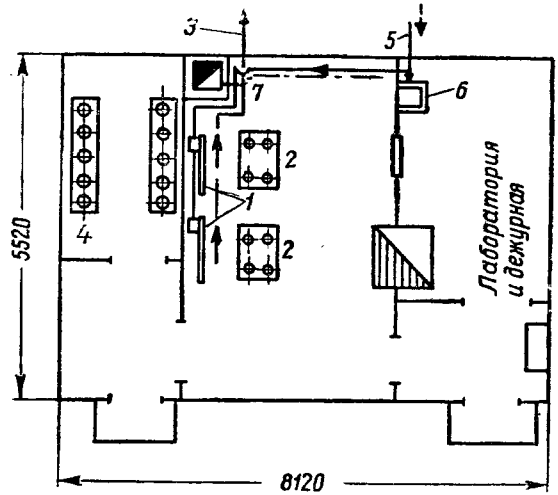


Рис. 44. Схема хлораторной установки:

1 — хлораторы вакуумные; *2* — весы с баллонами; *3* — отвод хлорной воды; *4* — промежуточный склад баллонов; *5* — ввод водопровода; *6* — раковина; *7* — вентиляционная шахта

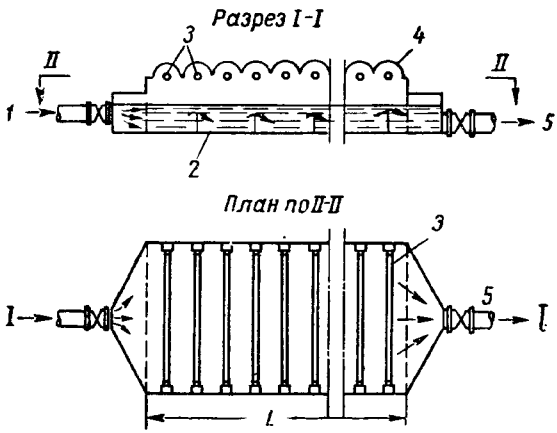


Рис. 45. Аппарат для обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами:

1 — вход воды; *2* — лоток аппарата; *3* — бактерицидные лампы; *4* — отражатели; *5* — вход обеззараженной воды

по лотку аппарата, подвергаясь облучению аргонортутными лампами низкого напряжения.

Аппарат с 15 лампами по 15 *вт* каждая имеет производительность 16 $м^3/час$. Другие модели аппарата имеют значительно бо́льшую производительность.

Подобный способ обеззараживания воды является передовым и перспективным, значительно упрощающим эксплуатацию установок и особенно пригодным тем, что облученная вода может непосредственно подаваться потребителям.

3. УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ

Умягчение воды заключается в удалении из нее растворенных солей кальция и магния.

Умягчение можно производить способом осаждения (известковым и известково-содовым), а также способом катионирования.

Известковый и содово-известковый способы

Умягчение воды способом осаждения состоит в добавлении реагентов, образующих с ионами кальция и магния малорастворимые осадки, выпадающие в осветлителях. Применение любого из реагентов — извести или соды — обусловливается особенностями солевого состава воды, соотношением жесткости карбонатной и некарбонатной.

Известковый способ служит для умягчения воды с преимущественно карбонатной жесткостью. Гашеную известь $Ca(OH)_2$ добавляют в воду во взвешенном состоянии в виде известкового молока. В воде известь реагирует с растворенной углекислотой:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

Поглощение свободной углекислоты способствует распаду бикарбонатов:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O,$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O.$$

Образующиеся $CaCO_3$ и $MgCO_3$ выпадают в осадок. Ввиду того, что карбонат кальция в известной мере растворим в воде, полное устранение карбонатной жесткости невозможно.

При известковании воды выпадающие в осадок $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$ и $Fe(OH)_2$ увлекают за собой и коллоидные органические и неорганические вещества, чем достигается осветление и обесцвечивание воды. Определение необходимой дозы реагента производится по показателю умягчаемости воды, устанавливаемому технологическим анализом воды по ГОСТ 3312—46. В тех случаях, когда технологический анализ не производится, теоретическое количество

чистой негашеной извести в *г* на 1 $м^3$ умягчаемой воды определяется из уравнения:

$$CaO = 28Ж_к + 1{,}4\,MgO + 1{,}27\,CO_2,$$

где $Ж_к$ — карбонатная жесткость воды в *мг-экв/л*;

MgO — количество магнезиальных солей в пересчете на окись магния в *мг/л*;

CO_2 — количество свободной углекислоты в *мг/л*.

Для лучшего протекания реакции необходимы избыток извести, для чего в расчете $Ж_к$ увеличивают на 0,35 *мг-экв/л*. Дозу технической извести принимают с учетом содержания в ней окиси кальция от 40 до 85%.

Известкование ведут без подогрева или с подогревом. В зависимости от температурного режима продолжительность выпадения осадков колеблется от 2 до 4 час. Мутную воду умягчают совместной коагуляцией и известкованием. При большем количестве гуминовых веществ совместная обработка не дает хорошего эффекта, так как коагуляция подобных вод протекает успешно только при пониженной величине pH 5,3—5,4. В таких случаях сначала проводится коагуляция, а затем известкование.

При умягчении воды по содово-известковому способу соли карбонатной жесткости осаждаются известью по вышеприведенным уравнениям, а соли постоянной жесткости — содой Na_2CO_3:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4,$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4,$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl.$$

В результате указанных реакций, кроме трудно растворимых солей, выпадающих в осадок, образуются и легко растворимые соли NaCl и Na_2SO_4, остающиеся в умягченной воде.

Содово-известковый способ — универсальный, он пригоден для умягчения воды с любым соотношением карбонатной и постоянной жесткости. Расход соды в *г* на 1 $м^3$ воды определяется из уравнения:

$$Na_2CO_3 = 53Ж_н,$$

где $Ж_н$ — некарбонатная жесткость воды в *мг-экв/л*.

Глубина умягчения воды зависит от температуры процесса и может быть доведена:

при температуре воды	2—20° . .	до 1,07—2,14	*мг-экв/л*
» »	» 20—35° . . »	0,9—1,42	»
» »	» 35—90° . . »	0,53—0,9	»

Глубина умягчения воды способом осаждения зависит и от степени удаления из нее органических веществ, замедляющих кристаллизацию выпадающих осадков. Органические вещества воды обладают свойствами защитных коллоидов, стабилизирующих коллоидную форму образования кристаллов солей.

Сооружения для умягчения воды способом осаждения не отличаются от тех, какие служат для осветления и обесцвечивания.

На рис. 46 приведена схема установки для умягчения воды содово-известковым способом.

Применение осветлителей суспензионного типа ускоряет реакции и обеспечивает лучший эффект обработки воды.

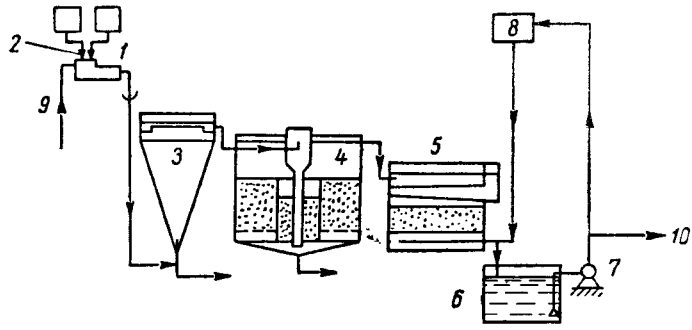


Рис. 46. Схема установки для умягчения воды по содово-известковому способу:

1 — смеситель; *2* — подача раствора реагентов; *3* — камера реакции; *4* — осветлитель; *5* — фильтр; *6* — резервуар умягченной воды; *7* — насос; *8* — бак для промывки фильтра; *9* — подача воды на умягчение; *10* — выход умягченной воды

Расчет таких осветлителей производится аналогично описанному выше. При определении емкости шламоуплотнителя вес сухого осадка, выделяющегося из умягченной воды, определяется по формуле:

$$G = M + 2{,}5[(Ca^{\cdot\cdot}) + (Ca^{\cdot\cdot}_{изв}) + Mg^{\cdot\cdot}] - 17{,}36 Ж_o + M_1,$$

где M — вес взвешенного вещества в умягчаемой воде в *г/м*^{3};

Ca — содержание кальция в *г/м*^{3};

$Ca^{\cdot\cdot}_{изв}$ — содержание кальция, введенного в виде известкового молока, в *г/м*^{3};

$Mg^{\cdot\cdot}$ — содержание магния в умягчаемой воде в *г/м*^{3};

17,36 — условное содержание $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ в умягчаемой воде на 1 *мг-экв/л* остаточной жесткости;

$Ж_o$ — величина остаточной жесткости в *мг-экв/л*;

M_1 — количество технических примесей известкового молока, равное проценту балласта в товарной извести.

Одним из способов, позволяющих усилить степень умягчения воды, служит применение реакторов, заполненных контактной массой. Реактор представляет собой конический резервуар, в нижнюю часть которого подается вода и известковое молоко. Реактор загружается на половину высоты кварцевым песком.

Благодаря большим начальным скоростям и последующему вихревому движению воды она интенсивно перемешивается с реагентом и контактной массой песка. Умягчение происходит с осажде-

нием выделяющегося $CaCO_3$ на поверхности песчинок, являющихся центрами кристаллизации, и заканчивается в 5—10 мин. Окончательное осветление воды производится на осветлителе и фильтре.

Умягчение воды катионированием

Умягчение воды катионированием основано на способности некоторых материалов к реакциям ионного обмена, совершающегося между нерастворимым в воде веществом катионита и солями жесткости воды.

При пропуске жесткой воды через фильтр, загруженный катионитом, катионы Ca^{2+}, Mg^{2+} и др. заменяются Na^+ и H^+, в результате чего жесткость воды снижается до 0,03 *мг-экв/л*.

В том случае, если катионом, способным к обмену, является катион натрия, ионнообменный материал называется Na-катионитом

$$2Na(к) + Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows Ca(к)_2 + 2NaHCO_3,$$
$$2Na(к) + CaSO_4 \rightleftarrows Ca(к)_2 + 2Na_2SO_4.$$

и т. д.

Символ (к) обозначает сложный комплекс вещества катионита, практически в воде нерастворимого.

В результате Na-катионирования в умягченной воде появляется двууглекислый натрий, и вода становится щелочной, причем величина щелочности равновелика карбонатной жесткости воды.

Если ионнообменным является катион водорода H^+, то реакции обмена происходят по схемам:

$$2H(к) + Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows Ca(к)_2 + 2H_2O + 2CO_2,$$
$$2H(к) + CaSO_4 \rightleftarrows Ca(к)_2 + H_2SO_4,$$
$$2H(к) + CaCl_2 \rightleftarrows Ca(к)_2 + 2HCl.$$

При H-катионировании в воде появляются минеральные кислоты — серная и соляная — в количествах, эквивалентных некарбонатной жесткости воды, а также углекислота.

По истощении обменной способности катионита его регенерируют 10% раствором поваренной соли при Na-катионировании.

$$Ca(к)_2 + NaCl \rightleftarrows 2Na(к) + CaCl_2.$$

При H-катионировании регенерация производится 1—1,5% раствором кислоты, обычно серной

$$Ca(к)_2 + H_2SO_4 \rightleftarrows 2H(к) + CaSO_4.$$

Образующиеся при регенерации соли отмываются и удаляются в сток.

Основным показателем полезной работы катионита является его обменная способность, или емкость поглощения, зависящая от

состава катионита и величины поверхности частиц. Она выражается в грамм-эквивалентах солей жесткости, задержанных 1 $м^3$ катионита, находящемся в воде в разбухшем состоянии.

Ранее емкость поглощения выражалась в тонно-градусах на 1 $м^3$ катионита:

$$1\ т/градус = 0{,}356\ г/экв.$$

Катионитовые материалы. Основным катионитовым материалом является сульфированный каменный уголь, или сульфоуголь, по данным табл. 9.

Таблица 9

Характеристика сульфоугля

Показатели	I сорт		II сорт	
	крупный СК-1	мелкий СМ-1	крупный СК-2	мелкий СМ-2
Обменная способность в *г-экв/м³* . . .	285	356	214	250
То же, в тонно-градусах	800	1000	600	700
Диаметр зерен в *мм* (средний)	0,8	0,52	0,8	0,52
Насыпной вес воздушно-сухого сульфоугля в *т/м³*	0,6	0,6	0,55	0,55
То же, в разбухшем состоянии	0,47	0,42	0,47	0,42
Годовой износ в %	5—10	5—10	5—10	6—10

Кроме того, применяют искусственные катионообменные смолы эспатит 1 и вофатит Р, имеющие обменные способности: первый — 700 и второй 530 *г-экв/м³*.

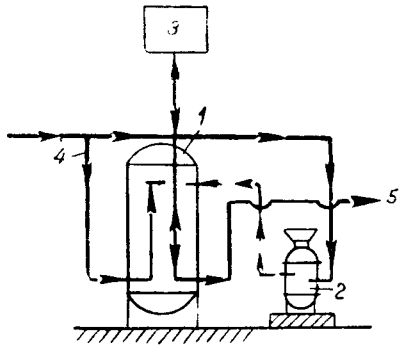


Рис. 47. Схема установки для умягчения воды способом Na-катионирования:

1 — фильтр; *2* — солерастворитель; *3* — бак для взрыхления катионита; *4* — подача воды на умягчение; *5* — выход умягченной воды

Стоимость сульфоугля в 2—3 раза меньше стоимости других катионитов. Он стоек в кислой и щелочной среде при температуре умягченной воды не выше 60—65° и может служить загрузкой фильтров как при Na, так и при Н-катионировании.

Схемы и аппаратура установок. Катионирование воды производится в напорных фильтрах, хотя возможно применение фильтров и самотечных.

Схема установки Na-катионирования приведена на рис. 47. Умягчаемая вода подается на фильтр *1*.

Пройдя умягчение в фильтре, вода под остаточным напором поступает к потребителям. Для регенерации катионита имеется солерастворитель *2*, а бак *3* служит для взрыхления катионита перед регенерацией.

Напорные катионитовые фильтры (табл. 10) Таганрогского завода «Красный котельщик» (рис. 48) изготовляют на рабочее давление 4 и 6 *кг/см*^{2}.

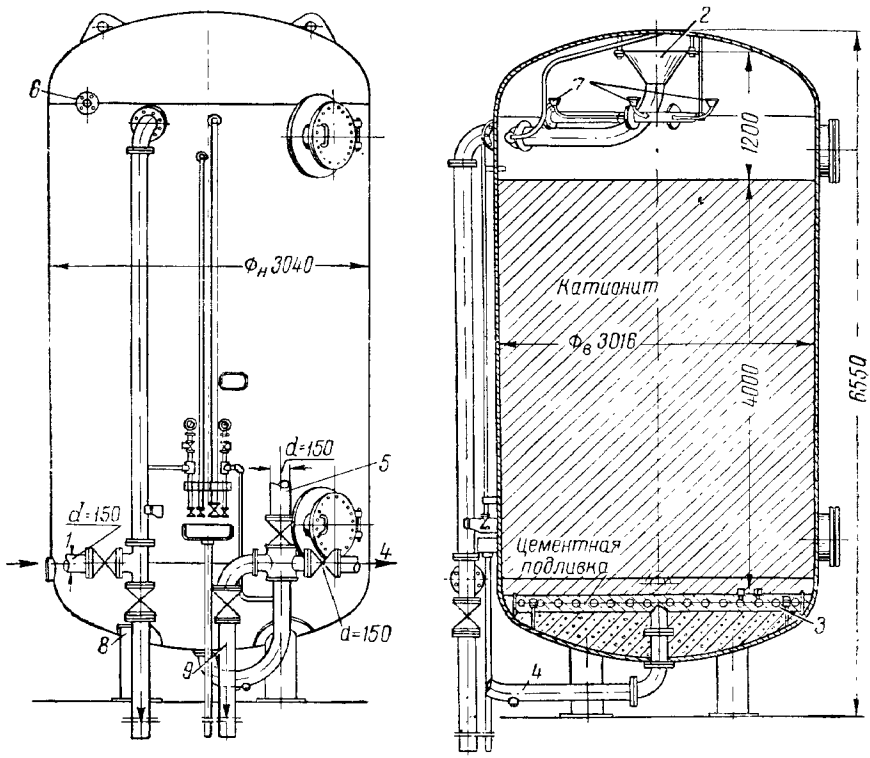


Рис. 48. Катионитовый фильтр:

1 — подача воды на умягчение; *2* — воронка излива умягчаемой воды; *3* — дренаж; *4* — выход умягченной воды; *5* — подача воды на взрыхление; *6* — подача регенерационного раствора; *7* — распределение регенерационного раствора; *8* и *9* — сливные трубы

Таблица 10

Характеристика Н — Na-катионитовых фильтров

Наружный диаметр в *мм*	Высота загрузки катионита в *мм*	Полная высота фильтра в *мм*	Производительность фильтра в *г-экв* поглощения солей жесткости [1]	Вес фильтра с арматурой в *кг*
1030	2000—3500	3507—5007	470—820	1427—1730
1525	2000—3500	3872—5767	1040—1825	2380—2942
2000	2500—4000	4744—6244	2240—3570	4390—5178
2500	2500—4000	4973—6473	3480—5570	5764—7369
3040	2500—4000	5050—6550	5170—8260	8367—9890

[1] При средней рабочей обменной способности катионита 290 *г-экв/м*^{3}.

Работа фильтра показана на рис. 48. Умягченная вода подается по трубе *1* и поступает на излив в фильтр через воронку *2*. Умягченная вода через дренаж *3* отводится по трубе *4*.

По истощении обменной способности катионита производят сначала его взрыхление по трубе *5* от бака отработанного регенерационного раствора. Затем по трубе *6* в фильтре подается регенерационный раствор, распределяемый в фильтре трубами *7*. Трубы *8* и *9* служат для отведения в сток воды при взрыхлении катионита, регенерации и отмывке водой после регенерации. Отмывка после регенерации происходит с подачей воды по трубе *1*.

Дренажная система фильтра представляет собой главный коллектор с боковыми трубными ответвлениями, на которых установлены колпачки (пористые или щелевые), устраняющие необходимость в поддерживающих слоях гравия.

Если напорные фильтры предназначаются для Н-катионирования воды, их внутренняя поверхность и все их детали, соприкасающиеся с агрессивной средой, защищаются противокоррозийными покрытиями: окраской поверхностей перхлорвиниловым или бакелитовым лаком либо гуммированием (наклеиванием на стенки сырой резины с последующей вулканизацией).

Приводим основные расчетные формулы для подбора катионитовых фильтров:

$$e_{расч} = e_{пол} - q_o \cdot Ж_o,$$

где $e_{расч}$ — полезная емкость поглощения 1 $м^3$ катионита в *г-экв*/$м^3$;

q_o — удельный расход воды на отмывку 1 $м^3$ катионита после регенерации в $м^3$;

$Ж_o$ — общая жесткость воды в *мг-экв*/*л*.

Эта формула определяет расчетную емкость поглощения катионита с учетом ее уменьшения за счет жесткости воды, примененной для отмывки.

$$E = q \cdot t \cdot Ж_o = e_{расч} \frac{\pi d^2}{4} \cdot h,$$

где E — полезная емкость поглощения фильтра в *г-экв*;

t — период работы фильтра между концом одной и началом другой регенерации в часах;

q — производительность фильтра в $м^3$/*час*;

d — диаметр фильтра в *м*;

h — высота загрузки фильтра в *м*.

Межрегенерационный период t принимается в пределах 6—15 час. (чаще 8 час.).

Имея суточный расход воды Q и ее жесткость $Ж_o$, определяют количество солей жесткости, подлежащее удалению из воды:

$$A = Q \cdot Ж_o \; г\text{-}экв.$$

Задаваясь числом фильтров n, площадью каждого F и высотой загрузки h, определяют общее необходимое количество регенераций в сутки:

$$n_1 = \frac{A}{n \cdot F \cdot h \cdot e_{расч}}.$$

Приводим следующую формулу скорости фильтрации при работе всех фильтров

$$v = \frac{q}{n \cdot F} \quad м/час,$$

а также формулу при выключении одного фильтра на регенерацию:

$$v_1 = \frac{q}{(n-1)F} \quad м/час.$$

Существует другой способ расчета фильтров, предложенный канд. техн. наук В. А. Клячко.

Рабочая обменная способность катионита:

$$e_{раб} = \beta e_{пол} - 0{,}5 \cdot q_1 \cdot Ж_0,$$

где β — эмпирический коэффициент, зависящий от отношения величины общей жесткости воды к концентрации Na^+ в умягчаемой воде [1];
q_1 — удельный расход воды на отмывку катионита 3,5 $м^3$;
$Ж_0$ — жесткость воды в *мг-экв/л*.

Скорость фильтрации в *м/час*:

$$v_1 = \frac{e_{раб} \cdot h_{пол}}{T \cdot Ж_0 + e_{раб} \cdot k_m \cdot d \cdot \ln \cdot Ж_0},$$

где $h_{пол}$ — полезная высота слоя загрузки в *м*;
T — межрегенерационный период в час.;
k_m — коэффициент, равный 0,03—0,04;
d — размер зерен сульфоугля в *мм*.

При часовом расходе воды q $м^3/час$ площадь работающих фильтров в $м^2$ будет выражена следующей формулой:

$$F = q : v_1.$$

По площади F и табл. 10 подбирают число фильтров n с площадью каждого фильтра f $м^2$.

В зависимости от жесткости исходной воды рекомендуются следующие скорости фильтрации:

Жесткость воды в *мг-экв/л*	до 1	1—2	2—3	3—6	6
Скорости фильтрации в *м/час* нормальные	30—25	25—20	20—15	15—10	10—3
То же, кратковременные	60—40	40—35	40—30	30—20	20

Расход соли (NaCl) на одну регенерацию Na-катионитового фильтра определяется по формуле:

$$p_c = \frac{a \cdot E \cdot 100}{1000 \cdot n} \quad кг,$$

[1] А. А. Кастальский и В. А. Клячко, «Фильтры водоподготовительных установок», Госэнергоиздат, 1953.

где a — удельный расход соли, равный 200 *г* на *г-экв* солей жесткости;

E — емкость поглощения фильтра в *г-экв*;

n — процент содержания NaCl в технической соли равняется 96,5%.

Приготовление раствора соли производится в стандартных солерастворителях, изготовляемых диаметром 670 и 1030 *мм* и полной высотой 1650 и 1880 *мм* на давление 6 *ати*. Применение солерастворителей связано с подачей на фильтр раствора соли неравномерной концентрации. Поэтому раствор соли из солерастворителя лучше сначала направлять в бак (на 7—8 *м* выше уровня распределительного устройства в фильтре).

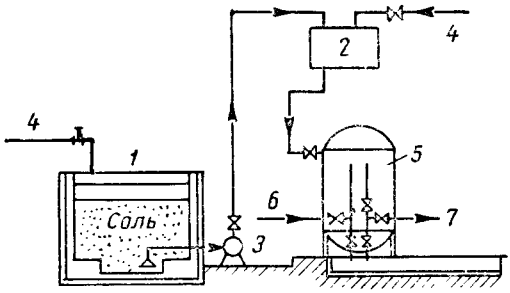


Рис. 49. Схема регенерации Na-катионитового фильтра:

1 — бак для мокрого хранения соли; *2* — бак 10%-ного раствора соли; *3* — насос; *4* — подача фильтрованной воды; *5* — фильтр; *6* — подача воды на умягчение; *7* — выход умягченной воды

Другим способом приготовления раствора соли постоянной концентрации является способ так называемого «мокрого» хранения соли по рис. 49.

Количество кислоты, необходимое для одной регенерации Н-катионитового фильтра, определяют по следующей формуле:

$$p_к = \frac{F \cdot h \cdot 0{,}75 \cdot e_п \cdot \gamma \cdot \alpha}{1000 \cdot 100},$$

где $p_к$ — количество концентрированной кислоты в *кг*;

$e_п$ — полная обменная способность катионита в *г-экв/м*^{3};

γ — удельный расход кислоты в *г/г-экв*;

α — содержание H_2SO_4 в техническом продукте в %;

F и h — площадь и высота фильтра в *м*^{2} и *м*.

Удельный расход 100% H_2SO_4 *г/г-экв*	60—65	65—68	85—100	100—125	125—140	140—160
Содержание в умягчаемой воде Cl^- и SO_4^{2-} *мг-экв/л* . .	до 1	1—2	2—3	3—5	5—7	7—8,5

Расход воды в *м*^{3} на взрыхление фильтра составляет:

$$q_1 = \frac{F \cdot \varphi_1 \cdot 60 \cdot t_1}{1000},$$

где φ_1 — удельный расход воды 3,5 *л/сек* на 1 *м*^{2};

t_1 — продолжительность взрыхления 10 мин.

На растворение соли на каждую регенерацию требуется воды в $м^3$:

$$q_2 = \frac{S \cdot 100}{1000 \cdot 10},$$

где S — количество соли в *кг*.

Расход воды на отмывку фильтра от продуктов регенерации в $м^3$:

$$q_3 = q_0 \cdot F \cdot h,$$

где q_0 удельный расход воды на одну регенерацию, равный 3,5 $м^3$.

На промывку солерастворителя учитывается расход воды в $м^3$:

$$q_4 = \frac{f_c \cdot \varphi_c \cdot 60 \cdot t_2}{1000},$$

где f_c — площадь солерастворителя в $м^2$;
φ_c — интенсивность промывки — 5 *л/сек* на 1 $м^2$;
t_2 — продолжительность промывки — 5 мин.

Общий расход воды на регенерацию, продолжительностью около 1,5 часа, составится из суммы:

$$\Sigma q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4.$$

По количеству регенерации всех фильтров в установке определяют общий добавочный расход воды.

Для сокращения этого расхода часть отмывочной воды используется на взрыхление катионита. Приготовление раствора соли ведется обычно с умягчением воды известью и содой.

Особенности катионитового способа. На катионитовых фильтрах можно умягчать воду, не засоряющую загрузку фильтра взвешенными веществами. Поэтому на катионитовые фильтры непосредственно можно подавать только такую воду, в которой содержание взвешенных веществ в течение всего года не превышает 25—30 *мг/л*. В противном случае необходимо предварительное осветление воды.

На рис. 50 дана схема компоновки станции комбинированной очистки воды (осветление 5800 $м^3/сут$ речной воды и Na-катионирование части осветленной воды в количестве 1600 $м^3/сут$). Часовой расход осветленной воды 300 $м^3$ и умягченной — 125 $м^3$.

Катионирование воды производится по следующим принципиальным схемам [1]:

1) одноступенчатое Na-катионирование,
2) двухступенчатое Na-катионирование,
3) H-катионирование (параллельное, последовательное или совместное).

Схема одноступенчатого Na-катионирования (см. рис. 47) применяется для умягчения воды общей жесткостью не выше

---

[1] А. А. Кастальский и В. А. Клячко, «Фильтры водоподготовительных установок», Госэнергоиздат, 1953.

10 *мг-экв/л*. Применимость этой схемы зависит также и от величины карбонатной жесткости воды, обусловливающей ту или иную величину щелочности умягченной воды.

Двухступенчатое Na-катионирование состоит в том, что на фильтрах первой ступени умягчают воду, пока жесткость ее не составит 25—30% от жесткости исходной воды. Окончательное умягчение производится на фильтрах второй ступени. Регенерация фильтров первой ступени проводится с пониженным удельным расходом соли (125—150 *г* на 1 *г-экв* солей жесткости). Фильтры второй ступени регенерируют повышенными расходами соли (250—340 *г* на 1 *г-экв*). Эта схема применяется при умягчении воды жесткостью выше 10 *мг-экв/л*, а также при необходимости получить повышенное качество умягченной воды.

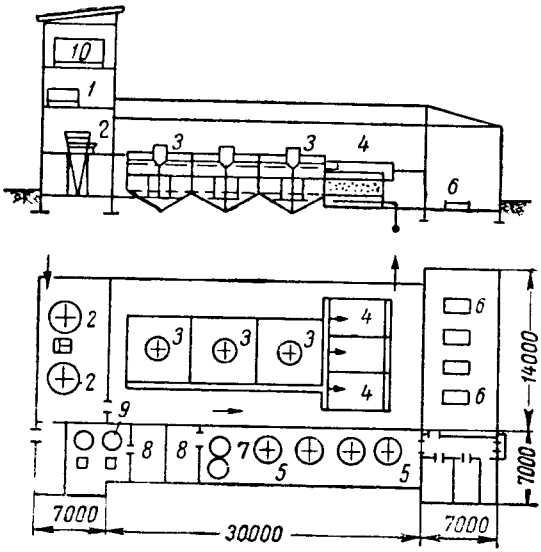


Рис. 50. Компоновка станции для осветления и катионирования воды:

1 — смеситель; *2* — камеры реакции; *3* — осветлители; *4* — фильтры осветления; *5* — Na-катионитовые фильтры; *6* — насосы; *7* — солерастворители; *8* — склад реагентов; *9* — реагентное хозяйство; *10* — бак для промывки фильтров

Умягчение воды способом H—Na-катионирования применяется для устранения кислотности или щелочности умягченной воды. Из трех возможных схем наиболее совершенной является схема параллельного H—Na-катионирования, состоящая в том, что часть умягчаемой воды поступает на H-катионитовые фильтры, а часть — на фильтры Na-катионитовые, после чего оба фильтрата смешивают для взаимной нейтрализации.

Количество умягчаемой воды $q_н$ в *м*³/*час*, направляемое на H-катионитовые фильтры для обеспечения заданной щелочности умягченной воды, определяют по следующей формуле:

$$q_н = \frac{Q(Ж_к - a)}{Ж_о},$$

где Q — общий расход умягчаемой воды в *м*³/*час*;
$Ж_к$ — карбонатная жесткость воды в *мг-экв/л*;
$Ж_о$ — общая жесткость воды в *мг-экв/л*;
a — заданная щелочность умягченной воды в *мг-экв/л*.

Количество воды, подаваемое для умягчения на Na-катионитовые фильтры, составит:

$$q_{Na} = Q - q_н.$$

После смешения умягченной щелочной и кислой воды смесь подается на удалитель углекислоты.

Удалители углекислоты обычно применяют башенного типа, в виде деревянного закрытого цилиндра, заполненного колосниками из реек.

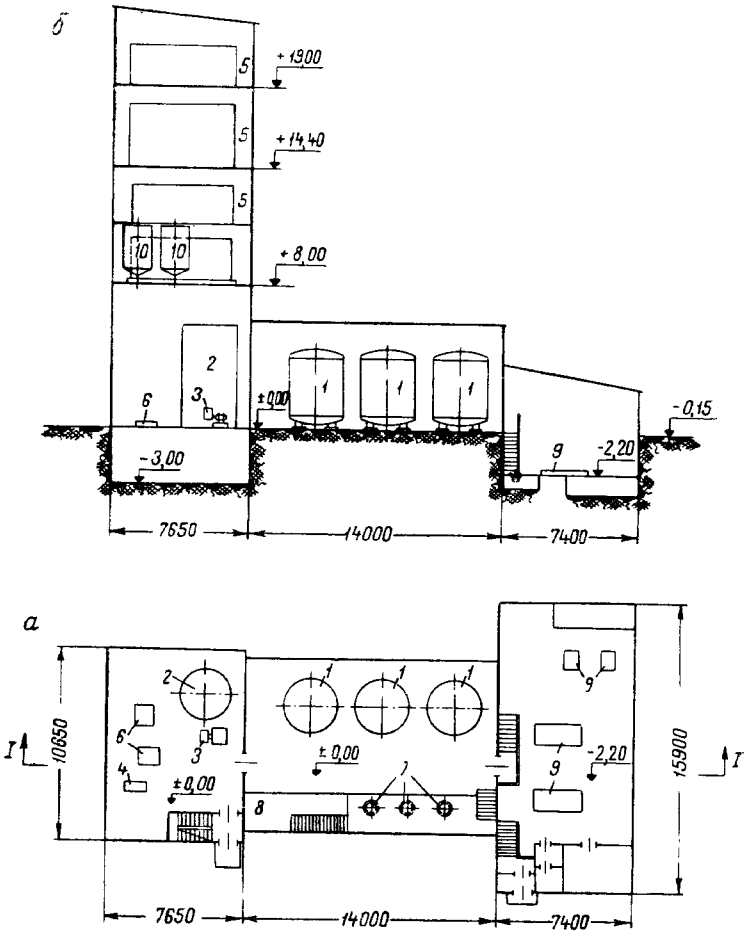


Рис. 51. Компоновка станции для умягчения воды способом Н — Na-катионирования

а — план; *б* — разрез *I—I*: *1*—Н—Na-катионитовые фильтры; *2* — удалитель углекислоты; *3*—вентилятор; *4* — компрессор; *5* — напорные баки; *6* — насосы; *7* — солерастворители; *8* — склад соли и серной кислоты; *9* — насосы хозяйственно-противопожарного водопровода; *10* — рабочие баки серной кислоты

Дегазируемая вода проходит сверху в нижний сборный бак и на своем пути через колосники продувается воздухом от вентилятора. Углекислота выделяется из воды и уходит с воздухом в атмосферу. На рис. 51 изображена схема компоновки Н — Na-катионитовой установки умягчения воды.

Трубопроводы и запорная арматура Н-катионитовых фильтров выполняют из нержавеющих стальных труб, винипласта, фаолита или текстолита. Применяют также и фанерные трубы (см. главу V).

На катионитовых фильтрах устанавливают контрольно-измерительные приборы: манометры, показывающие потери напора в фильтрах, и расходомеры.

4. ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ

Железо в природных водах может находиться в виде двууглекислой соли $Fe(HCO_3)_2$, сернокислой соли $FeSO_4$ и в виде гуматов железа, способных образовывать коллоидальные растворы.

Способы выделения железа зависят от формы, в какой оно находится в воде. Обезжелезивания воды достигают ее аэрацией с последующим удалением осадка, обработкой известью, коагуляцией или катионированием.

Применимость того или иного способа устанавливают в зависимости от результатов технологического анализа на обезжелезиваемость воды, проводимого способами по стандартам ГОСТ.

Двууглекислое железо — соединение нестойкое; оно частично гидролизуется в воде, теряя углекислоту

$$Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O \longrightarrow Fe(OH)_2 + 2H_2O + 2CO_2.$$

При аэрации воды процесс гидролиза происходит почти полностью. Гидрат закиси железа $Fe(OH)_2$ соединяется с кислородом и переходит в коллоидальную закись $Fe(OH)_3$. Последняя коагулируется в хлопьевидную окись железа $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ и выпадает в осадок.

Аэрация воды производится на контактных градирнях с 3—4 слоями шлака или кокса крупностью 50—100 *мм*, толщиной слоев по 0,3—0,4 *м*. Расстояния между слоями составляют в градирне 0,3—0,5 *м*.

Если разбрызгивание воды производится насадками на подающем трубопроводе, смонтированном над верхним контактным слоем, площадь градирни принимается 0,07—0,1 $м^2$ на 1 $м^3/час$ обрабатываемой воды. При распределении воды лотками или дырчатыми трубами площадь градирни увеличивается до 0,2—0,3 $м^2$ на 1 $м^3$ воды.

Аэрированная вода содержит хлопья окиси железа и должна быть освобождена от них, что достигается отстаиванием и фильтрацией. Осветление аэрированной артезианской воды может производиться и на одних кварцевых фильтрах, если содержание железа в ней не превышало 6—10 *мг/л*.

Установки для обезжелезивания воды аэрацией могут быть самотечными или напорными. При самотечной схеме установки состоят из контактной градирни, отстойников и фильтров.

На рис. 52 дана схема напорной установки для обезжелезивания воды. Обрабатываемая вода поступает в смеситель, куда

подается сжатый воздух, затем последовательно проходит контактный и осветлительный фильтры.

Необходимое количество воздуха составляет 25—40 *л* на 1 $м^3$ воды. Скорость фильтрации в контактном фильтре 10—20 *м/час*. Крупность фракции загрузки контактного фильтра принимается 2—3 *мм*, а высота слоя загрузки — 1,5 *м*; скорость фильтрации на осветлительном фильтре 6—7 *м/час*.

В тех случаях, когда аэрация не дает необходимой степени обезжелезивания воды, применяют известкование, коагуляцию или катионирование.

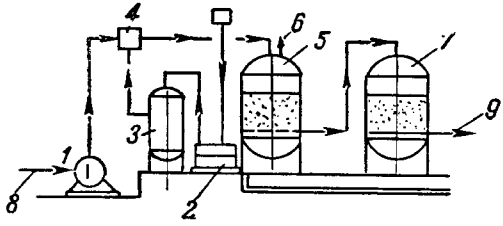


Рис. 52. Схема напорной установки для обезжелезивания воды:

1 — насос; *2* — компрессор; *3* — ресивер; *4* — смеситель; *5* — коитактный фильтр; *6* — воздушный вантуз; *7* — осветлительный фильтр; *8* — подвод сырой воды; *9* — выход обработанной воды

При обработке воды, содержащей сернокислое железо, известью, ход реакции определяют по формуле:

$$FeSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Fe(OH)_2 + CaSO_4.$$

Необходимую дозу извести принимают по данным пробного обезжелезивания воды. Ориентировочную дозу извести можно определять по уравнению:

$$CaO = 1{,}27CO_2 + 1{,}01Fe \ мг/л,$$

где CaO — доза 100% CaO в *мг/л*;

CO_2 — содержание свободной CO_2 в воде в *мг/л*;

Fe — содержание железа в воде в *мг/л*.

Известкование воды является универсальным способом ее обезжелезивания. Установки для известкования воды состоят из растворных устройств (гасителя извести и приготовления известкового молока), смесителя, осветлителя и фильтра.

Для выделения железа, находящегося в воде в виде коллоида гидроокиси или гумата, применяют коагуляцию сернокислым алюминием или сернокислой закисью железа с известью.

Обезжелезивание воды катионированием применяется для обработки подземных железистых вод и особенно в том случае, когда наряду с обезжелезиванием требуется и глубокое умягчение воды.

При фильтрации воды через Н-катионит ход реакции происходит по следующим схемам:

$$2H\,(к) + Fe^{++} \rightleftarrows Fe\,(к)_2 + 2H^+,$$

$$3H\,(к) + Fe^{+++} \rightleftarrows Fe\,(к)_3 + 3H^+.$$

Регенерация катионита производится 1—2% раствором серной кислоты, причем для нейтрализации кислотности Н-катионированная вода должна смешиваться с водой, прошедшей Na-катионирование.

Емкость поглощения Н-катионита по железу принимается порядка 5 *кг* на тонну катионита, если в обезжелезиваемой воде находятся Ca^{++} и Mg^{++}.

В тех случаях, когда не требуется умягчения воды, может применяться Са-катионирование.

Регенерация Са-катионита производится 10%-раствором хлористого кальция.

В некоторых природных водах железо находится в виде органических соединений или коллоидов. Коагуляция такой воды происходит успешно только после предварительной обработки ее хлором для окисления органических соединений.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

КАНАЛИЗАЦИЯ

Глава VII

НАЗНАЧЕНИЕ КАНАЛИЗАЦИИ, ЕЕ СХЕМЫ И СИСТЕМЫ

1. НАЗНАЧЕНИЕ КАНАЛИЗАЦИИ И ВИДЫ СТОЧНЫХ ВОД

В результате жизнедеятельности человека в городах, населенных пунктах и на промышленных предприятиях появляются различные жидкие и твердые отбросы. Кроме того, на промышленных предприятиях получаются отходы производства и образуются производственные сточные воды.

Человеческие экскременты, банные, прачечные, больничные и некоторые производственные сточные воды представляют опасность появления и распространения инфекционных заболеваний. Органическая часть отбросов и отходов при их накоплении на территориях городов и промышленных предприятий подвергается гниению и способствует загрязнению воздуха, почвы, водоемов и подземных вод.

Наиболее простой формой удаления отбросов и нечистот является вывозная система, при которой отбросы и нечистоты собираются в непроницаемых выгребах, откуда периодически вывозятся специальным транспортом на выделенные участки полей. Вывозная система, приемлемая для малых населенных пунктов, является трудоемкой и дорогой в эксплуатации. Для больших городов или промышленных предприятий она совершенно непригодна, так как количество жидких отбросов — сточных вод — определяется тысячами, десятками и сотнями тысяч $м^3$ в сутки.

Другой формой удаления отбросов и нечистот с территорий городов и промышленных предприятий является сплавная система, при которой сточные воды подземными трубами канализации сплавляются к местам их обезвреживания и выпуска в водоемы. Отведение нечистот по трубам и каналам возможно при достаточном разбавлении их водой. Для нечистот, образующихся в быту человека, такое разжижение достигается при норме водоотведения 60 $л$ на человека в сутки, что осуществимо при наличии централизованного водопровода с домовыми вводами.

Назначением канализации является, таким образом, сбор, отведение сточных вод за пределы населенного места или промышленного предприятия и обезвреживание их настолько, чтобы они не могли оказывать вредное влияние на водоем.

По своему происхождению сточные воды подразделяют на следующие виды:

1) бытовые или хозяйственно-фекальные — от уборных, умывальников, моек, столовых и пр.;

2) производственные, получающиеся в результате разнообразных технологических процессов;

3) дождевые и талые снеговые, стекающие с крыш зданий и территории проездов.

Производственные сточные воды предприятий, в зависимости от степени загрязнения, подразделяют на грязные и условно чистые.

2. СХЕМЫ И СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Сплавная канализация представляет собой комплекс специальных инженерных сооружений, который состоит из внутренних канализационных устройств в зданиях, наружной самотечной сети труб, укладываемых с уклонами, очистных сооружений и выпуска в водоем. При невозможности по условиям рельефа местности отведения сточных вод самотеком на очистные сооружения в комплекс сооружений канализации входят насосные станции перекачки и напорные водоводы.

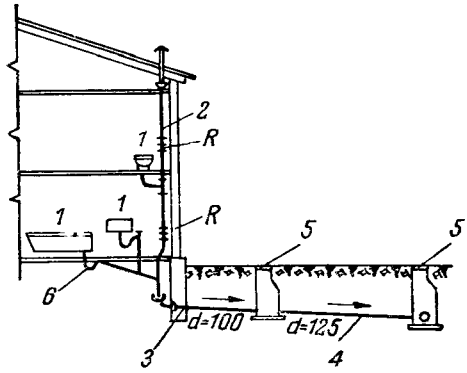


Рис. 53. Схема канализации дома:
1 — санитарные приборы; *2* — стояк; *3* — выпуск; *4* — присоединение к уличному колодцу; *5* — смотровые колодцы; *6* — сифоны

Внутренние канализационные устройства имеют назначением прием воды, использованной в быту или на производстве, и отведение ее в сеть наружных труб. В состав внутренней канализации входят приемники сточных вод — санитарные приборы (умывальники, унитазы, мойки, раковины), отводные трубы от приемников, стояки и выпуски в дворовую сеть канализации (рис. 53).

В производственных помещениях приемниками сточных вод являются специальные части машин, барок и аппаратов, трапы, лотки и каналы. Внутреннюю сеть канализации устраивают в виде сети труб или системы подпольных лотков и каналов, перекрываемых бетонными плитами, рифленой сталью.

Для предупреждения проникания в помещения газов из наружных канализационных труб приемники сточных вод оборудуют водяными затворами — сифонами, вделанными в приемники или выполненными в виде отдельной фасонной части, устанавливаемой под приемником. В системе внутренней производственной канализации, выполненной сетью подпольных каналов, водяные затворы устраи-

вают на выпусках из здания в виде так называемого сифонного колодца (рис. 54).

Самотечную наружную сеть труб, принимающую сточные воды от выпусков внутренней канализации, укладывают по улицам городов, поселков или проездам промышленных площадок. На сети труб устраивают смотровые колодцы, служащие для осмотра и прочистки труб от загрязнений, а также для присоединения выпусков из зданий или соседних участков сети.

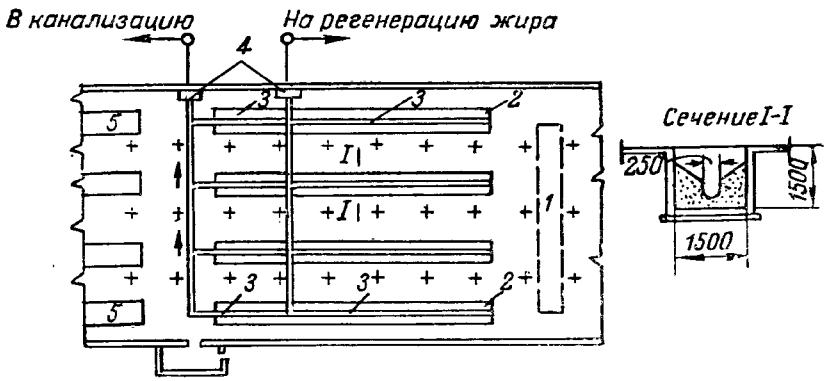


Рис. 54. Схема канализации шерстомойки:
1 — лабазы перед мойкой; *2* — пятибарочные шерстомойные проходные машины; *3* — подпольные каналы сточных вод; *4* — колодцы с гидравлическим затвором; *5* — сушилки

При благоприятном рельефе местности сточные воды отводятся на очистные сооружения самотечной сетью труб. Если это невозможно, то в пониженных местах канализуемой территории устраивают насосные станции, перекачивающие сточные воды на очистные сооружения или в более высоко расположенные по рельефу местности участки канализационных коллекторов.

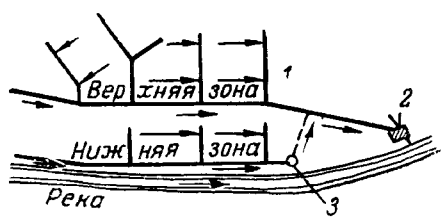


Рис. 55. Схема канализации города:
1 — самотечный коллектор; *2* — очистные сооружения; *3* — станция перекачки

На рис. 55 изображена схема канализации города, одна часть которого расположена значительно выше другой. В возвышенной части города укладывают сеть канализационных труб, отводящую собранные сточные воды по отводному самотечному коллектору *1* на очистные сооружения 2. Сточные воды пониженной части города системой самотечных труб подводятся к станции перекачки *3*, насосы которой передают стоки в отводной коллектор *1*.

В тех случаях, когда в сеть канализационных труб отводятся все виды сточных вод — бытовые, производственные и атмосферные, — такая система канализации называется общесплавной. Канализация с двумя отдельными сетями труб — одной для бытовых и загрязнен-

ных производственных вод и другой для вод атмосферных — называется раздельной (рис. 56).

Канализация атмосферных вод называется ливневой сетью или водостоками.

На предприятиях промышленных товаров широкого потребления обычно применяют раздельную систему канализации. В водосточную сеть отводятся в ряде случаев и мало загрязненные — условно чистые воды.

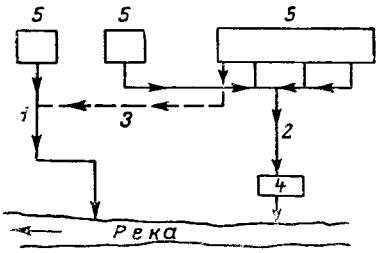


Рис. 56. Схема раздельной системы канализации:

1 — сеть атмосферных вод; *2* — сеть бытовых и производственных вод; *3* — сеть условно чистых вод; *4* — очистные сооружения; *5* — объекты сброса сточных вод

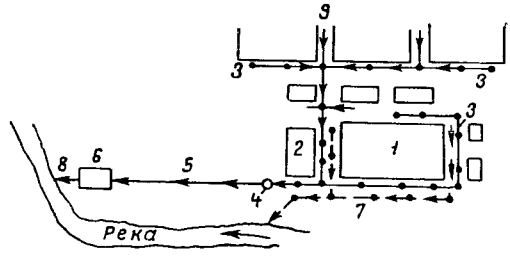


Рис. 57. Схема канализации текстильного комбината:

1 — прядильно-ткацкая фабрика; *2* — отделочная фабрика; *3* — сеть производственно-бытовой канализации; *4* — насосная станция; *5* — напорный водовод; *6* — очистные сооружения; *7* — водосток; *8* — выпуск в водоем; *9* — поселок

Схема канализации промышленного предприятия показана на рис. 57. Раздельная канализация состоит из сети бытовых и производственных вод *3* и сети водосточной *7*. Загрязненные сточные воды поступают в сборный резервуар насосной станции *4*, перекачиваются на очистные сооружения *6* и по выпуску *8* спускаются в водоем.

3. СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Предприятия промышленных товаров широкого потребления по составу сточных вод и условиям канализования подразделяют на следующие группы:

1. Прядильно-ткацкие, обувные фабрики, заводы первичной обработки льна с сухой переработкой волокна. Количество сточных вод на этих предприятиях невелико, преобладают бытовые сточные воды от санитарных узлов зданий.

2. Отбельные и красильные, меховые фабрики, заводы: искусственного волокна, кожевенные, регенератно-резиновые, а также предприятия первичной обработки шерсти. На этих предприятиях преобладают производственные сточные воды, состав загрязнений которых в ряде случаев исключает возможность их непосредственного спуска в городскую канализацию.

Предприятия первой группы, размещаемые в канализованных городах, присоединяются непосредственно к городской канализации.

Предприятия второй группы можно непосредственно присоединять к достаточно мощным городским канализациям или они должны устраивать самостоятельные канализации. В ряде случаев целесообразно расширять средствами промышленности недостаточно мощную городскую канализацию или строить новую совместно с органами коммунального хозяйства.

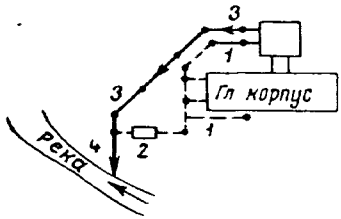


Рис. 58. Схема канализации льнозавода:

1 — сеть канализации бытовых сточных вод; *2* — очистные сооружения; *3* — канализация условно чистых вод; *4* — выпуск в водоем

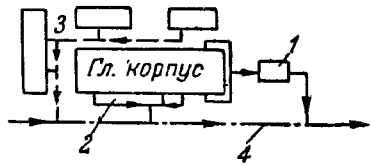


Рис. 59. Схема канализации кожевенного завода:

1 — местные очистные сооружения; *2* — сеть производственных сточных вод; *3* — сеть бытовых сточных вод; *4* — городской коллектор

При присоединении к городской канализации иногда необходимо устраивать местные очистные сооружения для удаления из производственных сточных вод специфических загрязнений, препятствующих обработке стоков на общих очистных сооружениях, или для извлечения из производственных сточных вод ценных компонентов (шерстного жира — ланолина и пр.). Для усреднения химического состава производственных сточных вод можно устраивать усреднители, а для обеспечения равномерного спуска сточных вод в сеть канализации города — специальные регулирующие резервуары.

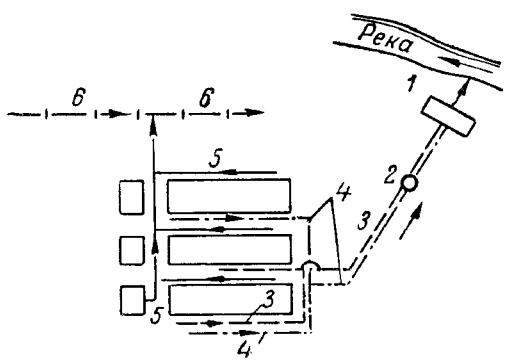


Рис. 60. Схема канализации завода искусственного волокна:

1 — очистные сооружения; *2* — станция перекачки; *3* — сеть кислых сточных вод; *4* — сеть щелочных сточных вод; *5* — хозяйственно-бытовая канализация; *6* — городской коллектор

Министерством коммунального хозяйства РСФСР разработаны правила приема некоторых производственных сточных вод второй группы предприятий в городские канализации (см. главу XIV); этими правилами и следует руководствоваться при решении вопросов совместного канализования предприятий и городов.

На рис. 58 дана схема канализации льнозавода с сухой переработкой волокна. Бытовые сточные воды сетью канализации *1* отводятся на очистные сооружения *2*, условно чистые воды локомобильной самостоятельной сетью *3* отводятся выпуском *4* в водоем.

На рис. 59 изображена схема канализации кожевенного завода с обработкой сточных вод отмоки, золения и дубления на местных очистных сооружениях *1*, с выпуском остальных сточных вод — производственных *2* и бытовых *3* — в городской коллектор *4*.

На рис. 60 приведена схема канализации завода искусственного волокна, имеющего кислые и щелочные производственные воды. Первые отводятся к станции перекачки *1* сетью *3*, щелочные — сетью *4*. Затем сточные воды поступают на очистные сооружения *1*. Бытовые сточные воды сетью труб *5* отводятся в городской коллектор *6*.

Глава VIII

КАНАЛИЗАЦИОННАЯ СЕТЬ И СООРУЖЕНИЯ НА НЕЙ

1. НОРМЫ И РЕЖИМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Количество сточных вод и режим их спуска разнообразны и зависят от ряда причин. Для бытовых вод нормы водоотведения рекомендуется принимать равными нормам водопотребления (см. табл. 2), за исключением тех случаев, когда разница между этими нормами оказывается значительной. Это бывает в южных районах, где увеличиваются расходы воды на поливку, орошение, фонтаны и пр. В нормах водоотведения учитываются стоки от жилых и бытовых помещений, оборудованных санитарными приборами (раковинами, умывальниками, унитазами, душами, ваннами), а также от общественных и коммунальных учреждений. В некоторых случаях расходы сточных вод от бань, прачечных, больниц приходится учитывать отдельно, если эти объекты водоотведения расположены вне поселка или населенного места.

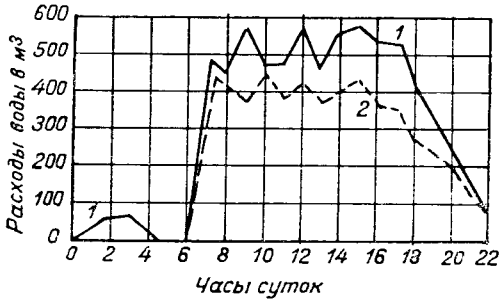


Рис. 61. Режим спуска сточных вод отбельно-красильной хлопчатобумажной фабрики:
1 — отбельный отдел: коэффициент часовой неравномерности—1,35; *2* — красильный отдел: коэффициент часовой неравномерности — 1,4

В подобных случаях количество сточных вод определяют путем умножения нормы дневной пропускной способности объекта на единичную норму водоотведения.

Нормы производственного водоотведения для промышленных предприятий принимают обычно одинаковыми с нормами водопотребления (см. главу II).

Режимы отведения бытовых сточных вод и коэффициенты неравномерности практически совпадают с режимами и коэффициентами неравномерности водопотребления.

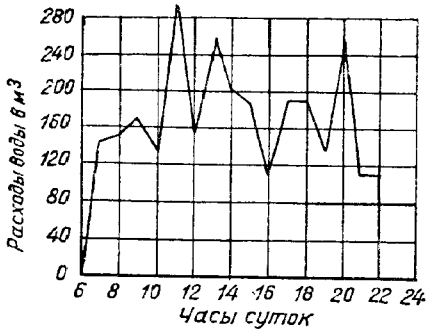


Рис. 62. Режим спуска сточных вод камвольной фабрики: коэффициент часовой неравномерности 1,6

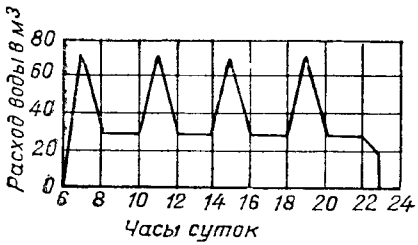


Рис. 63. Режим спуска сточных вод кокономотальной фабрики: коэффициент часовой неравномерности 2,07

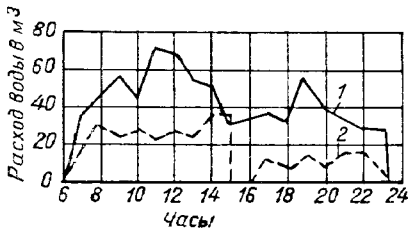


Рис. 64. Режим спуска сточных вод шелкоотделочной фабрики:

1 — красильный отдел; коэффициент часовой неравномерности — 1,56; *2* — варочный отдел: коэффициент часовой неравномерности — 1,4

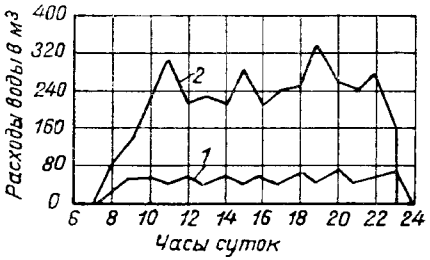


Рис. 65. Режим спуска сточных вод льнокомбината:

2 — условно-чистые воды: коэффициент часовой неравномерности 1,4; *1* — грязные воды: часовой коэффициент неравномерности 1,35

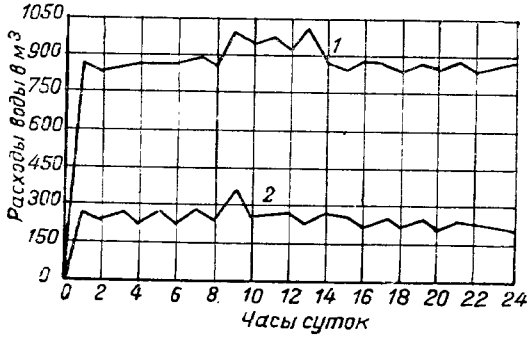


Рис. 66. Режим спуска сточных вод завода искусственного волокна:

1 — кислые сточные воды: коэффициент часовой неравномерности 1,15; *2* — щелочные сточные воды: коэффициент часовой неравномерности 1,23

Режимы спуска производственных сточных вод разнообразны и зависят от технологии. В одних случаях при обработке товара в проходных аппаратах (мойных, красильных) режимы водоотведения и водопотребления могут совпадать, в других случаях они не совпадают.

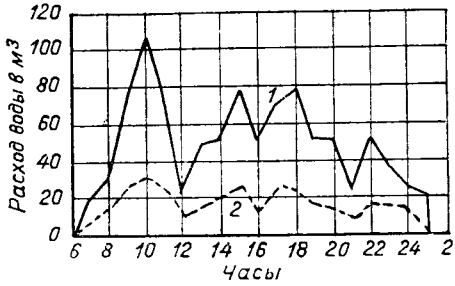


Рис. 67. Режим спуска сточных вод кожевенного завода:

1 — общий сток: коэффициент часовой неравномерности 1,98; *2*—сток операций золения и дубления: коэффициент часовой неравномерности 2,05

Ниже показаны режимы спуска производственных сточных вод фабрик: отбельно-красильной хлопчатобумажной (рис. 61); камвольной (рис. 62); кокономотальной и шелкоотделочной (рис. 63 и 64).

Режим спуска сточных вод условно чистых *1* и грязных *2* льняного комбината изображен на рис. 65, а режим спуска сточных кислых *1* и щелочных *2* вод завода искусственного волокна — на рис. 66.

Режим спуска сточных вод кожевенного завода — общего стока *1* и стока золения и дубления *2* показан на рис. 67.

Часовые коэффициенты неравномерности спуска производственных сточных вод различных предприятий приведены ниже:

Хлопчатобумажные отбельно-красильные фабрики	1,35—2,6
Трикотажные	2,2—2,6
Камвольно-суконные	1,5—2,7
Кокономотальные	2—2,1
Шелкоотделочные	1,5—2
Фабрики первичной обработки шерсти	1,75—2,35
Льнокомбинаты	1,2—1,7
Заводы искусственного волокна	1,1—1,6
Кожевенные заводы:	
Краснодубное производство	1,85
Хромовое »	1,9
Смешанное »	2,2
Меховые фабрики	1,7—1,85
Регенератно-резиновые заводы	1,15—1,16
Заводы искусственной подошвы	1,1—2,9

2. СЕТЬ ТРУБ

Трубы, коллекторы и каналы самотечной канализации рассчитывают на пропуск максимальных расчетных расходов сточных вод, определяемых по формулам, приведенным в главе II.

Гидравлический расчет канализационной сети производят по следующим основным формулам равномерного движения жидкости:

по формуле расхода $q = \omega \cdot v$,

» формуле скорости $v = C\sqrt{R \cdot i}$,

где q — расход в $м^3/сек$;

ω — площадь живого сечения в $м^2$;

v — скорость течения воды в $м/сек$;

$R = \frac{\omega}{p}$ — гидравлический радиус — отношение площади живого сечения к смоченному периметру;

i — гидравлический уклон;

C — коэффициент, учитывающий шероховатость стенок труб, размеры и форму живого сечения.

При подстановке в формулу скорости значения коэффициента C, определенного по формуле Н. Н. Павловского, имеем:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{0,67} \cdot i^{0,5},$$

где n — коэффициент шероховатости, равный 0,013.

Подставляя значение C в формулу расхода, имеем:

$$q = \frac{1}{n} \cdot w \cdot R^{0,67} \cdot i^{0,5}.$$

В практике проектирования расчеты канализационной сети делают по таблицам А. А. Лукиных и Н. А. Лукиных.

При проектировании канализационной сети расчетные расходы сточных вод распределяют по участкам сети, протрассированной на плане канализуемого объекта, затем выявляют диаметры и уклоны труб и составляют профили по участкам сети и коллекторам (рис. 68).

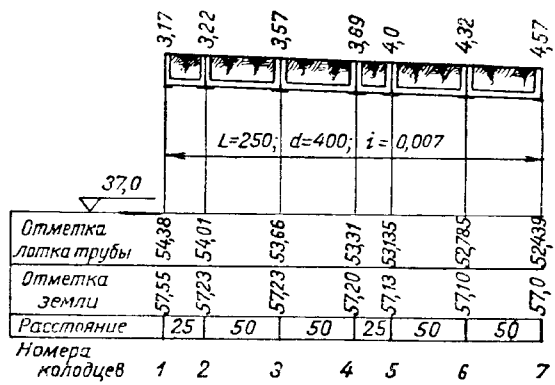


Рис. 68. Профиль канализации

Трубы самотечной канализации работают с неполным наполнением (наполнением называется отношение высоты протекающего слоя воды к диаметру трубы), что необходимо для вентиляции сети от газов, выделяющихся из сточных вод, и для некоторого запаса пропускной способности труб Диаметры и уклоны труб должны обеспечить минимальные самоочищающие скорости, при которых не выпадает осадок из сточных вод, например: 0,7 $м/сек$ — для труб диаметром до 500 $мм$ и 0,8 $м/сек$ — для труб большего диаметра. Наибольшие скорости допускаются: в керамических трубах 5 $м/сек$, в бетонных, железобетонных и асбестоцементных трубах и кирпичных каналах — 3 $м/сек$, а в открытых лотках, в зависимости от типа крепления стенок и глубины потока, — до 6 $м/сек$. При невозможности создания в трубах сети самоочищающей скорости предусматриваются устройства для промывки сети.

Наименьшие допускаемые уклоны труб, соответствующие самоочищающим скоростям, приведены ниже.

Диаметры труб в *мм* .	150	200	250	300	350	400	500	600	700	1000
Наименьший уклон . .	0,007	0,005	0,005	0,0033	0,0028	0,0025	0,002	0,0016	0,0014	0,001

Минимальный диаметр труб, во избежание засорения, принимается для внутриплощадочной, внутриквартальной и поселковой сети в 150 *мм*, а для дворовой сети поселков — в 125 *мм*.

Трубы канализации соединяются шелыга в шелыгу, т. е. по верхним образующим труб, или по расчетному уровню воды в трубах. Наименьшая глубина заложения от поверхности земли до верха трубы — без утепления — допускается: для труб диаметром до 600 *мм* — на 0,3 *м* выше глубины промерзания, но не менее 1 *м*, а для труб диаметром от 600 и выше — на 0,5 *м* выше глубины промерзания, но не менее 1 *м*.

Вентиляция канализационной сети для удаления из нее образующихся газов осуществляется через стояки внутренней канализации зданий. Производственная канализация сточных вод, выделяющих опасные газы, способные вызывать взрывы или распространение огня, должна иметь колодцы с водяным затвором в местах присоединения выпусков; такие же колодцы устраивают на сети с расстоянием 250—300 *м* один от другого.

В скальных и водоносных грунтах трубы самотечной канализации укладывают в траншеях по искусственному основанию — песочному, щебеночному, гравийному, бетонному или свайному (см. НиТУ 12—49) [1].

В строительстве канализаций применяют керамические, бетонные, железобетонные, асбестоцементные и металлические (стальные и чугунные) трубы.

Керамические трубы изготовляют из огнеупорной глины с примесью шамота и кварцевого песка, внутри и снаружи трубы покрывают глазурью, обеспечивающей водонепроницаемость и предохраняющей от действия кислот. По ГОСТ 286—41 керамические трубы выполняют круглого сечения, раструбными, диаметром от 125 до 600 *мм*, длиной от 0,8 до 1 *м*. Соединяют трубы заделкой раструбов стыков пластичной жирной глиной, асфальтовой мастикой или цементом по уплотненной, просмоленной пеньковой пряди (рис. 69). Керамические трубы изготовляют также и специальные кислотоупорные (для транспортирования крепких кислот), раструбные и с гладким концом диаметром от 50 до 500 *мм*, длиною от 0,3 до 1 *м*.

Бетонные и железобетонные трубы, изготовляемые на месте, могут быть любых диаметров, с раструбами, фальцами или гладкими

[1] Нормы и технические условия проектирования наружной канализации промышленных предприятий и поселков при них, Стройиздат, 1949.

концами, круглые или овальные. Железобетонные напорные трубы выпускают диаметрами от 300 до 1500 *мм* и длиною 5—4 *м*.

Асбестоцементные безнапорные трубы изготовляют диаметрами от 50 до 600 *мм*, длиною 2,5—4 *м* и соединяют асбестоцементными муфтами.

Канализационные коллекторы диаметром более 600 *мм* устраивают и из кирпича, бетона или бутового камня. В производстве работ экономичны сборные коллекторы, состоящие из массивного основания с лотком, перекрываемым железобетонными полусводами.

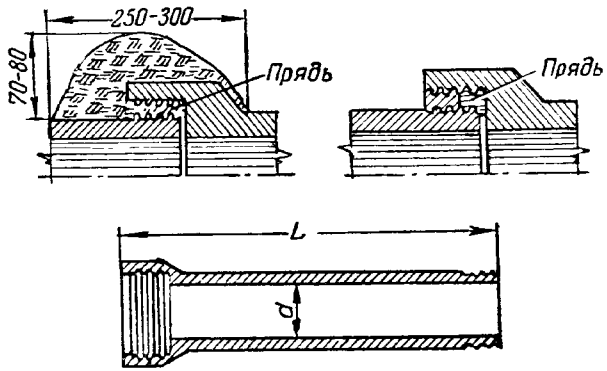


Рис. 69. Керамическая труба и соединения канализационных труб

Широко применяют в строительстве канализаций керамические трубы, достаточно устойчивые против агрессивного воздействия сточных и грунтовых вод, и трубы асбестоцементные, а также бетонные и железобетонные.

Для устройства канализаций щелочных вод (pH выше 10) применяют чугунные трубы, кирпичные каналы или трубы из специальных сортов стали. Кислые сточные воды (pH 5—6) отводят обычными керамическими или асбестоцементными трубами, а при реакции pH меньше 5 — керамическими кислотоупорными трубами или кирпичными каналами на растворе из кислотоупорного цемента.

Защита бетонных и железобетонных труб от агрессивного действия грунтовых и сточных вод обеспечивается применением специальных цементов (портландцемент с добавкой трепела, трасс, сиштоффа) [1], не подвергающихся коррозии; водонепроницаемость труб достигается уплотнением бетона вибрированием, вакуумированием и центрифугированием, а также устройством внутренних и внешних изоляционных покрытий — жестких или из битума.

Канализационные колодцы. На сети труб устраивают смотровые колодцы, необходимые для наблюдения за сетью и для ее прочистки. Колодцы размещают в местах: поворота трассы, присоединения боковых линий и выпусков, изменения глубины заложе-

[1] Отход, получаемый при извлечении глинозема из глин, богатых кремнеземом.

ния, уклонов или диаметра труб. На прямых участках сети колодцы располагают на расстоянии до 35 *м* при диаметре труб 125 *мм*, до 50 *мм* — при диаметре 150—600 *мм*, до 75 *м* — при диаметре 700—1400 *мм*, и до 125 *м* — при диаметре труб более 1400 *мм* (рис. 70).

Колодцы устраивают из бетона, кирпича, а также из бетонных и железобетонных колец. При диаметре труб канализации до 500 *мм* колодцы делают круглыми в плане, внутренним диаметром нижней

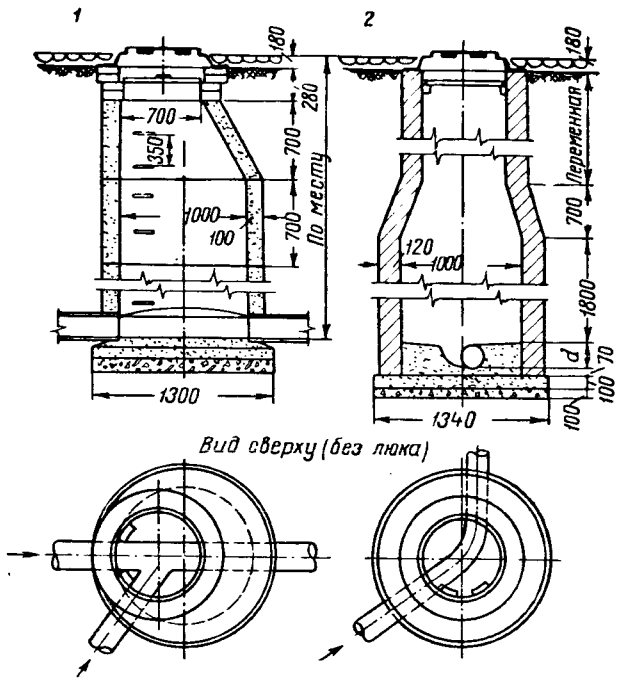


Рис. 70. Канализационные колодцы на трубах диаметром до 600 *мм*:
1 — из бетонных колец; *2* — кирпичный

части 1 *м* и горловины — 0,7 *м*. На каналах диаметром более 500 *мм* колодцы должны быть прямоугольными, длиной 1 *м* и шириной, равной диаметру канала плюс ширина двух берм по 0,25 *м*.

Перепады канализационной сети по глубине выполняют при диаметре труб 150—350 *мм* в виде стояка из чугунных труб диаметром 150—250 *мм*, размещаемого вне колодца. При диаметре труб 400 *мм* и выше и высоте перепада до 2 *м* перепад осуществляется быстротоком внутри колодца.

Дюкеры, эстакады и переходы. В тех случаях, когда трасса канализации пересекает реку или овраг, устраивают дюкер. Трубы укладывают в дне реки, обычно в две линии, на глубине не менее 0,5 *м* от дна до верха трубы.

Дюкеры выполняют из металлических труб, работающих полным сечением, с расчетной скоростью 1,2—1,5 *м*, под напором, кото-

рый создается превышением отметки входа над отметкой выхода воды. В начале дюкера имеется входная верхняя камера, в которой сточные воды переходят по лоткам из самотечного коллектора в трубы дюкера, а в конце дюкера — выходная нижняя камера, в которой напорный режим движения жидкости переходит в самотечный. Устройство дюкеров на судоходных реках в каждом случае согласуют с управлением речного судоходства.

Расчет дюкера сводится к выявлению диаметра труб по расчетному расходу и заданной скорости, а также потерь напора, определяющих превышение отметки входной камеры над выходной. Наименьший диаметр труб дюкера принимается в 150 *мм*.

Переход труб через овраги и малые реки выполняется также по эстакадам. В этих случаях диаметр труб и скорость в них принимаются такими же, как и в подводящем коллекторе. При длинных эстакадах предусматриваются устройства для прочистки труб.

Переходы канализации под железнодорожными путями Министерства путей сообщения СССР и автомагистралями I и II класса, где не допускается перерыв в движении, устраивают при неагрессивных сточных водах из металлических труб диаметром до 400 *мм*, с укладкой их в металлических или железобетонных кожухах; из металлических труб диаметром свыше 400 *мм*, также из керамических и других труб всех диаметров, с укладкой их в проходных тоннелях высотой не менее 1,6 *м*. При агрессивных сточных водах переходы канализации устраивают из кислотоупорных труб, укладываемых в две линии в проходном тоннеле высотой не менее 1,6 *м*. Устройство переходов согласуется с Управлением железной дороги.

К переходам под путями местного значения допускается укладка металлических или железобетонных труб непосредственно в грунтах без кожуха.

3. СТАНЦИИ ПЕРЕКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД

Для перекачки сточных вод на очистные сооружения или в выше расположенные коллекторы устраивают станции перекачки. Иногда их устраивают и в целях уменьшения глубины заложения коллектора, особенно при наличии по трассе канализации водоносных грунтов или плывунов, где укладка труб на большой глубине является трудной и дорогой.

Сточные воды перекачиваются канализационными насосами, которые отличаются от применяемых для перекачки чистой воды упрощенной конструкцией рабочего колеса. Станции перекачки состоят из приемного резервуара и машинного помещения, где устанавливаются насосы. Оба помещения при расположении их в одном здании отделяют глухой водонепроницаемой стеной (рис. 71) и оборудуют вентиляцией.

Станции устраивают в наиболее пониженных частях канализуемой территории на расстоянии не менее 50 *м* от жилых, общественных и других зданий. Насосы перекачки производственных сточных

вод, не выделяющих вредных газов и паров, можно устанавливать и в производственных зданиях.

Расчет оборудования производится по данным о количестве сточных вод, режиму их спуска, по часам суток и высоте подъема жидкости (геометрической разницы отметок места подачи и дна приемного резервуара, с учетом потерь напора во всасывающих и напорных трубах, в фасонных частях и арматуре). Емкость приемного резервуара определяют по совмещенному графику притока сточных вод из сети труб и их откачки насосом выбранной производительности.

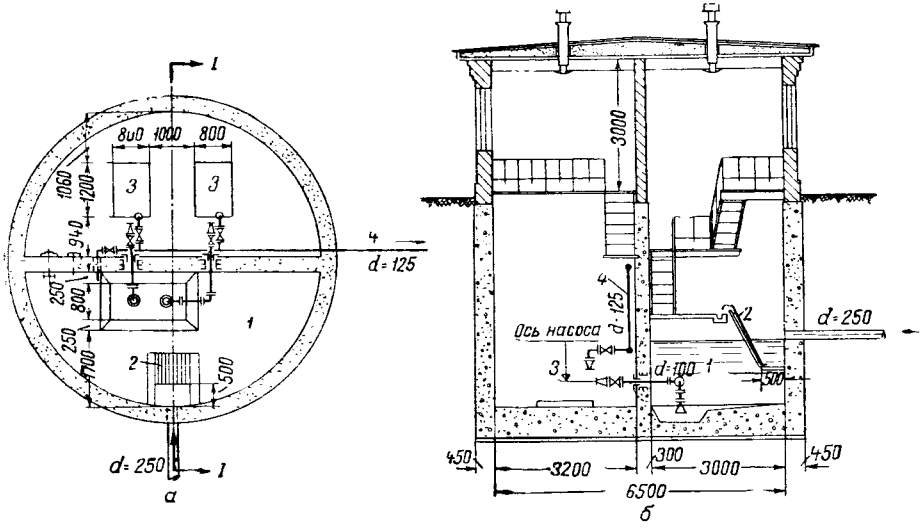


Рис. 71. Насосная станция перекачки:

а — план; *б* — разрез *I—I*; *1* — сборный резервуар; *2* — решетка; *3* — насосы; *4* — напорный водовод

Приток сточных вод в приемный резервуар бывает непостоянным по времени, а откачка насосом — постоянной. Поэтому в часы малого поступления сточных вод насосы приходится выключать, накапливая, таким образом, запас воды в резервуаре. Для предотвращения застоя воды и выделения из нее осадка устраивают приспособления для периодического или постоянного взмучивания осадка (ответвление от напорной линии насоса, выведенное в резервуар).

Путем автоматического запуска насосов (от поплавка в приемном резервуаре, реле времени и т. д.), с числом включения не более шести раз в час, снижается емкость резервуара и упрощается обслуживание установки.

В приемном резервуаре станции ставится решетка с приспособлением для подъема наверх извлеченных крупных загрязнений. Насосы устанавливают со 100—50%-ным резервом и самостоятельными всасывающими трубами.

Для учета количества сточных вод монтируют дифференциальные манометры при насосах и водомер (один на насосную станцию).

Устройство аварийного выпуска сточных вод у насосной станции обычно не допускается. Исключения могут быть лишь в отдельных случаях после разрешения органов санитарного надзора. Поэтому в ответственных случаях необходимо предусматривать дублированную подачу электроэнергии к моторам насосов.

Напорные водоводы от насосных станций укладывают из асбестоцементных или металлических труб. Диаметр водовода подбирается по скорости движения жидкости: при одном рабочем насосе не менее 0,9 *м/сек*, а при большем их количестве (при временной работе одного насоса) — 0,7 *м/сек*. При давлении больше 2 *ат* у насоса ставится обратный клапан.

Часть водовода вблизи станции укладывается с уклоном к ней, чтобы можно было опорожнить водовод в приемный резервуар при аварии или ремонте водовода. По трассе водовода в пониженных местах устраивают выпуски с задвижками в колодцах (с проверкой возможности аварийного сброса сточных вод в овраг, лог), а в возвышенных переломных точках профиля водовода устанавливают вантузы для выпуска воздуха.

Для перекачки малых количеств сточных вод отдельных зданий, подвальных помещений применяют пневматические эжекторы (типа принятого на станциях метрополитена). Эжектор представляет собой металлический резервуар (диаметром 0,7 *м*, полной высотой 1 *м*), в который стекают сточные воды. После наполнения резервуара до заданного уровня происходит автоматическая подача в него сжатого воздуха из ресивера (входящего в комплект установки, как и компрессор малой производительности), с выдавливанием сточных вод в вышерасположенную сеть канализации.

4. ВОДОСТОКИ

Для удаления с территории промышленных предприятий и городов атмосферных вод — дождевых и талых снеговых — устраивают системы открытых или закрытых водостоков.

Водостоки открытого типа выполняют в виде канав или лотков. Закрытые водостоки имеют подземную сеть труб или каналов с колодцами — дождеприемниками. Для отвода атмосферных вод с крыш больших по площади зданий (шедовые корпуса и др.) устраивают внутренние водостоки. Вода поступает в специальные воронки в пониженных местах крыши и по стоякам из труб, располагаемых у колонн, отводится в сеть подпольных труб или каналов, а из них по выпускам — в сеть наружного водостока промплощадки.

Системы водостоков рассчитывают по данным многолетних наблюдений о силе и продолжительности дождя. Дожди характеризуются интенсивностью выпадения или же интенсивностью по объему. Последняя величина представляет собой количество воды (в *л*), которое выпадает на площади в 1 *га* в течение 1 сек. Наиболее сильные дожди в каждой местности повторяются редко — один раз в десятки лет. Поэтому системы водостоков рассчитывают не на самый сильный возможный дождь, а на дождь расчетный с условием

возможности переполнения водостоков не чаще чем один раз за установленный период времени — 1 год, 3—4—5 и более лет.

При расчете водосточной сети учитывают климатические условия каждой местности и коэффициент стока, зависящие от рода поверхности, по которой стекает дождевая вода (зеленые насаждения, асфальтированные проезды, крыши и т. д.). Сети труб закрытых водостоков устраивают аналогично принятым для систем канализации[1]. При наличии на производстве условно чистых вод последние отводятся в сеть внутреннего водостока.

5. УСТРОЙСТВО КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Сейсмические районы. Проектирование и устройство канализации в районах, подверженных землетрясениям, регулируется Положением по строительству в сейсмических районах (ПСП 101—51).

Согласно Положению при выборе схемы канализации следует отдавать предпочтение децентрализованному размещению канализационных сооружений.

В районах сейсмичностью 9 баллов в сетях канализации желательно устраивать перепускные линии для спуска сточных вод из поврежденного участка сети в соседний.

Коллекторы и насосные станции, а также и очистные сооружения рекомендуется обеспечивать аварийными выпусками в соответствии с указаниями органов санитарного надзора. При недопустимости сброса сточных вод в водоемы без очистки необходимо предусматривать простейшие устройства для обезвреживания сточных вод при их аварийном выпуске.

Железобетонные трубы и коллекторы должны иметь усиленную продольную арматуру. При сейсмичности 9 баллов не разрешается применение бетонных неармированных труб и кирпичных коллекторов. Соединения труб должны выполняться эластичными — на асфальтовой мастике с наименьшей глубиной заложения до низа труб в *м* (табл. 11).

Таблица 11

Наименьшая глубина заложения сети канализации в *м*

Диаметр труб в *мм*	Сейсмичность	
	9 баллов	8 баллов
200 и менее	не нормируется	
250—300	1,5	1,2
400—600	1,8	1,5
700 и более	2,2	2

[1] Г. Л. Зак, Водостоки, Издательство Министерства коммунального хозяйства, РСФСР, 1951.

Районы с макропористыми грунтами. Основную опасность для сооружений в условиях макропористых грунтов представляет замачивание оснований, что может вызвать осадку сооружений с разрушительными последствиями. Поэтому при проектировании канализаций в условиях макропористых грунтов II и выше категорий просадочности необходимо обеспечивать водонепроницаемость трубопроводов и сооружений.

При трассировке канализационной сети трубы диаметром до 300 *мм* назначают к укладке в расстоянии не менее 10 *м* от зданий, а трубы большего диаметра — до 20 *м*.

Для устройства канализационной сети следует применять исключительно высококачественные трубы (керамические, бетонные, железобетонные, асбестоцементные или металлические). Керамические трубы соединяют на асфальтовом стыке, и соединения бетонных и железобетонных труб должны быть раструбными или муфтовыми; фальцевые соединения не допускаются.

Для обеспечения устойчивости трубопроводов и быстрого обнаружения утечки в случае проникания воды в грунт трубы диаметром от 400 *мм* и выше в грунтах III и IV категории просадочности укладывают на слой щебеночного основания толщиной 100—150 *мм*. Щебеночную подготовку, являющуюся дренажем, укладывают по всей ширине траншеи, а у смотровых колодцев делают расширение на 0,5—0,75 диаметра трубы в обе стороны. Дренажный слой укладывают на уплотненный грунт дна траншеи.

Из дренажа через 200—250 *м* по длине трассы трубопровода устраивают выпуски дренажной сети в контрольные колодцы, располагаемые в 10—15 *м* от трубопровода.

Колодцы на канализационной сети необходимо выполнять водонепроницаемыми.

Глава IX

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. СОСТАВ И СВОЙСТВА СТОЧНЫХ ВОД

Загрязнения сточных вод бывают нерастворимые, растворимые, коллоидальные и бактериальные. По составу их подразделяют на минеральные или неорганические и органические — растительного и животного происхождения.

Нерастворимые вещества сточных вод находятся во взвешенном состоянии в виде грубой или тонкой дисперсии и способны выпадать в осадок в условиях медленного движения жидкости. Коллоидальные загрязнения несут разноименные электрические заряды, препятствующие сближению и укрупнению частиц. Для выпадения коллоидов в осадок требуется уничтожение электрических зарядов, достигаемое коагуляцией.

Осадок, выпадающий из сточных вод, имеет влажность 95—98%; по мере его уплотнения влажность уменьшается с уменьшением объема:

$$V_2 = V_1 \frac{100 - p_1}{100 - p_2},$$

где V_1 — объем осадка в *л* или $м^3$ влажностью p_1 %,
V_2 — объем осадка в *л* или $м^3$ влажностью p_2 %.

Пример. Осадок сточных вод влажностью 97,5% имел объем 20 $м^3$. Определить его объем при влажности 95%:

$$V_2 = 20 \frac{100 - 97{,}5}{100 - 95} = 10 \ м^3.$$

Количество осадка, выпавшего за 2 часа отстаивания, определяют в % от объема воды. При прокаливании подсушенного осадка органическая его часть сгорает, а неорганическая остается в виде золы. Отношение веса золы к весу подсушенного осадка является его зольностью, выражаемой в %. Зольность осадка показывает соотношение минеральной и органической составных частей.

Содержание в сточных водах растворенных неорганических и органических веществ определяется плотным остатком в *мг/л*, полученным выпариванием пробы (образца) профильтрованной воды и подсушенного при 105°. Отношение веса золы прокаленного остатка к весу подсушенного характеризует загрязнение сточных вод растворимыми веществами неорганического происхождения.

Сточные воды, содержащие органические вещества, являются благоприятной средой для массового развития бактерий. В бытовых сточных водах количество бактерий в 1 *мл* воды исчисляется миллионами. Бактериальное загрязнение производственных сточных вод бывает наибольшим в стоках предприятий, обрабатывающих сырье животного или растительного происхождения. Сточные воды производств химической обработки волокна и ткани не имеют бактериальных загрязнений.

Большинство бактерий сточных вод — организмы сапрофитные, развивающиеся на мертвом органическом веществе. Вместе с тем здесь могут быть и паразитарные бактерии, вызывающие заразные заболевания (брюшной тиф, холеру, бруцеллез и пр.). В сточных водах предприятий кожевенной и меховой промышленности, а также первичной обработки шерсти возможно присутствие спор сибирской язвы.

Органические загрязнения сточных вод в природных или искусственно созданных условиях при воздействии бактерий подвергаются распаду — минерализации. При достаточном количестве кислорода минерализация органического вещества обусловливается жизнедеятельностью аэробных бактерий, окисляющих вещества, содержащие углерод, азот, серу и фосфор, в минеральные соли и углекислоту. При отсутствии или недостатке кислорода в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий происходит гниение органического вещества с выделением недоокисленных продуктов его распада — газов: метана, аммиака и сероводорода.

Степень загрязненности сточных вод органическими веществами, способными легко разлагаться аэробными бактериями, определяется величиной биохимической потребности в кислороде (БПК), потребляемом бактериями на распад органического вещества. Биохимическая потребность в кислороде определяется для отстоенной воды при температуре 20° в *мг/л* кислорода — полная за 20 суток ($БПК_{20}$) или неполная — за 5 суток ($БПК_5$).

Аэробные процессы окисления органического вещества происходят в две стадии. На первой окисляются вещества, содержащие в основном углерод, а также и азот. На второй стадии процесса происходит, при участии специальных групп бактерий, дальнейшее окисление азотсодержащих веществ — нитрификация, с образованием нитритов — солей азотистой кислоты, а затем нитратов — солей азотной кислоты. Появление в сточных водах нитритов и нитратов показывает завершение первой стадии окисления органики.

Отношение $БПК_5$ сточных вод к величине их окисляемости (см. главу I) показывает наличие или дефицит органических веществ, легко разлагаемых аэробными бактериями. Величина указанного отношения, равная двум или бо́льшая, определяет благоприятные возможности биохимического окисления органики сточных вод. Отношение $БПК_5$ к окисляемости меньшее двух показывает наличие специфических загрязнений, задерживающих развитие бактерий — минерализаторов органического вещества.

Величина $БПК_{20}$ не определяет полного количества органических веществ в сточных водах, а показывает только расход кислорода на окисление некоторой их части. Советским ученым проф. Н. А. Базякиной предложено определять количество кислорода, необходимого для окисления всех органических веществ сточных вод до углекислоты и воды, с одной стороны, и количество кислорода, затраченного на биохимическое окисление ($БПК_{20}$), с другой стороны. Это количество кислорода, являющееся величиной истинной окисляемости сточных вод, названо химической потребностью в кислороде (ХПК) и выражается в *мг/л*. Величина ХПК сточных вод всегда больше величины $БПК_{20}$, причем разница в потреблении кислорода между ХПК и $БПК_{20}$ является показателем количества кислорода, расходуемого на синтез органического вещества (образование живой массы) бактериями.

Большое влияние на развитие бактерий оказывает температура сточных вод. Оптимальная температура колеблется в пределах 20—30°; при ее понижении ниже 6° происходит резкий спад жизнедеятельности бактерий.

Реакция сточных вод выражается концентрацией водородных ионов (pH), а также титрирными щелочностью или кислотностью. Титрирная щелочность показывает количество миллилитров нормального раствора[1] кислоты, необходимого для разложения бикар-

---

[1] Нормальный раствор содержит грамм-эквивалент вещества в 1 *л* воды, что соответствует молекулярному весу вещества в *г/л* по отношению к 1 *г* водорода.

бонатов сточных вод, а титрирная кислотность — количество *мл* нормального раствора щелочи на нейтрализацию кислоты сточных вод.

Величина реакции сточных вод оказывает большое влияние на условия осаждения примесей в осадок, а также на биохимические процессы. Для развития бактерий оптимальное значение реакции — pH7—8, хотя жизнедеятельность бактерий происходит при значениях pH до 6 и до 9.

Количество загрязнений, отнесенное к объему сточных вод, является их концентрацией, выражаемой в *мг/л* или *г/м*^{3}. Концентрацию загрязнений сточных вод можно рассматривать по взвешенным веществам, БПК, азоту, ядовитым примесям и пр.

В тех случаях, когда надо определить концентрацию смеси сточных вод, пользуются следующей приближенной формулой:

$$K_{см} = \frac{K_{пр} \cdot Q_{пр} + K_б \cdot Q_б}{Q_{пр} + Q_б},$$

где $K_{пр}$ и $K_б$ — концентрации соответствующих загрязнений производственных и бытовых сточных вод;

$Q_{пр}$ и $Q_б$ — количества производственных и бытовых вод.

Состав бытовых сточных вод более или менее однороден. Их загрязнения по составу и количеству почти не зависят от бытовых условий населения и климата.

Можно считать, что на одного человека, обслуживаемого канализацией, приходится следующее среднее количество загрязнений, поступающих в сточные воды: взвешенных веществ 40 *г*, азота аммонийного 7—8 *г*, калия 3 *г* и фосфатов 1,7 *г*.

Биохимическая потребность сточных вод в кислороде ($БПК_{20}$) в пересчете на одного человека составляет 40 *г* сутки.

Концентрацию загрязнений бытовых вод, в зависимости от нормы водоотведения, можно определять по формуле:

$$K = \frac{a \cdot 1000}{q} \text{ мг/л},$$

где a — величина концентрации загрязнений в *г*;

q — норма водоотведения в *л*.

Производственные сточные воды чрезвычайно разнообразны по своему составу, зависящему от характера производства, вида сырья, технологических процессов и норм водоотведения (табл. 12).

Загрязнения сточных вод предприятий, обрабатывающих растительное и животное сырье (первичная обработка лубяных культур с мочкой соломы, кокономотальные фабрики), состоят из веществ органического происхождения и минеральных примесей сырья.

Применение в технологических процессах производства (текстильные отделочные фабрики, кожевенные заводы, меховые фабрики и пр.) химических вспомогательных материалов придает сточным водам своеобразные кислые, щелочные, красильные, а иногда и ядовитые свойства.

Сточные воды предприятий, использующих воду для охлаждения аппаратуры (заводы подошвенной резины, регенератно-резино-

Таблица 12

Основные свойства сточных вод (средние значения)

Производство	Взвешенные вещества в *мг/л*	Плотный остаток в *мг/л*	Окисляемость в *мг/л*	$БПК_5$ в *мг л*	Азот аммонийный в *мг/л*	pH
Льнозаводы (мочка льна)	600	3000	600	1500	40	4—6
Отбельные фабрики	120	1200	330	660	30	8—9
Красильные „	275	3000	600	300	6—20	8—9,5
Заводы искусственного волокна	200	1300	600	700	до 30	2—4
Кожевенные заводы	800—10000	3000—7000	300—4000	1000—3000	50—300	7—9,5
Первичная обработка шерсти	7000	10000	до 4000	до 10000	до 100	10

вые, сажевые), отличаются малой загрязненностью или являются условно чистыми. Незначительное количество сточных вод может быть сильно загрязнено сосновым маслом, фенолами.

Сточные воды производственных процессов, проводимых с применением химических вспомогательных материалов, имеют повышенную минерализацию (красильные воды до 6000 *мг/л*). Насыщенность сточных вод взвешенными веществами — наименьшая в отбельных и красильных водах (100—300 *мг/л*) — поднимается в стоках промывки шерсти и кожевенных заводов до 7000—10 000 *мг/л*.

Биохимическая потребность в кислороде производственных сточных вод колеблется в широких пределах: от 10—35 *мг/л* условно чистых вод белого ряда отбельных агрегатов хлопчатобумажных фабрик до 20 000 *мг/л* в стоках дубильных операций кожзаводов.

Характерным свойством сточных вод сернистого крашения является их пониженное отношение БПК к окисляемости, свидетельствующее о преобладании химического окисления над биохимическим.

К ядовитым примесям производственных сточных вод относятся соли тяжелых металлов (в основном меди и хрома), сероуглерод и некоторые красители, содержащие сульфиды, анилин, цианиды.

Присутствие солей тяжелых металлов свойственно сточным водам хлопчатобумажных красильных фабрик при обработке тканей сернокислой или уксуснокислой медью, закрепителем ДЦМ или хромпиком. Соли хрома являются постоянным компонентом загрязнения красильных вод камвольно-суконных фабрик и дубильных вод кожевенных заводов, а в стоках заводов медно-аммиачного волокна всегда находится сернокислая медь.

Концентрации ядовитых примесей разнообразны: от долей *мг/л* до 100—200 *мг/л*; их определяют по данным технологии о количествах хромпика, сернокислой меди, отходящих в тот или иной объем сточных вод.

В отдельных технологических процессах того или иного производства образуются сточные воды различного состава и концентрации загрязнений: грязные и малозагрязненные, условно чистые, кислые, щелочные, горячие.

Несовпадение спусков в канализацию сточных вод разного состава создает большие неравномерности в химизме и температуре общего стока предприятий. На рис. 72 дан график колебания реакции *1* и температуры *2* сточных вод хлопчатобумажной отбельно-красильной фабрики.

Специфическими загрязнениями сточных вод текстильных отделочных фабрик являются синтетические поверхностно-активные вещества ОП7 и 10. Их применяют на отбельно-красильных хлопчатобумажных, льняных и шелковых фабриках при варках, отбелках, подготовке ткани к крашению и как смачиватели при промывке окрашенного товара, а также на шерстяных фабриках — при валке, промывке и для упрочения окраски.

Препараты ОП, производные полиэтиленгликолевых эфиров, содержат в своей молекуле гидрофобный алкильный и гидрофильный полиэтиленгликолевый остатки и обладают интенсивной пено-

образующей способностью, что является их существенным недостатком.

При канализовании сточных вод, содержащих препарат ОП, и их биологической очистке (окислении органических веществ сточных вод аэробными бактериями) могут быть нарушения работы сооружений вследствие образования пены при разбрызгивании и аэрации жидкости, а также вредного влияния препаратов на жизнедеятельность бактерий.

Подобное же вредное, но менее интенсивное влияние на очистку сточных вод оказывают препараты некаль и сульфанол.

Концентрации поверхностно-активных веществ колеблются в стоках отдельных технологических операций от 10 до 100 *мг/л*, снижаясь в общем стоке предприятий до 1—15 *мг/л*.

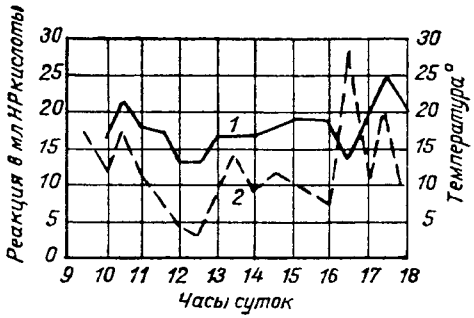


Рис. 72. Колебания реакции и температуры сточных вод хлопчатобумажной красильной фабрики:
1 — график колебания реакции; *2*—температура сточных вод

Влияние поверхностно-активных веществ на процессы биологической очистки сточных вод изучаются Академией коммунального хозяйства. Есть основания полагать, что предельно-допустимые концентрации препаратов ОП, некаля, сульфанола будут лимитироваться в основном их пенообразующей способностью, составляя для ОП-7 и 10, некаля и сульфанола 10 *мг/л*. Вместе с тем не разрешен еще актуальный вопрос о разработке научно-исследовательскими организациями специальных препаратов — пеногасителей, ликвидирующих пенообразующую способность этих веществ в сточных водах.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ СТОЧНЫХ ВОД

В производственные сточные воды переходит большое количество ценных для народного хозяйства веществ (отходы химических вспомогательных материалов и пр.). Так, при производстве вискозного волокна на тонну готовой продукции в сток переходит до 0,5 *т* серной кислоты и 0,2 *т* едкого натра. На тонну медно-аммиачного волокна отходит в сток до 300—400 *кг* меди. Отход красителей достигает 30% от веса примененных в производстве; много мыла отходит в сточные воды от процессов мыловок. При промывке одной тонны грязной тонкой или полутонкой овечьей шерсти в сточные воды переходит 250—100 *кг* высокоценного шерстного жира.

Потери производства можно снижать путем регенерации ценных примесей сточных вод. Кроме чисто утилизационного значения, такие мероприятия упрощают и удешевляют очистку сточных вод, тем более что в ряде случаев очистка сточных вод возможна лишь после

предварительного выделения таких примесей, как соли меди и хрома, жиры, кислоты.

Регенерация ценных примесей сточных вод внедряется в промышленность еще недостаточно. Освоена и применяется регенерация меди в производстве медно-аммиачного волокна, на фабриках первичной обработки шерсти регенерация шерстного жира (сырья для выработки ланолина), а также кислотная регенерация мыла на шелкоотделочных фабриках. Разработка рентабельных способов регенерации красителей, кислот и щелочей является еще темой для дальнейших исследований.

Бытовые и некоторые производственные сточные воды, содержащие питательные для растений вещества, используются в сельском хозяйстве для повышения урожайности различных культур. По содержанию соединений азота и удобрительным свойствам 1000 $м^3$ бытовых сточных вод эквивалентны 50 *т* навоза, а по содержанию калия — 8—12 *т* навоза и т. д.

Глава X

УСЛОВИЯ ВЫПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

1. САМООЧИЩЕНИЕ ВОДОЕМОВ

Приемником сточных вод городов и промышленных предприятий являются природные водоемы — реки, озера и моря. Загрязнения сточных вод могут так изменять природные свойства водоемов, что будет исключена возможность их нормального водоиспользования. В отдельных случаях спуск неочищенных сточных вод может повлечь отравление водоемов, засорение их иловыми отложениями, нефтепродуктами, красителями, порчу воды и гибель рыб.

Органические загрязнения, попадая на почву или в водоем, подвергаются воздействию кислорода воздуха или кислорода, растворенного в воде. При наличии бактерий и в результате их жизнедеятельности происходит окисление органики с самоочищением почвы или водоемов. Самоочищающая способность водоемов возникает в результате влияния разных явлений: на первом этапе нерастворимые вещества сточных вод сортируются по уд. весу и выпадают в осадок. Органическая часть осадка загнивает в анаэробных условиях с особо сильным местным загрязнением водоема и выделением газов. На следующем этапе сточные воды разбавляются водой водоема, вследствие чего концентрация загрязнений снижается и, при наличии растворенного в воде кислорода, возникают биохимические процессы самоочищения.

Вода незагрязненных водоемов при атмосферном давлении содержит следующие количества растворенного кислорода:

Температура воды в °	0	5	10	15	20	25	30
Количество кислорода O_2 *мг/л* . . .	14,6	12,7	11,2	10,1	9,6	8,2	7,6

Запасы кислорода в водоеме, расходуемые на биохимические процессы окисления органических веществ, восстанавливаются путем поглощения его из атмосферы водным зеркалом (реаэрация) и при усвоении водными растениями углерода из углекислоты. Наименьшее количество растворенного кислорода в водоемах бывает в жаркое время года при повышении температуры воды и зимой при отсутствии реаэрации из-за образования льда.

Скорость процесса биохимического потребления кислорода на окисление органических веществ воды пропорциональна концентрации этих веществ, или, иначе, пропорциональна количеству кислорода для их окисления, т. е. величине БПК. Эта величина определяется уравнением:

$$L_t = L \cdot 10^{-k_1 t},$$

где L_t — БПК смеси речной воды со сточными водами через t суток после спуска сточных вод в реку;

L — то же, в момент спуска сточных вод в реку;

k_1 — константа, характеризующая скорость потребления кислорода органическими веществами воды, зависящая от ее температуры T.

$T°$ —	0	5	10	15	20	25	30
k_1 —	0,04	0,05	0,063	0,08	0,1	0,126	0,158

Приведенные значения константы k_1 выведены для органических загрязнений бытовых сточных вод. С некоторым приближением эти значения применимы и к производственным сточным водам с составом загрязнений, близким к загрязнениям бытовых вод. Для некоторых сточных вод предприятий легкой промышленности, особенно красильных, значения константы еще не установлены.

Природные водоемы можно рассматривать как своеобразные естественные устройства для ликвидации загрязнений. Эти природные очистительные устройства могут выполнять свои функции лишь тогда, когда их самоочищающая способность соответствует количеству вносимых загрязнений. Поэтому задачей санитарной охраны водоемов, предотвращающей их порчу и загрязнение, является регулирование количества вносимых загрязнений. Допустимые нагрузки на водоемы определяются в зависимости от количества и состава сточных вод, мощности водоема, степени чистоты его воды и характера водопользования ниже выпуска сточных вод. Оценкой указанных факторов и соответствующим расчетом определяется необходимая степень предварительной очистки сточных вод перед спуском их в водоем или отсутствие такой необходимости.

2. ПРАВИЛА СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

Спуск сточных вод в водоемы регулируется санитарными правилами проектирования промышленных предприятий НСП 101—51, утвержденными Советом Министров СССР 6/I 1951 г.

Санитарные правила (частично приведенные ниже) устанавливают и определяют три категории водоемов:

п е р в а я — участки водоемов, используемые для централизованного водоснабжения, находящиеся в пределах второго пояса зоны санитарной охраны водопроводов или граничащие с государственными рыбными заповедниками;

в т о р а я — участки водоемов, используемые для неорганизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения предприятий пищевой промышленности, а также участки с местами массового нереста промысловых рыб;

т р е т ь я — участки водоемов внутри населенных мест, не используемые для питьевого водоснабжения, но являющиеся местами массового купания или имеющие архитектурно-декоративное значение, а также используемые для организованного рыбного хозяйства.

Правила спуска сточных вод в водоемы, не предусмотренные указанными тремя категориями, устанавливаются органами Всесоюзной государственной инспекции в каждом отдельном случае.

Категории водоемов устанавливаются оценкой местных условий влияния спуска сточных вод на существующие или предполагаемые места использования водоемов. Понятие «категория водоема» относится не ко всему водоему в целом, а только к тому его участку, который подвергается последствиям загрязнения от спуска сточных вод данного предприятия. Для водоемов рыбохозяйственного значения условия и места спуска сточных вод согласуют с органами рыбоохраны.

Для каждой категории водоемов санитарные правила устанавливают предельно допустимые изменения отдельных компонентов качества воды после ее смешения со сточными водами.

1. Взвешенные вещества. Содержание взвешенных веществ в воде водоема не должно увеличиваться более 0,25 *мг/л* для водоемов 1-й категории; 0,75 *мг/л* — для водоемов 2-й категории и 1,5 *мг/л* — для водоемов 3-й категории.

2. Специфические запахи и привкусы не должны иметь места в воде водоема после смешения ее со сточными водами как непосредственно, так и при хлорировании воды в процессе ее очистки для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

3. Растворенный кислород. В воде водоема после ее смешения со сточными водами количество растворенного кислорода не должно уменьшаться ниже 4 *мг/л* в летнее время для всех категорий водоемов.

4. Биохимическая потребность в кислороде. Для водоемов 1-й и 2-й категории установлены нормы чистоты речной воды и по БПК. После смешения речной воды со сточными водами $БПК_5$ не должна превышать 2 *мг/л* для водоемов 1-й категории и 4 *мг/л* — для водоемов 2-й категории.

5. Активная реакция. После смешения со сточными водами активная реакция воды водоема не должна быть ниже pH—6,5 и выше 8,5.

6. Окраска. В смеси сточной жидкости и дестиллированной воды

в пропорции, соответствующей фактическому соотношению расходов сточных вод и водоема, окраска не должна быть ясно выражена в столбике высотой 20 *см* при водоеме 1-й категории, 10 *см* — при водоеме 2-й категории и 5 *см* — при водоеме 3-й категории.

7. Ядовитые вещества. Сточные воды не должны содержать ядовитых веществ, которые после разбавления в водоеме могли бы оказать прямое или косвенное влияние на человека, животных или рыб.

8. Плавающие вещества (масло, жиры, нефтепродукты и др.) не допускаются к спуску в количествах, при которых возможно массовое образование сплошных плавающих пленок в водоеме.

9. Возбудители заболеваний. Сточные воды инфекционных больниц, боен, кожевенных заводов, фабрик первичной обработки шерсти, биофабрик и пр., в которых возможно присутствие возбудителей заболевания людей и животных, к спуску в водоемы 1-й категории запрещены, а для остальных категорий водоемов должны подвергаться перед спуском обеззараживанию после предварительной очистки их.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

При расчетах допустимой нагрузки сточных вод на водоем необходимо учитывать следующие показатели «Санитарных правил»: 1) содержание взвешенных веществ, 2) потребление сточными водами растворенного кислорода, а для водоемов 1-й и 2-й категории — и по $БПК_5$, 3) изменение активной реакции воды, 4) окраску, запахи, привкусы и ядовитые вещества.

Расчеты производятся по данным о количестве и составе сточных вод, а также на основании гидрологической и санитарной характеристики водоема, с учетом существующего и предполагаемого его использования населением, промышленностью, сельским хозяйством, для рыбоводства и рыболовства.

По водоему соответствующими обследованиями определяют:

1) расход реки 95% обеспеченности (см. главу IV);

2) скорости течения, ширину и глубину реки;

3) температуру, количество растворенного кислорода и $БПК_5$ речной воды по сезонам;

4) химический анализ воды с указанием ее щелочности и свободной углекислоты;

5) наличие притоков, выпусков сточных вод, плотин, условий водоиспользования и т. д. Кроме того, в ответственных случаях необходимо получать данные о величине константы скорости биохимического потребления кислорода k_1 и скорости его растворения k_2 (коэффициент реаэрации).

При спуске сточных вод происходит их разбавление и смешение с водой водоема.

Степень разбавления n является отношением расхода реки 95% обеспеченности Q к расходу сточных вод q в $м^3/сек$ по среднесуточному их количеству:

$$n = Q : q,$$

смешение сточных вод с водой водоема происходит в течение определенного времени и на определенном расстоянии от места их спуска, в зависимости от скорости течения, соотношения расходов и других факторов (табл. 13).

Таблица 13

Определение пунктов полного смешения сточных вод с водой рек (ориентировочно)

Отношение расходов Q и q	Время в часах, необходимое для полного смешения сточных вод с водой реки при ее расходе Q $м^3$ $сек$			
	до 5	5—50	50—500	более 500
1 : 1—5 : 1	0,6	0,8	1	1,5
5 : 1—25 : 1	4,5	5,5	6,7	8
25 : 1—125 : 1	12	13,5	17	22
125 : 1—600 : 1	28	33	39	55
Больше 600	56	66	77	112

При выпуске сточных вод в фарватер реки время наступления полного смешения сокращается в 1,5 раза, а при рассеянном выпуске сточных вод — до 3 раз.

Имея данные о времени t и скорости течения (v *м/сек*), легко определить расстояние L до места полного смешения ($L=3{,}6\,tv$ *км*). Степень смешения a в промежуточных пунктах по течению реки l находится в предположении равномерного смешения по пути, т. е. $a=l:L$

При расчетах допустимых нагрузок на водоем иногда учитывают, что вблизи места выпуска сточных вод происходит их смешение только с частью речного потока, поэтому в расчеты вводят так называемый коэффициент смешения, для малых рек и при рассеивающем выпуске равный $a=0{,}75-0{,}80$, а для крупных рек — 0,25—0,30.

Расчет по взвешенным веществам. Увеличение количества взвешенных веществ в воде водоема после спуска сточных вод допускается для: водоемов 1-й категории не более 0,25 *мг/л*, 2-й категории — 0,75 *мг/л* и 3-й категории — 1,5 *мг/л*. Допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах до их спуска в водоем m определяют следующей формулой:

$$m = P\left(\frac{Q}{q} + 1\right) + b \text{ мг/л},$$

где P — увеличение содержания взвешенных веществ в водоемах, допускаемое санитарными правилами, в *мг/л*;

b — содержание взвешенных веществ в воде водоема в *мг/л*.

Расчет по кислородному режиму. Наименьшее количество растворенного кислорода после спуска сточных вод в водоем должно составлять по «Санитарным правилам» 4 *мг/л*.

Допустимую $БПК_5$ сточных вод перед их спуском в водоем, при которой не произойдут нарушения указанного условия, можно определять по формуле, не учитывающей пополнения запаса растворенного кислорода в воде водоема и дающей поэтому несколько завышенные результаты:

$$L_{cm} = \frac{Q}{0{,}55q}(O_p - 4 - 0{,}55L_p) - \frac{4}{0{,}55} \text{ мг/л},$$

где L_{cm} — допустимая $БПК_5$ спускаемых сточных вод в *мг/л*;

Q — расход водоема (минимальный в межень при 95% обеспеченности в *м³/сек*;

q — расход сточных вод в *м³/сек*;

O_p — содержание растворенного кислорода в водоеме до места спуска сточных вод в *мг/л*;

L_p — $БПК_5$ воды водоема (по анализам) в *мг/л*;

0,55 — коэффициент пересчета $БПК_5$ — в $БПК_2$, так как при этом способе расчет принимает, что если запас растворенного кислорода в водоеме в первые двое суток будет не менее 4 *мг/л*, то в дальнейшем содержание кислорода в водоеме не снизится;

4 — наименьшее содержание растворенного кислорода в воде водоема в *мг/л*.

Пример. В водоем с расчетным расходом $Q = 10{,}5$ *м³/сек*, количеством растворенного в воде кислорода $O_p = 8$ *мг/л* и $БПК_5 - L_p = 2$ *мг/л* должны спускаться сточные воды в количестве $q = 0{,}5$ *м³/сек*, имеющие БПК = 500 *мг/л*. Водоем отнесен к III категории.

Допустимая $БПК_5$ сточных вод перед выпуском в водоем должна быть:

$$L_{cm} = \frac{10{,}5}{0{,}55 \cdot 0{,}5}(8 - 4 - 0{,}55 \cdot 2) - \frac{4}{0{,}55} \sim 103 \text{ мг/л}.$$

На очистных сооружениях необходимо снизить $БПК_5$ сточных вод на:

$$\frac{500 - 103 \cdot 100}{500} = 79{,}4\%.$$

Расчет по $БПК_5$. Для водоемов 1-й и 2-й категории расчеты производят по $БПК_5$ смеси речной воды со сточными водами после их спуска в водоем.

Приводим основную расчетную формулу:

$$L_{cm} = \frac{N}{10^{-k_1 t}},$$

где L_{cm} — $БПК_5$ смеси сточных вод с речной водой в момент спуска сточных вод в водоем в *мг/л*;

N — предел загрязнений речной воды по $БПК_5$, равный для водоемов 1-й категории 2 *мг/л* и для водоемов 2-й категории 4 *мг/л*;

k_1 — константа скорости потребления кислорода (см. выше);

$t = 1{,}16\frac{l}{v}$ — время перемещения воды от места спуска сточных вод до расчетного пункта водопользования в сутках;

l — расстояние в *км* от места спуска сточных вод до расчетного пункта;

v — скорость течения реки в *см/сек*.

Допустимую БПК$_5$ ($L_{ст}$) сточных вод до спуска в водоем определяют по следующей формуле:

$$L_{ст} = \frac{Q}{q}(L_{см} - L_р) + L_{см} \ мг/л.$$

При условии полного смешения сточных вод с водой водоема в месте выпуска значение $L_{см}$ можно принимать для водоемов 1-й категории в 2 *мг/л*, а для водоемов 2-й категории — 4 *мг/л*. Тогда предыдущая формула для случая спуска сточных вод в водоем 2-й категории будет:

$$L_{ст} = \frac{Q}{q}(4 - L_р) + 4 \ мг/л.$$

Расчет по активной реакции. В речной воде содержатся растворенные соли двууглекислых кальция и магния — бикарбонаты и свободная углекислота.

При спуске в водоем кислых сточных вод кислота нейтрализуется за счет бикарбонатов воды, а при спуске щелочных вод щелочи нейтрализуются за счет свободной углекислоты.

Максимально допустимый спуск кислоты в водоем $X_к$ или щелочи $X_{щ}$ можно определять по следующим формулам:

$X_к = 0{,}5\,B - 0{,}01C$ *мг* 1 N раствора щелочи;
$X_{щ} = 0{,}02C - 0{,}01B$ *мг* 1 N „ кислоты,

где B — щелочность воды водоема в *мл* 1N раствора кислоты;
C — содержание в воде водоема свободной CO_2 в *мг/л* по анализу.

Допустимые кислотность $к$ или щелочность $щ$ сточных вод находят по формулам:

$$к = \frac{Q}{q} X_к \quad \text{или} \quad щ = \frac{Q}{q} X_{щ}.$$

Пример. В водоем с расходом $Q = 6$ *м*^{3}*/сек*, имеющий щелочность воды $B = 3$ *мл* 1N раствора кислоты, содержание свободной углекислоты $C = 25$ *мг/л* и pH = 7,25, должны спускаться сточные воды в количестве $q = 0{,}2$ *м*^{3}*/сек* кислотностью 30 *мл*/1N раствора щелочи.

$$X_к = 0{,}5 \cdot 3 - 0{,}01 \cdot 25 = 1{,}25 \ мл \ 1N \text{ раствора щелочи}$$

$$к = \frac{6}{0{,}2} \cdot 1{,}25 = 37{,}5.$$

Вся кислотность сточных вод нейтрализуется щелочным резервом водоема, и остается запас щелочности, равный 37,5 — 30 = 7,5 *мл* 1N раствора.

Запахи, привкусы и окраска. В сточных водах могут находиться вещества, способные сообщать воде запахи, привкусы и окраску. Приводим порог ощущений в воде водоема по запаху и привкусу для некоторых веществ (в *мг/л*):

Сероводород	0,5	Нефть	0,1—0,5
Сероуглерод	1	Хлорфенолы	0,02—0,005
Бензин	0,5	Четыреххлористый углерод	10

Концентрации красителей, при которых окраска становится заметной в слое воды 1 *см*, составляют, по С. Н. Черкинскому, для: азокрасителей 0,06—0,6 *мг/л*, сернистых красителей — 0,08—0,5 *мг/л* и для ксантановых красителей — 0,005—0,1 *мг/л*. Определение порога окраски сточных вод для соблюдения требований «Санитарных правил» является несложной задачей, легко разрешаемой лабораторной проверкой кратности разбавления красильных вод данного состава.

Ядовитые вещества. Ядовитые примеси производственных сточных вод: соли тяжелых металлов, сероуглерод, сульфиды и др., попадая в водоемы, оказывают вредное влияние на людей, животных и водные организмы.

Вредное влияние ядовитых примесей сточных вод снижается или практически прекращается с уменьшением их концентрации при разбавлении водой водоема. Влияние на водоемы красильных сточных вод изучено наиболее подробно в отношении вод сернистого крашения. Особенно неблагоприятное влияние на водоемы оказывают сульфиды и другие неокисленные сернистые соединения этого вида крашения.

По исследованиям С. Н. Черкинского [1], сульфиды сточных вод резко ухудшают органолептические свойства воды и кислородный режим водоемов. Отвечающие этому ухудшению режима водоемов концентрации сульфидов не представляют опасности в санитарно-токсикологическом отношении. По С. Н. Черкинскому, сульфиды являются веществами нестойкими. При поступлении в водоем они окисляются до сульфатов и теряют свои ядовитые свойства. Окисление сульфидов происходит за счет растворенного кислорода и протекает очень быстро. Затем начинается медленно происходящий процесс окисления тиосульфатионов при участии специфических форм микроорганизмов — тионовых бактерий.

Санитарную охрану водоемов можно обеспечить ограничением вредного влияния сульфидов на водоемы в первой стадии их окисления. Во избежание уменьшения количества растворенного кислорода ниже 4 *мг/л* спуск сточных вод

$$Q \cdot a - q \frac{S}{0{,}53} = (Q + q) \cdot 4$$

сернистого крашения можно регулировать, определяя предел допустимого поступления в водоем сернистых вод по следующему уравнению:

$$S = \frac{Q}{q}\left(\frac{a-4}{2}\right) - 2,$$

где Q и q — соответственно расходы воды в водоеме и сточных вод;
a — концентрация растворенного кислорода в воде водоема;
S — концентрация сернистых соединений (по сероводороду) в сточных водах в *мг/л*;
0,53 — количество сероводорода, требующее на свое окисление до сульфатов 1 *мг* кислорода, в *мг*.

Из этого уравнения можно определить допустимую концентрацию сточных вод, если известны величины Q, q_1 и a.

---

[1] Санитарная охрана водоемов от загрязнения промышленными сточными водами, Медгиз, 1949 г.

Всесоюзной государственной санитарной инспекцией установлены следующие предельно-допустимые концентрации m ядовитых веществ в воде водоемов (в *мг/л*):

Медь	0,1	Ртуть	0,005
Мышьяк	0,05	Циан	0,1
Никель	0,1	Цинк двухвалентный	5
Свинец	0,1	Фтор	1,5
Сероуглерод	1	Хром	0,1
Нефть и нефтепродукты	0,1—0,3		

Фенолы, образующие при воздействии активного хлора на их водные растворы хлорфенольные запахи, — 0,001 *мг/л*.

Предельно-допустимую концентрацию ядовитых веществ в сточных водах до спуска их в водоемы N определяют по следующей формуле:

$$N = \frac{Q}{q} \cdot m \ мг/л,$$

где $\frac{Q}{q}$ — степень разбавления;

N — предельно-допустимая концентрация ядов в водоеме.

Возбудители заболеваний. Потенциально опасными для распространения инфекций через воду являются сточные воды кожевенных и меховых производств и фабрик первичной обработки шерсти. По «Санитарным правилам», спуск сточных вод указанных производств в водоемы 1-й категории запрещен. До спуска в водоемы 2-й и 3-й категории сточные воды подлежат обеззараживанию после очистки их в соответствии с условиями спуска в данный водоем.

Глава XI

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА И ОБРАБОТКА ОСАДКА

1. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Очистка сточных вод, в зависимости от их состава и условий выпуска, может быть механической, биологической или специальной.

Механическая очистка заключается в выделении из сточных вод нерастворенных примесей механическим путем.

Биологическая очистка основана на жизнедеятельности микроорганизмов, способствующих минерализации растворенных и коллоидальных органических веществ сточных вод. Жидкая фаза сточных вод очищается с помощью аэробных бактерий, а твердая фаза (осадок) — с помощью бактерий анаэробных.

Биологическая очистка сточных вод производится с предварительным выделением из них нерастворенных веществ, а также таких примесей производственных сточных вод, которые могут задержи-

вать и нарушать биохимические процессы минерализации органического вещества.

Конечным этапом механической или биологической очистки сточных вод является их обеззараживание для уничтожения патогенных бактерий, свойственных бытовым и некоторым производственным сточным водам.

Специальная очистка применяется только для обработки производственных сточных вод и заключается в отдельных или комбинированных процессах их осветления и обесцвечивания, выделения ядовитых солей тяжелых металлов, кислот, жиров. Специальная очистка производится способами механическим или химическим как подготовка сточных вод к собственно очистке, в качестве самостоятельного и окончательного очистного процесса или для регенерации из сточных вод ценных компонентов загрязнений.

2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Выделение взвешенных веществ из сточных вод производится последовательным их пропуском через следующие сооружения: решетку для удержания крупных загрязнений, песколовку для задержания минеральных примесей и отстойники для осаждения мелкой взвеси, способной выпадать в осадок под влиянием силы тяжести.

Решетки

Решетка представляет собой металлическую раму с вертикальными стержнями, установленную под углом 60—70° поперек расширения канала, подводящего сточные воды на очистку. Прозоры между стержнями принимаются в 20 *мм*.

Оказывая сопротивление протекающей жидкости, решетка создает в канале подпор, величину которого определяют по формуле:

$$h = S\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g},$$

где v_2 — скорость течения воды в решетке 0,8—1 *м/сек*;
v_1 — скорость перед решеткой, не более 1,5 *м/сек*;
g — ускорение силы тяжести — 9,81 *м/сек*;
S — коэффициент, равный 0,6—0,7.

Живое сечение решетки в $м^2$ можно рассчитать по формуле:

$$w = (n - 1)\, b \cdot H,$$

где n — число стержней в решетке;
b — ширина промежутков в *м*;
H — высота слоя воды в *м*.

Очистка решеток производится вручную со сбросом отбросов на дренированные площадки. В системах крупных очистных сооруже-

ний, где количество отбросов на решетках бывает больше 1,5 $м^3$ в сутки, применяют механизацию съема отбросов, с их дроблением и спуском обратно в сток.

Песколовки

Песколовки, удерживающие минеральные примеси сточных вод (в основном песок), бывают горизонтальные и вертикальные. Выпадение песка происходит в результате уменьшения скорости протока жидкости в сооружении.

Горизонтальная песколовка (рис. 73) представляет собой открытый мелкий резервуар, состоящий из двух (не менее) отделений, одно из которых выключается на очистку по мере заполнения песком.

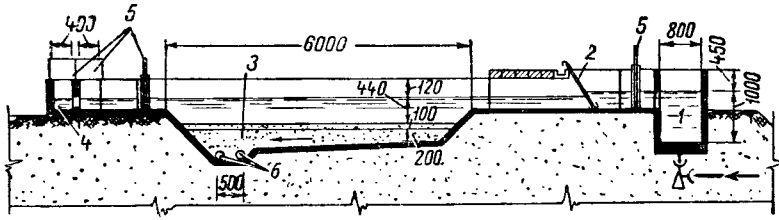


Рис. 73. Песколовка горизонтальная из двух секций (разрез):
1 — приемная камера; *2* — решетка; *3* — дренаж; *4* — выход воды; *5* — шибер; *6* — дренажные трубы

Оставшаяся здесь вода фильтруется через слои гравия высотой 0,2—0,4 *м* в дренажные трубы. Очистка отделения производится через полсуток или сутки — по мере подсыхания песка, удаляемого на подсушивающие площадки.

Скорость движения сточных вод в песколовке при максимальном притоке должна быть не более $v_1=0{,}3$ *м/сек*, а при минимальном притоке — не менее $v_2=0{,}1$ *м/сек*. Время протекания жидкости принимается $t=30$ сек. Длину песколовки определяют по максимальному притоку:

$$L = v_1 t.$$

Общая площадь поперечного сечения песколовки:

$$F = \frac{q_{макс}}{v_{макс}},$$

где $q_{макс}$ — максимальный приток в $м^3/сек$.

Определив величину F, устанавливают число n рабочих отделений по глубине h_1 не более 1 *м*, шириной b от 0,6 до 2 *м*. К рабочей высоте h_1 прибавляют глубину осадочной части h_2, зависящую от количества выпадающего осадка. Для бытовых вод осадка бывает 0,03 *л* на человека в сутки; количество осадка производственных сточных вод определяют экспериментально по составу вод аналогичных предприятий.

Вертикальная песколовка представляет собой цилиндрический резервуар с коническим дном для приема осадка. Сточные воды поступают через вертикальную шахту, сопряженную каналом с цилиндрической частью сооружения по касательной. При подъеме жидкости снизу вверх создается вращательное движение потока с выпадением песка (рис. 74).

Средняя скорость подъема воды принимается $v=0{,}03$ *м/сек* из расчета осаждения песка с размерами частиц $\delta=0{,}3$ *мм*.

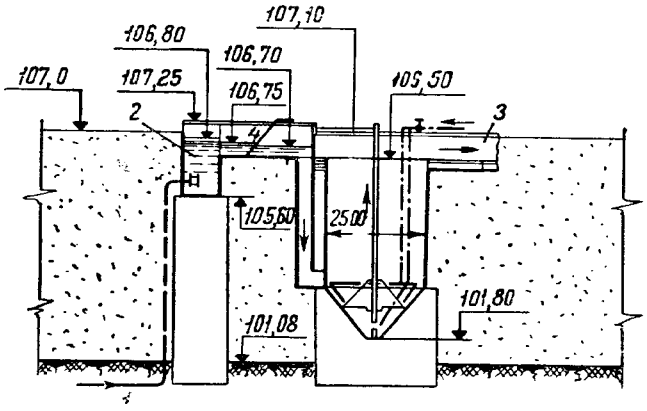


Рис. 74. Песколовка вертикальная:
1 — подача сточных вод; *2* — приемная камера; *3* — выход воды; *4* — решетка

Продолжительность подъема воды принимается $t=2$—3 мин. Тогда нагрузка сточных вод на 1 $м^2$ зеркала воды составит в среднем $q=100$ $м^3/час$. По количеству сточных вод Q $м^3/час$ и нагрузке q $м^3/час$ определяют площадь поверхности песколовки в $м^2$ и ее диаметр в *м*.

Высоту отстойной части h_1 в *м* находят из выражения:

$$h_1 = t \cdot 60v,$$

где t — продолжительность подъема воды в мин.;
v — скорость подъема воды в *м*.

Объем конической части с углом конусности $\alpha=50°$ определяется на суточное количество осадка влажностью 60% (0,02—0,03% от объема воды).

Полную высоту песколовки в *м* находят по следующей формуле:

$$H = h_1 + h_2 + h_3,$$

где h_2 — высота конической части в *м*;
h_3 — возвышение борта песколовки над уровнем воды в *м*.

Отстойники

В зависимости от назначения отстойников в общей схеме очистных сооружений различают первичные отстойники для осветления сточных вод, поступающих из канализационной сети, и вторичные — для осветления воды, прошедшей биологическую очистку.

По направлению движения воды в процессе отстаивания различают вертикальные отстойники с подъемом воды снизу вверх и горизонтальные.

Эффективность осаждения взвешенных веществ зависит от размера и формы частиц взвеси, ее концентрации и продолжительности отстаивания. Чем выше концентрация взвешенных веществ, тем интенсивнее идет процесс их выпадения.

Для бытовых сточных вод выпадение основной массы взвеси (60—80%) происходит за первые 30—60 мин. отстаивания.

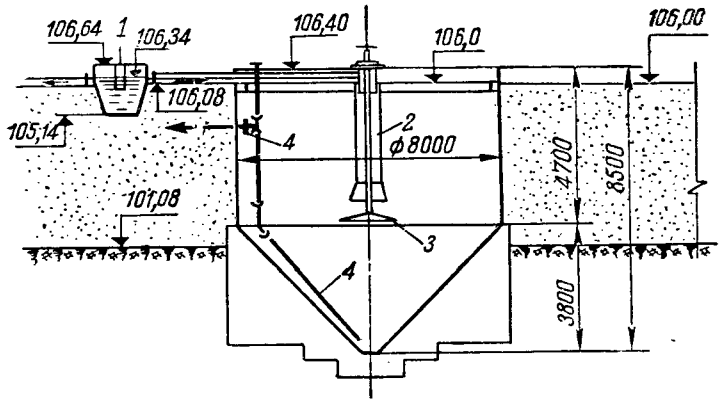


Рис. 75. Первичный вертикальный отстойник:
1 — распределительная камера; *2* — центральная труба; *3* — щит-отражатель; *4* — иловая труба

Выпадение основной массы взвеси из сточных вод отбельных и красильных фабрик, заводов искусственного волокна и других предприятий происходит за период времени 60—120 мин., причем на процесс выпадения взвешенных веществ имеют большое влияние степень взаимного усреднения сточных вод и значение активной реакции.

Продолжительность отстаивания производственных сточных вод по желаемому эффекту осветления (60—70%) устанавливается опытным построением кривых осаждаемости взвеси.

В практике строительства канализаций предприятий наибольшее применение имеют вертикальные отстойники, представляющие собой цилиндрические резервуары диаметром до 9 *м*, с коническим дном — иловым пространством (рис. 75).

Осветляемая вода поступает в центральную трубу и опускается по ней вниз. В процессе подъема воды по пространству между центральной трубой и стенками отстойника происходит выпадение взвеси.

Восходящая скорость потока для бытовых сточных вод принимается $v = 1$ *мм/сек*, а скорость в центральной трубе v_1 — не более 100 *мм/сек* при наличии отражательного щита, устанавливаемого для того, чтобы разность температур не влияла резко на процесс отстаивания.

Вертикальные отстойники рассчитывают по расчетному расходу воды q в $м^3/сек$, скорости подъема воды v в $м/сек$, времени отстаивания t — 1—2 часа и скорости в центральной трубе v_1 в $м/сек$.

Площадь сечения центральной трубы или нескольких труб, при количестве отстойников >1, в $м^2$.

$$f = q : v_1.$$

Высота проточной части отстойника в $м$:

$$h_1 = vt \cdot 3600.$$

Объем отстойников в $м^3$:

$$W = qt.$$

Общая площадь отстойников в $м^2$:

$$F = \frac{W}{h_1} + f.$$

Диаметр одного отстойника

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{3{,}14 \cdot n}}.$$

Полную высоту отстойника определяют прибавлением к высоте проточной части h_1 высоты нейтрального слоя $h_2 = 0{,}2 + 0{,}5$ $м$ и высоты илового пространства.

Объем илового пространства принимается на 3-суточный объем осадка. Для бытовых сточных вод объем осадка влажностью 95% составляет 0,7 $л$ на человека в сутки. Для производственных сточных вод количество осадка принимают по их анализам (глава XV).

Определение необходимого количества отстойников и их основных размеров для обработки того или иного количества сточных вод можно производить подбором по табл. 14.

Таблица 14

Основные размеры типовых вертикальных отстойников

Диаметр в $м$	Высота полная в $м$	Площадь отстойника в $м^2$	Площадь центральной трубы в $м^2$	Пропускная способность в $м^3/час$ при $T = 1$ час
5	6,8	19,6	0,196	70
6	7,15	28	0,28	101
7	7,7	38,4	0,38	138
8	8,1	50,2	0,50	180
8,5	8,3	56,7	0,56	204
9	8,5	63,0	0,64	224

Горизонтальные отстойники представляют собой вытянутые в длину прямоугольные резервуары с отношением длины к ширине

от 10 : 1 до 6 : 1, состоящие из двух (не менее) секций. Дну отстойников придается уклон в сторону поступления воды.

Основные размеры отстойников определяют:

площадь живого сечения в $м^2$

$$F = Q : v_1,$$

где Q — максимальный приток сточных вод в $м^3/сек$;

v_1 — горизонтальная скорость движения воды — 5 $мм/сек$.

Длина отстойника L в $м$

$$L = vt \cdot 3600,$$

где t — время протекания сточных вод в течение 1—2 час.

Ширина отстойника в $м$

$$b = v : h,$$

где h — глубина отстойной части 1—1,5 $м$.

Иловое пространство рассчитывают на объем выпадающего осадка за время не более 5 суток.

Удаление осадка ежедневное — ручное или механизированное (скребковыми механизмами, откачкой или насосом и пр.).

Радиальные отстойники являются разновидностью горизонтальных отстойников; их успешно применяют для осветления больших количеств сточных вод (15—25 тыс. и более $м^3$ в сутки).

Радиальные отстойники представляют собой круглые резервуары диаметром от 15 до 45 $м$ с коническим дном. Глубина резервуаров составляет 1,5—3 $м$ у периферии и 2,5—3 $м$ у центра.

Подача воды на отстаивание производится снизу в центральную трубу. Выходя из трубы, вода движется в радиальном направлении к круговым сборным лоткам.

Нагрузка сточных вод на 1 $м^2$ площади отстойника — от 1 до 3,5 $м^3$ в час (в среднем 2 $м^3$).

Осадок из отстойника непрерывно удаляется скребковым механизмом, укрепленным на подвижной, медленно вращающейся ферме.

3. ОБРАБОТКА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Осадок из канализационных отстойников удаляется в свежем, незагнившем состоянии. Он имеет большой объем и влажность, затрудняющие дальнейшую его обработку. При длительном выдерживании осадка бытовых или аналогичных им по составу производственных сточных вод происходит сбраживание осадка, вызываемое жизнедеятельностью анаэробных бактерий. Анаэробный распад осадка происходит с превращением части нерастворимых органических веществ в растворимые и газообразные (в основном, метан и углекислоту). Осадок при этом уменьшается в объеме и превращается в ил однородного зернистого состава, легко отдающий воду при подсушивании и обладающий хорошими удобрительными свойствами.

Нормальный процесс сбраживания осадка с выделением метана и углекислоты происходит при нейтральной или слабощелочной реакции, причем повышение температуры процесса ускоряет сбраживание осадка. Метановый процесс брожения требует определенного соотношения между количествами поступающего и бродящего осадка, их перемешивания и наличия температуры, благоприятной для развития анаэробных бактерий (не ниже 5—6° и не выше 35—36°). При нарушении этих условий может возникнуть вредное кислое брожение с выделением сероводорода.

Для удаления из сточных вод взвешенных веществ и анаэробного сбраживания осадка применяют специальные сооружения: септики или загниватели и двухъярусные отстойники.

В септиках осветление воды и гниение осадка происходят в общей камере, вследствие чего может начаться загнивание воды, что будет затруднять дальнейшую очистку.

В двухъярусных отстойниках этот существенный недостаток устранен, так как процессы отстаивания и перегнивания осадка происходят в раздельных зонах.

Температура в гнилостной части двухъярусного отстойника соответствует температуре сточных вод, которая бывает низкой в зимнее время. Поэтому интенсивность сбраживания осадка здесь относительно незначительная, а емкость гнилостной части большая.

Интенсивное сбраживание осадка с искусственным подогревом и перемешиванием производится в метантенках, представляющих собой герметизированные сооружения, в которые подается незагнивший осадок, а также горячая вода или пар. Процесс сбраживания осадка в метантенках при температуре 30—33° снижает емкость сооружения в 5—8 раз в сравнении с емкостью иловой части двухъярусного отстойника. Интенсивно выделяющийся газ (метан) используется как топливо для котельной, обеспечивающей метантенк подачей тепла.

Процесс анаэробного сбраживания осадка резко тормозится или прекращается при наличии в нем ядовитых примесей. Предельно-допустимые концентрации ядов для анаэробного сбраживания органических веществ установлены пока только для некоторых солей тяжелых металлов. Предельно-допустимая[1] концентрация меди составляет 4 *мг* на 1 *г* сухого остатка бытовых сточных вод, а хрома — 2 *мг*. Учитывая, что от одного жителя в бытовые сточные воды поступает за сутки 40 *г* сухого вещества, приведенные предельные концентрации ядов показывают необходимость такого разбавления ядовитых промышленных стоков бытовыми водами, какое редко осуществимо в системах ведомственных канализаций.

Септики

Септики (рис. 76) применяют для очистки бытовых вод отдельно стоящих зданий в тех случаях, когда количество сточных вод не пре-

[1] С. А. Несмеянов, Производственные сточные воды, ч. 1, Медгиз, 1948

вышает 35 $м^3$ в сутки. Септики устраивают в виде прямоугольных камер, разделенных на 2—3 отсека с отверстиями для прохода жидкости. Септики рассчитывают на протекание воды в течение от одних до трех суток, что обеспечивает высокий эффект осветления жидкости. Взвешенные вещества, выпавшие в осадок, перегнивают и объем их уменьшается. При удалении осадка один раз в полгода его количество на одного человека составляет 53 *л*, с учетом 20% старого осадка, оставляемого в септике при очистке для инфициро-

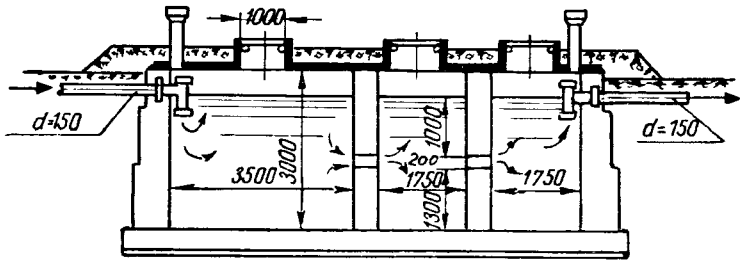


Рис. 76. Септик

вания вновь поступающего осадка. Проточную часть септика принимают глубиной 1 *м*, откуда нагрузка сточной жидкости на 1 $м^2$ площади составляет 1 $м^3$.

Двухъярусные отстойники

Двухъярусные отстойники представляют собой цилиндрические резервуары с коническим дном. В верхней их части размещают желоба, являющиеся горизонтальными отстойниками. В нижней части желобов имеются щели шириной 15 *см*, через которые осадок выпадает в нижнюю часть сооружения, используемую для его перегнивания. Время протекания сточных вод через осадочные желоба принимается в 1 час по максимальному притоку (рис. 77).

При сбраживании осадка уменьшение в нем органического вещества учитывают на 50% от начального количества, что считается техническим пределом распада осадка. С учетом перегнивания и уплотнения осадка его объем уменьшается в четыре раза в сравнении с объемом свежего. Влажность перегнившей массы осадка составляет 90%. В процессе сбраживания осадка по всему сечению сооружения выделяются газы — метан и углекислота. Поднимаясь вверх, газы способствуют перемешиванию сброженного и свежего осадка, что является необходимым условием нормального режима сбраживания.

Объем гнилостной части двухъярусных отстойников при обработке бытовых сточных вод принимается на одного человека (пользующегося канализацией) в зависимости от их средне-зимней температуры (табл. 15).

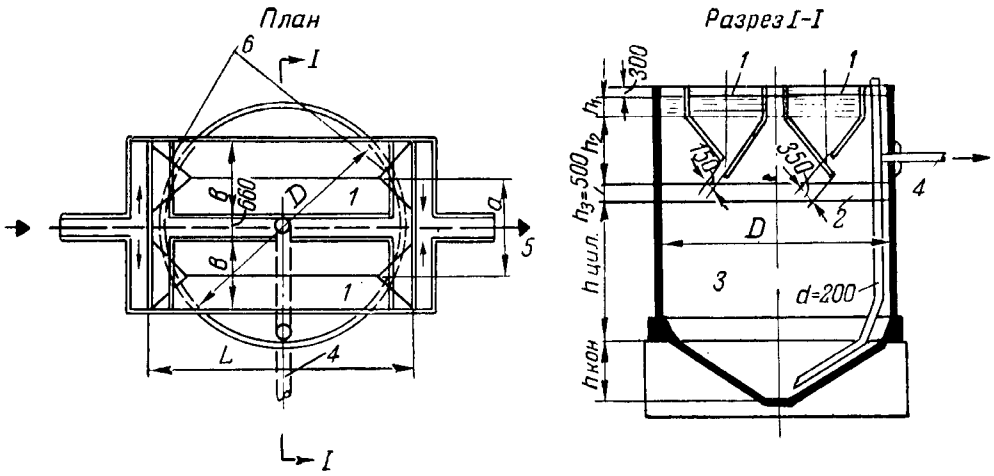


Рис. 77. Двухъярусный отстойник:

1 — желоба; *2* — нейтральная зона; *3* — иловая часть; *4* — выпуск ила; *5* — отстоенная жидкость; *6* — полупогруженные доски

Таблица 15

Средняя зимняя температура сточных вод	Время перегнивания осадка в сутках	Объем гнилостной части в *л* на человека (пользующегося канализацией)
6	210	110
7	180	95
8,5	150	80
10	120	65
15	60	30

При суточном притоке сточных вод до 250 $м^3$ объем гнилостной части увеличивается на 20% в сравнении с данными таблицы.

При обработке в двухъярусных отстойниках бытовых и производственных сточных вод объем гнилостной части увеличивается на объем осадка последних, приводимого к эквивалентному количеству населения и определяемому из следующего соотношения:

$$N = A : 40,$$

где N — эквивалентное количество жителей;

A — суточное количество органического вещества в осадке производственных сточных вод в *г* сухого вещества (см. главу XV);

40 — количество осадка в *г* сухого вещества бытовых сточных вод, приходящегося на одного человека в сутки.

В тех случаях, когда в двухъярусные отстойники подается осадок из сооружений биологической очистки сточных вод, объем гнилостной части увеличивается: на 30% при поступлении осадка из отстойников после биофильтров и на 60% при поступлении осадка из аэротенков.

Проектирование и строительство двухъярусных отстойников (табл. 16) производятся с использованием типовых чертежей.

Таблица 16

Основные размеры типовых двухъярусных отстойников

Диаметр в *м*	Полная высота в *м*	Объем желобов в $м^3$	Объем иловой части в $м^3$
5	8	10	101
6	9	16,8	164
7	9—10	28	206—245
8	11	39	353

Пример. Определить основные размеры двухъярусных отстойников для обработки сточных вод поселка на 7500 человек населения. Максимальный приток

сточных вод $q = 56$ $м^3/час$. Зимняя температура сточных вод $+10°$, время отстаивания $t = 1$ час.

Объем осадочных желобов:

$$W_{ж} = qt = 56 \cdot 1 = 56 \ м^3.$$

Объем иловой части по даиным таблицы 15 будет:

$$W_{ил} = 0.065 \cdot 7500 = 487{,}5 \ м^3.$$

Принимаются два типовых двухъярусных отстойника (по данным табл. 16) диаметром по 7 *м*, объемом желобов по 26 $м^3$ и иловой части по 245 $м^3$. Полная высота отстойника 10 *м*.

Метантенки

Метантенки (рис. 78) предназначаются для обработки осадка из отстойников с его искусственным подогревом и перемешиванием. Технический распад осадка происходит в метантенке при температуре 30—32° в течение 15—18 суток, т. е. в промежуток времени, во много раз меньший в сравнении с продолжительностью перегнивания осадка в двухъярусных отстойниках.

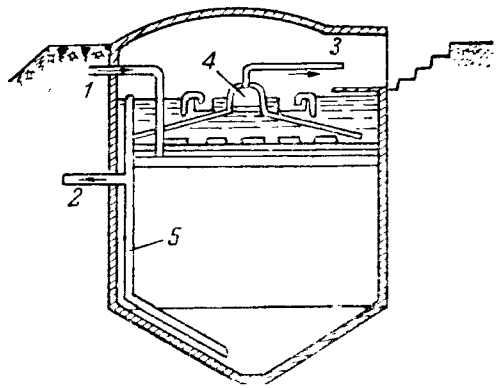


Рис. 78. Метантенк:
1—подача свежего осадка; *2*—выпуск сброженного осадка; *3* — отведение газа; *4*—газовый колпак; *5* — иловая труба

При нормальном метановом брожении в метантенках происходит выделение газа (метана 70—75%, углекислоты 20—25%, азота, водорода и следов сероводорода) в количестве до 900 *л* на 1 *кг* органической части сухого вещества осадка, что соответствует 9—13 *л* газа на одного человека, пользующегося канализацией. Выделяющийся при сбраживании осадка газ имеет теплотворную способность от 4500 до 5000 *ккал/м*^{3} и используется в качестве топлива для котельных, обслуживающих метантенки подачей тепла.

В системах канализаций предприятий промышленности товаров широкого потребления метантенки мало применяются как сооружения, предназначенные в основном для обработки осадка бытовых сточных вод.

Иловые площадки

Обезвоживание осадка до влажности 70—80% производится на иловых площадках, представляющих собой спланированные участки земли, окруженные валиками (рис. 79).

Естественные площадки устраивают на песчаных и супесчаных почвах, при глубине залегания грунтовых вод не выше 1,2 *м* от по-

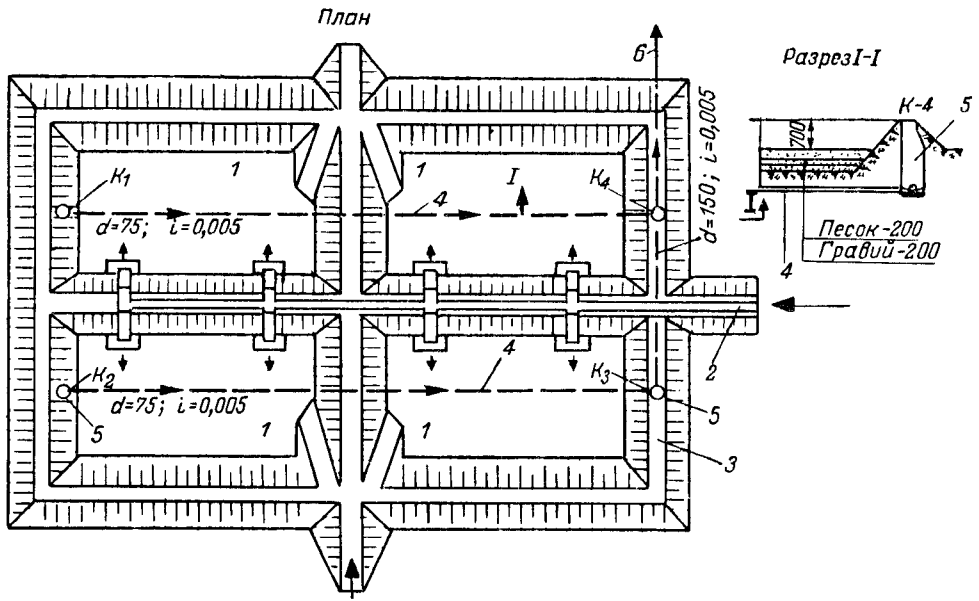


Рис. 79. Иловые площадки с искусственным основанием и дренажем:

1 — карта иловых площадок; *2* — лоток поступления осадка; *3* — ограждающие валики; *4* — дренажная труба; *5* — смотровые колодцы; *6* — отвод дренажной воды

верхности земли. При меньшей глубине их залегания делают открытые или закрытые дренажи, понижающие уровень грунтовых вод.

При наличии плохо фильтрующих грунтов устраивают искусственные иловые площадки из слоя гравия или шлака и слоя песка (по 20 *см* каждый слой). Дренаж для отвода фильтрата делают из керамических или бетонных труб диаметром 75—100 *мм*, с укладкой труб на взаимном расстоянии до 10 *м*. Уклон труб принимают 0,002—0,005. Дренажные трубы иловых площадок отводят фильтрат в специальные сборные колодцы-резервуары, из которых жидкость перекачивается на очистку.

Одновременный напуск осадка на карты иловых площадок производится в летнее время слоем 15—20 *см*, а в зимнее время осадок на картах намораживается слоем до 50—70 *см*. Высота слоя зимнего намораживания определяет высоту ограждения карт земляными валиками, которые принимаются на 10—15 *см* выше слоя намораживания.

Длительность подсушивания осадка до влажности 75—80% составляет летом 7—15 дней. В зимнее время, за счет вымерзания осадка, его объем уменьшается на 25%.

Площадь для подсушивания осадка бытовых сточных вод определяют по среднегодовым нормам нагрузки в $м^3$ на 1 $м^2$ площадки. Для средней полосы СССР при среднегодовой температуре воздуха от +3 до +7° и среднегодовом слое атмосферных осадков 500—600 *мм* нормы нагрузки на иловые площадки приведены в табл. 17.

Таблица 17

Нормы нагрузки на иловые площадки (в $м^3$ на 1 $м^2$)

Осадок отстойников	Влажность осадка в %	Годовой слой напуска	
		естественные площадки	с искусственным дренирующим слоем
Первичных . . .	95	1—1,5	1,5
Вторичных . . .	96	1—1,5	1,5
Двухъярусных . .	90	1,5—2	2—2,5

Для северных районов приведенные в табл. 17 нормы нагрузки уменьшаются, а для южных районов увеличиваются на 30—50%. При устройстве навеса над иловыми площадками годовая нагрузка осадка увеличивается в 1,5 раза. Нормы напуска осадка производственных сточных вод могут увеличиваться до 2—2,5 $м^3/год$ на 1 $м^2$ площадок.

Необходимую полезную площадь иловых площадок определяют по формуле:

$$F = w_{ос} : h,$$

где $w_{ос}$ — годовое количество осадка в $м^3$;

h — норма нагрузки осадка на площади в *м*.

На устройство валиков и дорог принимают добавочную площадь (в 20—25% от полезной).

Количество карт иловых площадок должно быть не менее двух; предельные размеры карт — длиной 100—150 *м*, шириной — до 20 *м*. По верху ограждающих валиков устраивают деревянные или бетонные распределительные лотки.

Механизация уборки подсушенного осадка возможна с применением скреперных лопат на гусеничном ходу, установкой транспортеров и пр.

Обезвоживание осадка можно производить также способами центрифугирования, вакуумфильтрации или обработкой в специальных сушилках.

Перекачка осадка

Если по местным условиям устройства для обезвоживания осадка нельзя устраивать при очистных сооружениях, применяют перекачку осадка по илопроводам к месту его обработки.

Установки для перекачки осадка состоят из приемного резервуара-сборника, насосов перекачки (иловых, канализационных, применяемых для перекачки сточных вод) и илопровода.

Определение потерь напора на трение в трубах (диаметром от 150 до 300 *мм*) производится по формуле:

$$100i = 2\,(0{,}613v)\,K + C,$$

где $100i$ — потеря напора на 100 *м* длины трубы в *м*;
v — скорость движения осадка в *м/сек*;
K — эмпирическая величина, равная $2{,}52 - 0{,}4C - 0{,}225\,v$;
C — коэффициент, зависящий от влажности осадка, при влажности 97% — 0,20; 95% — 0,41 и 92% — 1,09.

Во избежание засорения илопроводов диаметр труб принимается не меньше 150 *мм*, а скорость движения осадка в трубах — в пределах 0,9—1,5 *м/сек*.

Глава XII

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Биологическая очистка сточных вод производится с использованием естественных процессов самоочищения почвы и водоемов или на искусственных сооружениях, где культивируются бактерии, минерализующие органическое вещество.

К устройствам, воспроизводящим естественные процессы, относятся поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды. Сооружениями искусственной биологической очистки являются биологические фильтры и аэротенки, в которых процессы очистки проходят значительно интенсивнее, чем на полях.

Интенсивность очистки сточных вод определяется окислительной мощностью, т. е. количеством кислорода в *г* (которое может быть получено с 1 $м^2$ полей или с 1 $м^3$ объема искусственных сооружений за сутки), используемого для снижения биохимической потребности в кислороде сточных вод.

Поля фильтрации представляют собой спланированные, окруженные валиками и оборудованные дренажем участки земли, на которые периодически напускаются отстоенные сточные воды. Поля орошения отличаются от полей фильтрации тем, что на них выращивают сельскохозяйственные культуры.

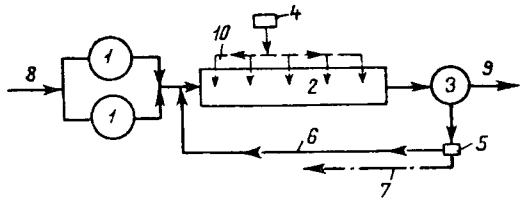


Рис. 80. Схема биологической очистки сточных вод с аэротенками:

1 — первичные отстойники; *2* — аэротенк; *3* — вторичный отстойник; *4* — подача сжатого воздуха; *5* — насос активного ила; *6* — подача активного ила; *7* — сброс излишка ила; *8* — впуск; *9* — выпуск; *10* — воздух

Биологические пруды представляют собой естественные или искусственные водоемы, в которых окисление органических веществ сточных вод происходит за счет растворенного в воде кислорода, с его пополнением из атмосферы.

Биологические фильтры представляют собой прямоугольные или круглые резервуары с фильтрующим ложным дном, загруженные слоями шлака или дробленого крепкого камня. На загрузку фильтра подаются отстоенные сточные воды. Минерализация органического вещества происходит при фильтрации сточных вод через загрузку фильтра.

Аэротенки представляют собой проточные резервуары, в которые одновременно с отстоенными сточными водами подаются воздух и активный ил, состоящий из хлопьевидных скоплений мелких частиц осадка сточных вод, заселенных аэробными бактериями.

Вода, очищенная на биофильтрах или в аэротенках, выносит много мелких нерастворенных веществ: бактериальную пленку, частицы разрушенного загрузочного материала фильтра, активный ил из аэротенка.

Для задержания выносимых из сооружений взвешенных веществ служат вторичные отстойники, из которых после аэротенков часть выпадающего активного ила непрерывно перекачивается в аэротенк (рис. 80).

Описанные способы биологической очистки наиболее полно изучены в применении к бытовым сточным водам, содержащим полный комплекс питательных веществ (соединений азота, калия, фосфора), необходимых для построения клеток живого вещества бактерий и других низших организмов.

Для биологической очистки производственных сточных вод используют те же сооружения, как и для очистки бытовых вод. Основные стадии биохимических процессов в обоих случаях одинаковы, но скорость протекания процесса окисления органиче-

ских веществ может быть совершенно иной, обычно более замедленной.

Некоторые производственные сточные воды (красильных фабрик, заводов искусственного волокна) могут быть ядовитыми для бактерий вследствие большой концентрации органических загрязнений или наличия ядовитых примесей, останавливающих биопроцессы. Кроме того, в сточных водах может отсутствовать необходимое количество питательных веществ.

Для нормального протекания процессов биологической очистки сточных вод необходимы следующие основные условия[1]:

1) активная реакция в пределах pH 6—9;

2) концентрация органических веществ по $БПК_5$ желательна не выше 500—600 *мг/л*, и отношение $БПК_5$ к окисляемости равное или большее двух;

3) содержание в сточных водах азота аммонийного не менее 30 *мг/л*;

4) концентрации ядовитых примесей не выше указанных в табл. 18.

Таблица 18

Предельно-допустимые концентрации ядовитых примесей сточных вод при биологической очистке

Ядовитые примеси	Концентрации в *мг/л*	Ядовитые примеси	Концентрации в *мг/л*
Медь	1	Хром	2
Мышьяк . . .	0,2	Циан	1
Сурьма	0,2	Цинк	5

Сточные воды не должны содержать синтетических поверхностно-активных веществ более 10 *мг/л*. Концентрация в сточных водах жировых веществ, допустимая для биологической очистки, пока еще не определена. Принято, что сточные воды после первичного отстойника не должны иметь сплошных жировых пленок. Для производственных сточных вод, имеющих непостоянный, меняющийся состав, необходимо усреднение.

В тех случаях, когда состав производственных сточных вод не удовлетворяет указанным выше условиям, применяется их разбавление бытовыми водами, предварительная обработка для снижения концентрации ядовитых примесей, жиров, кислоты и пр. по расчету на концентрации, а также усреднение по составу.

Отсутствие необходимого количества бытовых сточных вод компенсируется приемом в канализацию жидких отбросов неканализованного жилого фонда, дробленого квартирного мусора, добавкой соединений азота, калия, фосфора.

---

[1] По проекту технических условий приема производственных сточных вод хлопчатобумажной и шерстяной промышленности в городские канализации. Академия коммунального хозяйства имени К. Д. Панфилова, 1953.

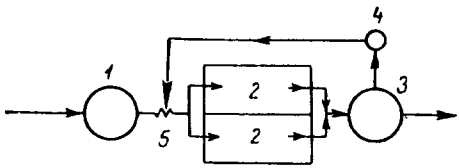


Рис. 81. Схема биологической очистки сточных вод с рециркуляцией жидкости:

1 — первичный отстойник; *2* — биофильтр; *3* — вторичный отстойник; *4* — насос очищенной воды; *5* — смеситель

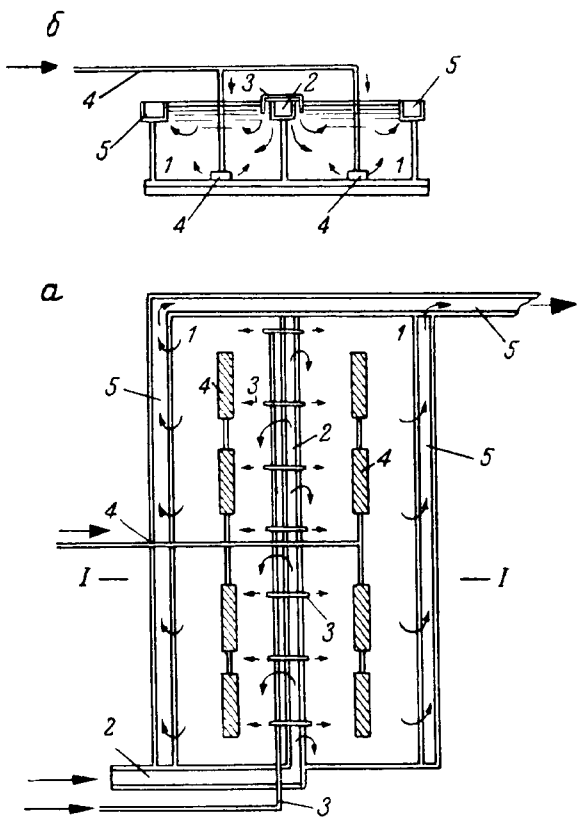


Рис. 82. Схема аэротенка-смесителя:

а — план; *б* — разрез; *1* — аэротенки; *2* — подача сточных вод; *3* — подача активного ила; *4* — подача сжатого воздуха; *5* — отвод очищеиной жидкостн (водоотводящий канал)

Прием в канализацию жидких отбросов неканализованного жилого фонда, количество которых с разбавлением на главных станциях принимается 5—7 *л* на человека в сутки, повышает содержание аммонийного азота в сточных водах на 4 *г* от одного человека. Разжиженные отбросы неканализованного жилого фонда до подачи на биологическую очистку в смеси с производственными сточными водами желательно обрабатывать сжатым воздухом.

Количество дробленого квартирного мусора зольностью 12%, после разбавления водой, принимается в 3—5 *л* на человека в сутки с содержанием аммонийного азота 1,5 *г* на человека.

Добавка 1 *мг* беззольного вещества дробленого мусора на 1 *л* сточных вод увеличивает $БПК_5$ на 0,3 *мг/л*, а окисляемость — на 0,06 *мг/л*, что повышает отношение $БПК_5$ к окисляемости.

Для биологической очистки концентрированных производственных сточных вод с $БПК_5$ выше 500—600 *мг/л* применяется их разбавление водой (прошедшей биологическую очистку) — рециркуляция жидкости. В качестве биологических окислителей в таких случаях принимают биологические фильтры — обычные или конструктивно видоизмененные, рассчитанные на большую нагрузку сточных вод — высоконагружаемые (рис. 81).

Снижение высокой начальной концентрации производственных сточных вод с выравниванием неравномерной скорости потребления кислорода достигается в аэротенках-смесителях (рис. 82), отличающихся от обычных аэротенков тем, что подача очищаемой воды, активного ила и воздуха производится по всей длине сооружения. Подобная система распределения воды, ила и воздуха обеспечивает равномерное снижение концентрации загрязнений очищаемой воды за счет разбавления водой, находящейся в процессе очистки.

2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Поля орошения и поля фильтрации

Из всех сооружений для очистки сточных вод правильно устроенные и эксплуатируемые поля орошения или поля фильтрации дают наибольший очищающий эффект. Бытовые сточные воды, очищенные на полях, теряют способность загнивать, их БПК снижается до 5—10 *мг/л*, а количество бактерий уменьшается на 99%.

При фильтрации осветленных сточных вод через почву на ее частицах создается бактериальная пленка, заселенная аэробными бактериями. Мелкие взвешенные вещества сточных вод адсорбируются пленкой, растворенные и коллоидальные органические вещества минерализуются бактериями. В результате сложных физических и биохимических процессов, происходящих при медленной фильтрации сточных вод через верхний аэрируемый слой почвы мощностью 25—30 *см*, достигается высокий эффект очистки.

Возможность организации почвенной очистки сточных вод определяется их количеством и пригодностью для биологической обработки, родом почв и уровнем грунтовых вод, наличием достаточных

по размерам земельных участков или потребностью земледелия в дополнительном орошении.

Наиболее пригодными почвами для устройства полей являются песчаные и супесчаные. Черноземы и лёссы по своим фильтрационным свойствам, в начальные периоды эксплуатации полей, приравниваются к супесчаным почвам, содержащим до 50% глинистых частиц. Длительное орошение таких почв способствует нарушению структурности и значительному снижению фильтрационной способности. Крупнозернистые галечниковые грунты мало пригодны для почвенной очистки сточных вод, как не обеспечивающие необходимой степени адсорбции загрязнений. Уровень грунтовых вод на участках полей должен располагаться не выше 1,5—2 *м* от поверхности земли.

Почвенным способом очищают предварительно отстоенные как бытовые, так и производственные сточные воды, причем возможность почвенной очистки последних обусловливается отсутствием кислой или щелочной реакции, наличием питательных веществ, а также концентрацией вредных примесей, допустимой для биологической очистки и безвредной для растений.

Минерализация сточных вод должна соответствовать нормам солевого состава воды для ирригации[1]. Вода считается безвредной для растений при общем содержании растворенных солей до 1,7 *г/л*. Пригодность воды с минерализацией от 1,7 до 3 *г/л* устанавливается по солевому составу воды.

Использование сточных вод на орошение сельскохозяйственных культур регулируется специальными «Санитарными правилами», утвержденными Главным госсанинспектором СССР 22/IX 1950 г.

Согласно Правилам, бытовые сточные воды, прошедшие предварительно биологическую очистку, могут подаваться на орошение любых культур, кроме земляники и клубники. Те же сточные воды после механической очистки могут поступать на орошение технических, кормовых, зерновых культур, овощей, употребляемых в пищу после варки, капусты, при прекращении поливов сточными водами за 20 дней до снятия урожая и т. д.

Использование отстоенных производственных сточных вод в сельском хозяйстве возможно только после разрешения органов санитарного надзора и установления агрономами пригодности вод для орошения. Сточные воды кожевенных заводов, меховых фабрик и шерстомоек для орошения запрещены.

Полив сточными водами орошаемых земель производится напуском на луговые травы и по бороздам на участках под огородные культуры, без затопления гребней гряд. Дождевание сточными водами не разрешается.

При использовании сточных вод городов и промышленных предприятий на удобрительное орошение колхозно-совхозных полей не требуется выделения или отчуждения значительных земельных

---

[1] А. И. Силин-Бекчурин, Специальная гидрогеология, Госгеолиздат, 1951.

участков, что бывает неизбежным при устройстве полей фильтрации. Поэтому организация их может иметь место только при невозможности подачи сточных вод на орошение и в тех случаях, когда почвенной очистке подлежат стоки кожевенных заводов, меховых фабрик или шерстомоек.

Подача сточных вод на поля орошения бывает периодической в вегетационный период, с очисткой сточных вод в остальное время года на резервных полях фильтрации или на искусственных сооружениях. В других случаях применяется круглогодичное орошение полей по специальным поливным графикам.

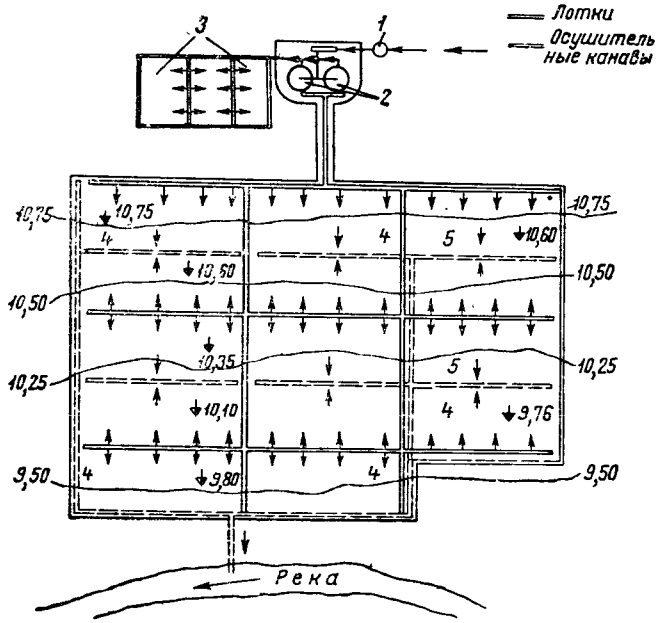


Рис. 83. План полей орошения:
1 — насосная станция; *2* — отстойники; *3* — иловые площадки; *4* — поля орошения; *5* — резервные участки фильтрации

На рис. 83 дана схема организации полей орошения канализации города или крупного предприятия на специально выделенном участке. Участки орошаемого массива — поля, разделены валиками, по которым проходят оросительные лотки сточных вод, отстоенных на сооружениях механической очистки.

Для отведения профильтровавшейся через почву воды в водоем имеется осушительная сеть. В зимнее время сточные воды поступают на резервные поля фильтрации.

На рис. 84 изображена одна из схем использования сточных вод для орошения колхозных земель. Сточные воды, пригодные для орошения сельскохозяйственных культур, очищаются на сооружениях *1*. В вегетационные и влагозарядковые периоды очищенная

жидкость перекачивается на поля насосной станцией *2*, с распределением по участкам системой каналов и борозд или с использованием переносных оросительных трубопроводов. В остальное время года очищенные сточные воды отводятся в водоем.

Различают следующие нормы нагрузки отстоенных сточных вод на поля орошения: оросительные за весь период орошения, поливные — на один полив, и среднесуточные — условные, а для полей фильтрации — поливные и среднесуточные.

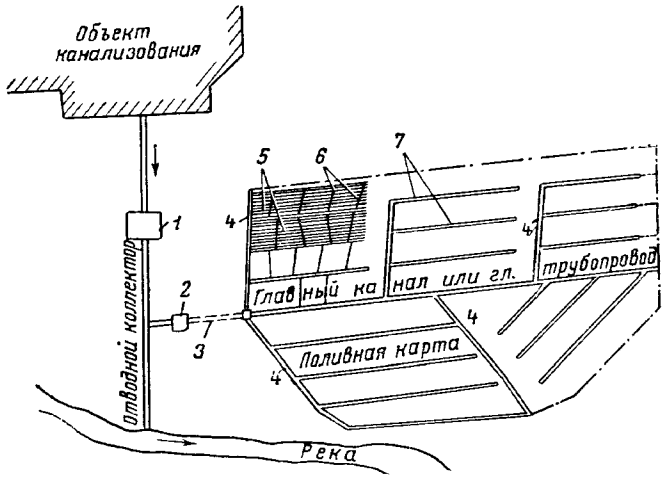


Рис. 84. Схема организации полей удобрительно-увлажнительного орошения:

1 — очистные сооружения; *2* — насосная станция; *3* — напорный водовод; *4* — распределители; *5* — поливные борозды; *6* — выводные борозды; *7* — картовые оросители

Нормы нагрузки принимают с учетом состава сточных вод по $БПК_5$ (уменьшая их для концентрированных вод), в зависимости от фильтрационной способности почв и климата (табл. 19).

Таблица 19

Средние нагрузки сточных вод в $м^3$ в сутки

Почвы	Поля орошения		Поля фильтрации
	среднегодовая температура воздуха от + 3 до + 7°	среднегодовая температура воздуха от + 7 до + 10°	
Песчаные (не более 5% глины)	50	70	150
Супесчаные (от 5 до 15% „)	35	50	100
Суглинистые (от 5 „ 15% песка) . . .	25	40	75
Глинистые (5% песка)	15	20	25

Среднегодовые нагрузки сточных вод на колхозно-совхозные поля (табл. 20), не оборудуемые дренажами, принимают не более 10 $м^3$ на 1 *га* в сутки, уточняя их нагрузки по величине влагоудерживающей способности каждого вида почв.

Таблица 20

Примерные оросительные нормы на 1 *га* при орошении полей сточными водами

Культуры и почвы	Оросительная норма в $м^3$	Периоды поливов и поливные нормы в $м^3$							
		осенний		зимний		ранневесенний		летний	
		норма	количество поливов	норма	количество поливов	норма	количество поливов	норма	количество поливов
Зерновые:									
легкие	1900	1000	1	нет	нет	600	2	300	1
тяжелые	1250	500	1	»	»	500	2	250	1
Травы:									
легкие	5800	500	1	»	»	800	2	4500	9
тяжелые	5000	400	1	»	»	600	2	4000	10
Картофель:									
легкие	4900	500	1	1500	2	400	1	2500	5
тяжелые	4000	400	1	1500	3	300	1	1800	6
Капуста:									
легкие	5400	500	1	2000	2	500	1	2400	6
тяжелые	5200	400	1	2000	3	400	4	2400	6

Полезную площадь полей можно определять по формуле (в *га*):

$$F = Q : q,$$

где Q — среднесуточный приток сточных вод в $м^3$;
q — среднесуточная норма нагрузки в $м^3$ на 1 *га*.

К полезной площади полей добавляют площади на оросительную сеть, дороги, разделительные валики, оцениваемые в 15—20% от полезной площади. При устройстве на полях сооружений механической очистки (решеток, отстойников, иловых площадок) прибавляют площади для их размещения.

При организации коммунальных полей орошения или полей фильтрации учитывают площади, занимаемые осушительной дренажной сетью, отводящей профильтрованную воду в водоем. Осушительная сеть выполняется в виде канав при песчаных и супесчаных почвах, а при почвах плохо фильтрующих в виде подземной дренажной сети — из гончарных или асбестоцементных труб, укладываемых на глубину 1,25—1,5 *м*, диаметром 50—100 *мм* и взаимном расстоянии от 6,5 до 16 *м*. Длину отдельных дрен можно принимать до 100 *м*, а уклон труб — от 0,00025 до 0,005.

Если на полях фильтрации или орошения применяют зимнее намораживание сточных вод по площадям, то площадь полей проверяют на намораживание по следующей формуле:

$$F_н = \frac{Q_{зимн} \cdot 0{,}75}{h \cdot 10\,000\gamma},$$

где $Q_{зимн}$ — количество сточных вод за зимний период в $м^3$;
0,75 — коэффициент, учитывающий фильтрацию и испарение намораживаемых сточных вод;
h — высота слоя намораживания 0,6—0,8 $м$;
γ — плотность льда из сточных вод 0,9.

Биологическая очистка бытовых сточных вод небольших объектов с суточным количеством до 35 $м^3$ может быть организована путем подземной фильтрации.

Сточные воды обрабатываются в септике и через несложное дозирующее устройство (качающийся желоб) направляются в сеть оросительных труб, укладываемых в почве на глубине от 0,75 до 1 $м$, а для южных районов — 0,4 $м$.

Трубы применяют гончарные — дренажные или асбестоцементные диаметром 75—150 $мм$. Взаимное расстояние между линиями труб принимают от 1 до 2 $м$, а длину дрен — не более 20 $м$. Уровень грунтовых вод должен отстоять от низа трубы не менее чем на 1 $м$.

Оросительные гончарные трубы укладывают так, чтобы между их концами оставались зазоры в 8—12 $мм$. Стыки труб перекрывают накладками из толя или руберoида. В нижней части асбестоцементных труб делают 8—12-$мм$ пропилы шириной на взаимном расстоянии до 80 $см$.

При отсутствии труб возможна укладка оросителей и в виде лотков из кирпича или досок, пропитанных антисептиками. При укладке труб в супесчаных и суглинистых почвах трубы обсыпают слоем щебня или гравия в 0,15 $м$. Ниже (табл. 21) указаны нагрузки сточных вод на поля подземной фильтрации.

Таблица 21

Нагрузки сточных вод на поля подземной фильтрации

Расстояние в $м$ от низа трубы до уровня грунтовых вод	Нагрузка в $л$ на 1 $м$ оросительной трубы в сутки	
	песчаные грунты	легкие суглинки (песка до 70%)
1—1,5	12—18	7—8
Более 1,5	15—25	6—10

Необходимую протяженность оросительных труб определяют по формуле:

$$L = Q : q_1,$$

где Q — среднесуточный приток сточных вод в $л$;
q — суточная нагрузка сточных вод на 1 $м$ трубы в $л$.

Для обеспечения аэрации почвы в конце оросительных труб устраивают приточные вентиляционные стояки, выводимые на 1—1,4 $м$ выше поверхности земли.

Биологические пруды

Процессы естественного самоочищения водоемов воспроизводятся в биологических прудах, которые эксплуатируются с разбавлением предварительно осветленных сточных вод чистой речной водой. Серийные пруды эксплуатируются и без разбавления, с пропуском неосветленных сточных вод через несколько ступеней прудов; в этом случае первая ступень их является отстойником, где происходят выпадение взвешенных веществ и подготовка сточных вод к биологической очистке в последующих ступенях прудов.

В биологических прудах органические вещества окисляются кислородом, находящимся в чистой речной воде, а также за счет реаэрации водным зеркалом. Нагрузка осветленных сточных вод принимается с учетом температурных условий районов от 100 до 300 $м^3$ на 1 *га* поверхности в сутки.

Серийные пруды делают не менее чем в пять ступеней. Под влиянием природных факторов степень чистоты воды последовательно увеличивается по ступеням. Последний пруд перед выпуском в водоем можно использовать и для разведения рыбы. Нагрузка на 1 *га* серийных прудов принимается в 100—200 (в среднем 125) $м^3$ сточных вод в сутки.

Биологические пруды можно организовать в таких районах, где из-за неблагоприятных грунтов нельзя устраивать почвенную очистку; они действуют только в теплое время года, зимой сточные воды намораживаются на площадях прудов. Пруды делают глубиной 0,5—1 *м*, что обеспечивает поверхность соприкосновения воды с воздухом и ее перемешивание.

Расчет прудов производится по нагрузке; площадь прудов:

$$F = Q : q,$$

где Q — среднесуточный приток сточных вод в $м^3$;
q — норма нагрузки в $м^3$ на 1 *га* в сутки.

3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Биологические фильтры

Сточные воды после предварительного отстаивания поступают на биологический фильтр и равномерно распределяются по его поверхности. Просачиваясь через загрузку фильтра, жидкость обтекает ее частицы, на которых образуется бактериальная пленка. Она адсорбирует органические вещества сточных вод, а заселяющие пленку бактерии минерализуют органическое вещество. Профильтровавшаяся вода проходит через дренажное дно и лотком отводится с фильтра (рис. 85).

На поверхности фильтра сточные воды разбрызгиваются из насадок диаметром 15—25 *мм*, смонтированных на сети разводящих труб, или специальными оросителями.

Сточные воды поступают в разводящие трубы через дозирующий бак, автоматически включающийся при наполнении. Залповое опорожнение емкости дозирующего бака с выбросом воды на поверхность фильтра через насадки происходит с интервалами в 15 мин.

Подобное периодическое орошение фильтра дает возможность чередования напуска воды с перерывами, в течение которых происходит аэрация фильтра.

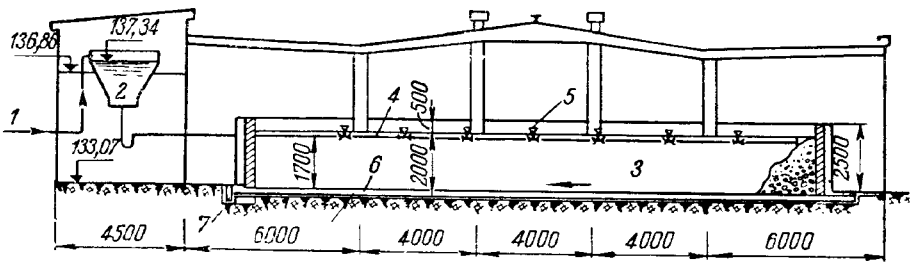


Рис. 85. Биологический фильтр:

1 — подача сточных вод; *2* — дозирующий бак; *3* — загрузка фильтра; *4* — распределительная труба; *5* — спринклеры; *6* — поддренажное пространство; *7* — отводной лоток

Интенсивность окислительных процессов в биофильтре выше, чем при почвенных способах очистки сточных вод; это объясняется значительно большей рабочей зоной фильтра и доступом воздуха в загрузку как с разбрызгиваемой жидкостью, так и через дренаж. Если на 1 *га* полей фильтрации с песчаной почвой очищают 150 $м^3$ сточных вод в сутки, то на 1 *га* биофильтров можно очистить сточных вод в 100 раз больше. Эффект очистки на биофильтрах оценивается снижением БПК сточных вод на 86—90%, появлением в воде растворенного кислорода и нитратов — 15—20 *мг/л*; количество бактерий уменьшается на 80—90%.

Нормальная загрузка биофильтра общей высотой в 2 *м* состоит из следующих (считая от дна) слоев шлака или щебня твердых каменных пород:

первый слой высотой	0,2 *м*	из частиц . .	70—50 *мм*
второй „ „	1,6 „	„ „ . .	50—30 „
третий „ „	0,2 „	„ „ . .	30—20 „

При плоском рельефе местности высоту загрузки можно уменьшить до 1,5 *м*.

Дренаж фильтров устраивается кирпичный или из железобетонных плит.

Основным параметром для расчета биофильтров является их окислительная мощность, т. е. то количество граммов кислорода, которое может быть поглощено 1 $м^3$ загрузки в сутки для снижения БПК сточных вод.

Величина окислительной мощности зависит от состава и температуры сточных вод, температуры воздуха, конструкции фильтра и условий обеспеченности фильтра воздухом (табл. 22).

Таблица 22

Окислительная мощность биофильтров (при среднезимней температуре сточных вод + 10° и котельном шлаке в качестве загрузки)

Среднегодовая температура воздуха	Окислительная мощность в *г* кислорода на 1 *м*³ загрузки в сутки	
	для фильтров в отапливаемых или утепленных помещениях	для фильтров открытых
До + 3°	200	—
От + 3° до + 7°	250	150
От + 7° до + 10°	300	250
Выше + 10°	—	300

При среднезимней температуре сточных вод, отличающейся от $t+10°$, окислительную мощность пропорционально увеличивают при повышении или уменьшают при понижении этой температуры.

Применение для загрузки фильтра щебня вместо котельного шлака снижает окислительную мощность, по табл. 22, в 1,2 раза, а при гравии — в 1,5 раза.

Если среднезимняя температура сточных вод бывает ниже 6°, то применение биофильтров не допускается. При среднегодовой температуре воздуха +3° фильтры любой производительности, а при среднегодовой температуре воздуха от +3 до +7° фильтры производительностью до 800 *м*³ в сутки следует размещать в отапливаемом помещении.

Нагрузку сточных вод на биофильтр q определяют по следующей формуле:

$$q = \frac{OM}{L_a - L_в},$$

где OM — окислительная мощность в *г* кислорода на 1 *м*³ загрузки в сутки;

$L_a - L_в$ — снижение биохимической потребности в кислороде сточных вод при прохождении их через фильтр (L_a — начальная и $L_в$ — конечная БПК сточных вод).

При полной очистке конечную БПК ($L_в$) можно считать стремящейся к 0; тогда объем загрузки фильтра W в *м*³ определится:

$$W = \frac{L_a \cdot Q}{QM},$$

где Q — количество сточных вод в *м*³/*сутки*;

OM — окислительная мощность в *г* кислорода на 1 *м*³ загрузки в сутки.

Объем загрузки фильтра можно также определять в $м^3$ на одного человека, пользующегося канализацией:

$$W_{ж} = \frac{40}{ОМ},$$

а общий объем загрузки — по следующей формуле:

$$W = \frac{40N}{ОМ},$$

где 40 — БПК бытовых сточных вод в *г/сутки* на одного человека;
N — число жителей в поселке, городе.

При очистке смеси бытовых и производственных сточных вод, аналогичных по составу с бытовыми, определяют приведенное число жителей, представляющее собой сумму фактического числа жителей поселка, города, и эквивалентное число жителей.

$$N_{пр} = N_{ж} + N_{экв.пр}.$$

Общий объем фильтрующей загрузки фильтра будет

$$W = \frac{40}{ОМ} \cdot N_{пр}.$$

Площадь биофильтра F в $м^2$ определяется по формуле:

$$F = W : H,$$

где H — высота слоя загрузки в *м*.

Биофильтры устраивают в виде отдельных секций, количество которых следует принимать кратным числу первичных отстойников, допуская площадь одной секции не более 1000 $м^2$.

Расчеты биофильтров по окислительной мощности не отражают всех процессов биохимического окисления органического вещества сточных вод, ибо величина $БПК_{20}$ определяет только ту часть органического вещества, окисляемого бактериями, которая служит источником энергии для их жизнедеятельности. Часть органического вещества сточных вод, идущая на увеличение массы бактерий ими синтезируемая, определяется разницей между ХПК [1] и $БПК_{20}$ [2].

Увеличение массы бактерий на биофильтре наблюдается по приросту биологической пленки. При очистке бытовых вод этот прирост незначительный, а при очистке кожевенных вод он бывает таким интенсивным, что вызывает заиление пор фильтрующего материала и быстрое прекращение фильтрации. Поэтому очищать кожевенные воды на биофильтрах можно только при их разбавлении, соответствующем значению $БПК_5$ 500—600 *мг/л*.

Для бытовых вод $БПК_{20}$ составляет 86% от ХПК, а для кожевенных вод — 52,9%; следовательно, прирост пленки на биофильтре при очистке кожевенных вод должен быть почти в три раза больше, чем при очистке бытовых вод.

---

[1] ХПК — химическая потребность в кислороде.
[2] БПК — биохимическая потребность в кислороде (см. гл. IX).

Пример. Определить размеры и количество биологических фильтров для очистки сточных вод в количестве $Q = 3000$ *м*³/*сут*, из которых: 2000 *м*³ сточных вод камвольно-суконной фабрики, имеющих $L_1 = \text{БПК}_{20}$ 500 *г*/*м*³, и бытовых вод 1000 *м*³ с $L_a = \text{БПК}_{20}$ 400 *г*/*м*³.

Приведенная L_a смеси сточных вод будет выражаться следующей формулой:

$$L_a = \text{БПК}_{20} = \frac{2000 \cdot 500 + 1000 \cdot 400}{2000 + 1000} \cong 467 \ г/м^3.$$

Среднегодовая температура воздуха в районе строительства + 8°. По табл. 22 определяем окислительную мощность биофильтров при их загрузке котельным шлаком окислительной мощностью 250 *г* кислорода на 1 *м*³ загрузки в сутки.

Необходимый объем биофильтров:

$$W = \frac{L_a \cdot Q}{OM} = \frac{467 \cdot 3000}{250} = 5604 \ м^3.$$

При высоте слоев загрузки в 2 *м* площадь фильтров будет:

$$F = 5604 : 2 = 2802 \ м^2.$$

К устройству принимаются четыре секции фильтров площадью каждая 700 *м*². Размеры секций в плане 30 × 23,5 *м*.

Вентиляция биофильтров необходима для обеспечения кислороду жизнедеятельности аэробных бактерий, заселяющих биологическую пленку, а также для удаления углекислоты, образующейся при минерализации бактериями органических веществ.

Вентиляция биофильтров достигается естественная вследствие разности температур сточных вод и воздуха. При температуре жидкости, большей температуры воздуха, его ток в загрузке фильтра будет восходящим от дренажа к поверхности; при обратном соотношении температур ток воздуха будет нисходящим. При одинаковой температуре сточных вод и воздуха вентиляция прекращается.

Биофильтры, размещенные на открытом месте, обеспечиваются естественной вентиляцией.

При размещении фильтров в отапливаемых зданиях они должны оборудоваться вентиляцией с искусственным побуждением и подогревом подаваемого воздуха зимой.

Необходимое количество воздуха определяется по формуле Н. А. Базякиной:

$$W_{возд} = M : 21,$$

где $W_{возд}$ — количество воздуха в *м*³ на 1 *м*³ загрузки фильтра в сутки;
M — окислительная мощность в *г*/*м*³ кислорода в сутки;
21 — содержание кислорода в воздухе в %.

При установке фильтров в неотапливаемом здании применяется устройство дефлекторов в крыше здания; приток воздуха при этом осуществляется через фрамуги окон или через приточные отверстия (в стенках), снабженные шиберами, для регулирования притока воздуха.

Высоконагружаемые биофильтры

Для увеличения нагрузки сточных вод на биологические фильтры применяется их видоизмененная конструкция, называемая высоконагружаемыми биофильтрами.

Обыкновенные биофильтры, работая с нагрузкой 0,1—0,8 $м^3$ сточных вод на 1 $м^3$ загрузки в сутки, практически обеспечивают полную минерализацию органического вещества. Нагрузка высоконагружаемых фильтров достигает 10 $м^3$ сточных вод на 1 $м^3$ загрузки. Органические загрязнения очищаемой жидкости здесь полностью не минерализуются, вследствие чего осуществляется только частичная биологическая очистка, при которой $БПК_5$ сточных вод не снижается ниже 60—70 *мг/л*.

Основными условиями работы высоконагружаемых фильтров являются: 1) высокая степень предварительного отстаивания сточных вод, 2) невысокая концентрация органических загрязнений сточных вод с $БПК_5$ не выше 200 *мг/л*.

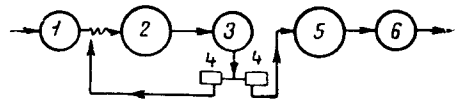


Рис. 86. Схема двухступенчатого высоконагружаемого биофильтра:
1 — первичный отстойник; *2* — биофильтр 1-й ступени; *3* — отстойник; *4* — насосы; *5* — биофильтр 2-й ступени; *6* — отстойник

В тех случаях, когда $БПК_5$ очищаемой жидкости превышает 200 *мг/л*, применяется так называемая рециркуляция жидкости (с возвращением части очищенной воды из отстойника после фильтра в поток воды, поступающей на фильтр, см. рис. 81). Количество воды для разбавления определяют расчетом для достижения $БПК_5$ смеси не выше 200 *мг/л*.

Нагрузку сточных вод на биофильтр определяют уравнением:

$$q \cdot n = \frac{OM}{БПК_c},$$

где q — количество неочищенных сточных вод в $м^3$ на 1 $м^2$ фильтра;
n — коэффициент рециркуляции (отношение общего количества воды, подаваемой на фильтр, к количеству поступающих неочищенных сточных вод);
OM — окислительная мощность фильтра в *г* кислорода на 1 $м^2$ площади фильтра в сутки;
$БПК_c$ — биохимическая потребность в кислороде подаваемой на фильтр смеси неочищенной и очищенной воды.

Величина необходимого коэффициента рециркуляции зависит от начальной и конечной концентрации сточных вод:

$$n = \frac{БПК_н + (n-1)\,БПК_о}{БПК_c},$$

где $БПК_н$ — биохимическая потребность в кислороде неочищенных сточных вод;
$БПК_0$ — то же, очищенных.

Высоконагружаемые биофильтры выполняются конструктивно так же, как обычные биофильтры. Высота слоя их загрузки достигает 2 *м* и может повышаться до 4 *м*. Их можно применять в тех случаях, когда по условиям спуска сточных вод достаточна неполная биологическая очистка с частичным снижением БПК.

При необходимости полной биологической очистки применяется двухступенчатая фильтрация (рис. 86).

Аэрофильтры

По принципу работы аэрофильтры аналогичны обычным биофильтрам, но оборудуются искусственной вентиляцией загрузки. Сточные воды перед подачей на аэрофильтр должны проходить полное осветление и частичную биологическую очистку, после чего на аэрофильтрах происходит глубокое окисление оставшегося органического вещества.

Предварительная частичная очистка сточных вод и искусственная вентиляция тела фильтра дают возможность увеличить высоту загрузки до 4 *м* и применять фильтрующий материал из более мелких фракций.

Расчет аэрофильтров производят так же, как и обычных фильтров, необходимое количество воздуха принимают в 20—25 $м^3$ на 1 $м^3$ очищаемых сточных вод.

Окислительная мощность аэрофильтров может быть доведена до 600—800 $г/м^3$ кислорода на 1 $м^3$ загрузки.

Вторичные отстойники после биофильтров

Отстойники для задержания взвешенных веществ, выносимых с фильтров (частицы биологической пленки, разрушившейся загрузки), применяют обычно вертикальные (табл. 23) и реже — горизонтальные или радиальные.

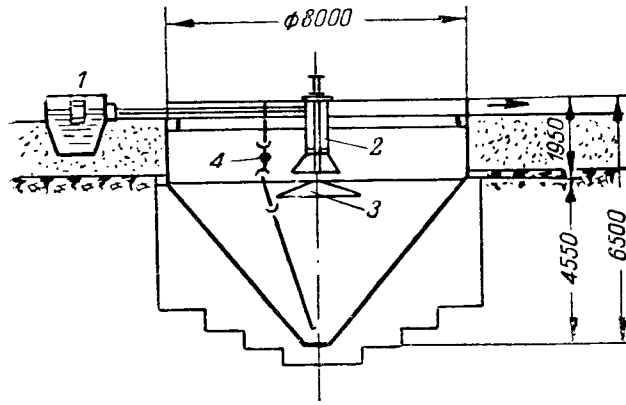


Рис. 87. Вторичный отстойник:
1 — распределительная камера; *2* — центральная труба; *3* — щит-отражатель; *4* — выход иловой трубы

Время отстаивания по максимальному притоку сточных вод принимают 0,5 часа, скорость движения жидкости в вертикальных отстойниках — 1 *мм/сек*, а в горизонтальных — до 10 *мм/сек*. Объем иловой части отстойников для бытовых сточных вод определяется по норме осадка 0,2 *л/сутки* на одного человека, при влажности осадка 97,5% и периоде хранения осадка в отстойнике до двух суток. Количество осадка производственных сточных вод определяют по их составу опытным путем (рис. 87).

Отстаивание очищенных сточных вод после высоконагружаемых биофильтров длится от 1 до 2 час.

Таблица 23

Основные размеры типовых вторичных отстойников

Диаметр	Полная высота	Площадь отстойника	Площадь центральной трубы	Производительность
в *м*		в $м^2$		в $м^3$
4	3,85	12,5	0,16	45
5	4,35	19,6	0,2	70
6	4,85	28,2	0,3	100
7	6	38	0,42	143
8	6,55	50,2	0,49	180

Аэротенки

Наиболее совершенным инженерным сооружением для очистки сточных вод являются аэротенки, процесс окисления органических веществ в которых происходит в движущейся в резервуаре аэротенка массе воды с искусственным введением активного ила и воздуха.

Активный ил, хлопьевидные частицы вещества, заселенные аэробными бактериями, выносится из работающего сооружения с очищенной водой и выделяется во вторичных отстойниках. Часть активного ила возвращается в аэротенки, объем циркулирующего ила составляет 40—50% от объема очищаемой воды.

За первые 15—30 мин. очистки происходит адсорбция органических веществ сточных вод хлопьями активного ила и окисление наиболее легко окисляющейся их части, что приводит к снижению БПК жидкости на 40—50%.

Окисление оставшейся массы органического вещества и его нитрификация происходят более замедленно.

Скорость окисления органического вещества зависит от концентрации активного ила, количество которого составляет 1—3 *г/л* в пересчете на сухое вещество. Большие концентрации ила применяются при очистке производственных концентрированных сточных вод.

Окислительный процесс для снижения БПК жидкости в пределах 10—25 *мг/л* и появления в ней нитратов продолжается 8—14 час. Такая очистка называется полной, а аэротенк — работающим на полную очистку (см. рис. 80).

В тех случаях, когда можно ограничиться частичным снижением БПК сточных вод (в пределах 50%), принимают режим работы аэротенков на неполную очистку, т. е. на первую ступень окислительного процесса (рис. 88). Активный ил в этом случае содержит много адсорбированных и неокисленных органических веществ и теряет свои активные свойства. Поэтому его обрабатывают продувкой воздухом в специальных отделениях аэротенков — регенераторах, отводя под них 20—50% объема сооружения. Процесс неполной очистки длится 2—4 часа.

Если аэротенки на полную очистку обрабатывают производственные сточные воды, необходимо устраивать регенераторы объемом 20—30% от общей емкости сооружения.

Распределение воздуха в массе движущейся воды осуществляется через фильтросы. Они представляют собой проницаемые для воздуха пластины (бакелитовые и пр.), изготовляемые на заводах размером 30×30 *см*. Фильтросы размещаются по дну сооружения, покрывая подфильтросные каналы. Воздух подается в каналы по трубам диаметром 37—150 *мм*, присоединенным к воздуховодам от турбокомпрессоров (рис. 89, 90).

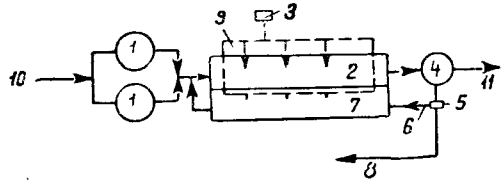


Рис. 88. Схема работы аэротенка на неполную очистку:

1 — первичные отстойники; *2* — аэротенк; *3* — воздуходувная станция; *4* — отстойник активного ила; *5* — иловый насос; *6* — подача ила в регенератор *7*; *8* — сброс излишнего ила; *9* — воздух; *10* — впуск; *11* — выпуск

При отсутствии фильтросов воздух распределяют через сеть перфорированных труб, укладываемых по дну резервуара. Такое распределение воздуха не эффективно, так как коэффициент использования воздуха K снижается с 10—12 при фильтросах до 6 при применении труб.

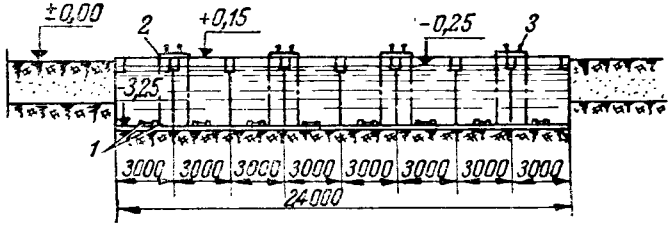


Рис. 89. Разрез аэротенка:

1 — подфильтросные каналы и фильтросы; *2* — воздуховоды; *3* — магистральные воздуховоды

Расчет аэротенков по количеству подаваемого воздуха производят по формуле:

$$A = \frac{L_a - L_б}{KHd},$$

где A — количество воздуха на 1 $м^3$ сточных вод в час в $м^3$;

L_a — БПК$_{20}$ очищаемых сточных вод в *мг/л*;

$L_б$ — БПК$_{20}$ очищенных сточных вод в *мг/л*;

K — коэффициент использования воздуха 10—12 для фильтросов и 6 — для перфорированных труб;

H — глубина слоя воды в аэротенке (2—4 *м*);

d — дефицит кислорода, растворенного в воде, в долях от полного насыщения при данной температуре.

Величина дефицита растворенного кислорода при полной очистке принимается 0,5 (средняя из полного дефицита в начале аэротенка и почти полного насыщения кислородом очищенной жидкости в его конце).

Значение БПК очищенной воды $L_б$ считают при этом стремящейся к нулю. Тогда

$$A = \frac{2L_a}{KH}.$$

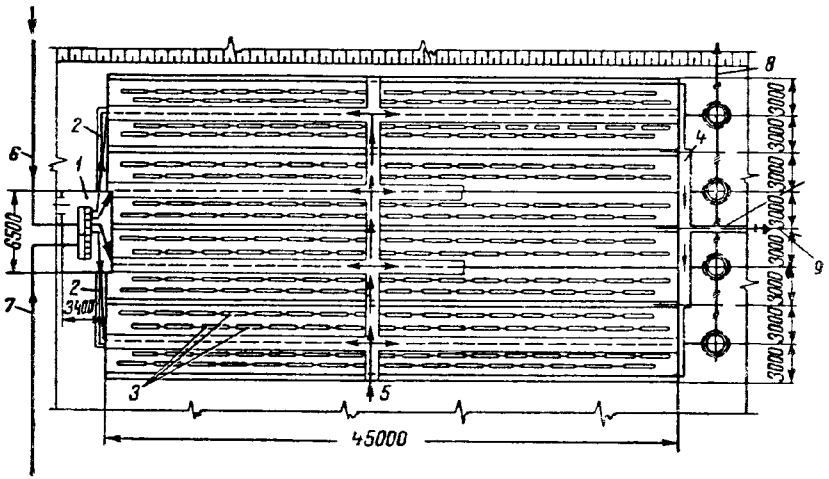


Рис. 90. План аэротенка:

1 — распределительная камера; *2* — подача сточных вод в секции аэротенка; *3* — фильтросы; *4* — сборный лоток; *5* — подача сжатого воздуха; *6* — вода от отстойников; *7* — активный ил из регенератора; *8* — выпуск из аэротенков; *9* — очищенная вода во вторичные отстойники

При неполной очистке растворенного кислорода в очищенной жидкости нет, и дефицит его принимается равным единице; тогда:

$$A = \frac{L_a - L_б}{K \cdot H}.$$

Если считать снижение БПК при неполной очистке на 50%, то формула будет выражена:

$$A = \frac{L_a}{2 \cdot K \cdot H}.$$

Исходя из определенного расхода воздуха на 1 $м^3$ воды, находят его расход на часовое количество очищаемой воды в $м^3$:

$$v = A \cdot Q.$$

Основные размеры аэротенков находят по величине интенсивности аэрации I, т. е. по количеству воздуха на 1 $м^2$ поверхности сооружения в час (табл. 24).

Таблица 24

Интенсивность аэрации при температуре сточных вод 10°

Начальное $БПК_{20}$ сточных вод в *мг/л*	Интенсивность аэрации в $м^3/час$ на 1 $м^2$
150	3,5
200	4
250	4,5
300	5
400	6
500	7
600	8

Интенсивность аэрации при неполной очистке определяют по формуле:

$$I = \frac{2{,}3 \cdot \kappa L_б}{K_1},$$

где κ — константа, равная 0,16;

$L_б$ — $БПК_{20}$ очищенной воды;

K_1 — коэффициент использования воздуха.

Приняв интенсивность аэрации или найдя ее по формуле (для случая неполной очистки), определяют площадь аэротенка в $м^2$

$$F = v : I$$

и его объем в $м^3$

$$W = F \cdot H.$$

По ширине одного отделения аэротенка B находят его полную длину. Глубину аэротенка принимают от 2 до 4 *м*. Ширина отделения равна обычно одной или двум его глубинам.

Общую строительную глубину аэротенка определяют по глубине слоя воды и высоте бортов в 0,4—0,5 *м* от уровня воды.

По объему аэротенка W и среднечасовому расходу сточных вод устанавливают время аэрации t:

$$t = W : Q = \text{часов}.$$

Пример. Определить основные размеры аэротенка на полную очистку сточных вод — 300 $м^3/час$ с $L_a = БПК_{20} = 250$ *мг/л*. Глубина слоя воды принимается 3 *м*, распределение воздуха фильтросами ($\kappa = 12$). Количество воздуха на 1 *м* сточных вод:

$$A = \frac{2\,L_a}{K \cdot H} = \frac{2 \cdot 250}{12 \cdot 3} \approx 13{,}85\ м^3, \text{ откуда:}$$

$v = 13{,}85 \cdot 300 = 4155\ м^3$ час.

Интенсивность аэрации (см. табл. 24):

$$I = 4{,}5 \ м^3/м^2 \text{ в час.}$$

Общая площадь аэротенков:

$$F = 4155 : 4{,}5 = 923{,}3 \ м^2.$$

Общий полезный объем аэротенков:

$$W = 923{,}3 \cdot 3 \approx 2770 \ м^3.$$

Время аэрации:

$$t = 2770 : 300 \approx 9{,}2 \text{ часа.}$$

Ширина отделений 3 *м*; тогда общая длина аэротенков:

$$L = 923{,}3 : 3 = 307{,}8 \ м.$$

Приняв трехкоридорные аэротенки с длиной каждого коридора 25 *м*, определяем количество таких коридоров:

$$n = 307{,}8 : 75 \approx 4.$$

Имея данные о количестве воздуха, определяют необходимое давление в системе у фильтроса:

$$H_г = H + h_{ф} + h_{г} + h_{м},$$

где H — глубина слоя воды в аэротенке в *м*;

$h_{ф}$ — потери давления в фильтросе — 500 *мм* вод. ст.;

$h_{г}$ — потери давления по длине воздуховода в *мм* вод. ст.;

$h_{м}$ — местные потери давления в отводах, тройниках, кранах в *мм* вод. ст.

В воздуходувной станции (рис. 91) устанавливают рабочие и запасной турбокомпрессоры, а также насосы перекачки активного ила.

Расчет аэротенков-смесителей (см. рис. 82), применяемых для очистки концентрированных производственных сточных вод (красильных и пр.), производят по методу проф. Н. А. Базякиной.

Объем аэротенков-смесителей:

$$W = Tq = \frac{B}{M} q,$$

где W — полезный объем аэротенка в $м^3$;

T — время аэрации в часах;

q — количество сточных вод в $м^3/час$;

B = БПК$_{20}$ сточных вод в $г/м^3$;

M — постоянная скорость потребления кислорода в $мг/л \, час$, зависящая от вида сточных вод. Для бытовых вод $M = 31{,}5 \cdot a$, для красильных вод $M_1 = 12 \cdot a$;

a — концентрация активного ила в *г* сухого вещества ($a = 3$ *г/л*).

Для смеси бытовых и производственных сточных вод время аэрации принимается равным сумме продолжительности аэрации для каждого вида сточных вод. Тогда объем аэротенков будет выражен следующей формулой:

$$W = (T + T_1) q = \left(\frac{A}{M} + \frac{B}{M}\right) q,$$

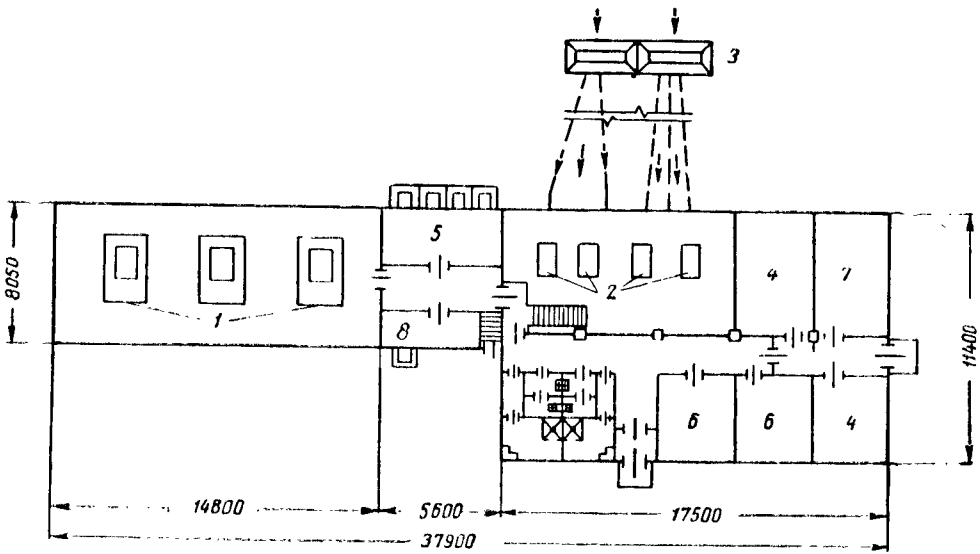


Рис. 91. План воздуходувной и насосной станции:

1 — турбокомпрессоры; *2* — иловые насосы; *3* — сборные резервуары; *4* — лаборатория; *5* — мастерская; *6* — подсобные помещения; *7* — трансформаторная; *8* — фильтр камера

где A — БПК за счет бытовых вод;
B — БПК за счет производственных вод.

Интенсивность аэрации будет:

$$I = \frac{M}{3\,d\,p},$$

где d — дефицит кислорода ($d = 0{,}5$—$0{,}7$);
p — процент использования кислорода при $d = 1$ и глубине слоя воды $H = 1$ *м*, для фильтросов $= 4{,}34$.

Общий расход воздуха на 1 $м^3$ сточных вод в $м^3$:

$$D = \frac{IT}{H},$$

где D — расход воздуха;

T — продолжительность аэрации $T = \frac{A}{M} + \frac{B}{M_1}$;

H — высота слоя воды (обычно $H = 3$ *м*).

Площадь аэротенка в $м^2$:

$$F = W : H.$$

На регенератор выделяется 30% объема аэротенков.

Пример. Определить объем аэротенка-смесителя на очистку смеси 300 $м^3/час$ красильных вод и 100 $м^3/час$ бытовых.

$БПК_{20}$ красильных вод составляет 500 *мг/л*, а бытовых — 350 *мг/л*.

$БПК_{20}$ смеси сточных вод составляет 462,5 *мг/л*, из них:

$$A = \frac{25 \cdot 350}{100} = 87{,}5 \text{ мг/л за счет бытовых вод;}$$

$$B = \frac{75 \cdot 500}{100} = 375 \text{ мг/л за счет красильных вод.}$$

При концентрации активного ила $a = 3$ *г/л* время аэрации определяют

$$T = \frac{A}{M} + \frac{B}{M_1} = \frac{87{,}5}{31{,}5 \cdot 3} + \frac{375}{12 \cdot 3} = 0{,}92 + 10{,}4 = 11{,}32 \text{ часа.}$$

Объем аэротенка:

$$W = T \cdot q = 11{,}32 \cdot 400 = 4528 \text{ м}^3.$$

Скорость окисления органического вещества:

$$M = \frac{A + B}{T + T_1} = \frac{87{,}5 + 375}{0{,}92 + 10{,}4} = 40{,}8 \text{ мг/л.}$$

Интенсивность аэрации:

$$I = \frac{M}{3\,d\,p} = \frac{40{,}8}{3 \cdot 0{,}5 \cdot 4{,}3 \cdot 1} \approx 6{,}3 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час.}$$

Общий расход воздуха для очистки 1 $м^3$ смеси:

$$D = \frac{IT}{H} = \frac{6{,}3 \cdot 11{,}32}{3} = 23{,}77 \text{ м}^3.$$

Площадь аэротенка (70% от общей площади)

$$F_a = \frac{0{,}7 \cdot 4528}{3} = 1056 \text{ м}^2.$$

Площадь регенератора (30% от общей площади):

$$F_p = \frac{0{,}3 \cdot 4528}{3} = 453 \text{ м}^2.$$

Вторичные отстойники после аэротенков

Для выделения активного ила из очищенных на аэротенках сточных вод применяют вертикальные и радиальные отстойники.

Вертикальные отстойники рассчитывают: на скорость подъема воды 0,5 *мм/сек* и длительность отстаивания 1 час, а объем илевой части отстойников — на хранение ила в течение 1—2 час. при практически непрерывном его выпуске.

Нагрузка радиальных отстойников при продолжительности отстаивания 1 час составляет 1,25—1,7 $м^3$ на 1 $м^2$ поверхности отстойников.

Ил из отстойников выпускается в приемный резервуар иловой насосной станции и перекачивается канализационными насосами в аэротенки или в регенераторы. Излишек ила сбрасывается на иловые площадки или в метантенки.

Прирост активного ила для бытовых вод принимают 1 *л сут* на человека при влажности 98%. Прирост ила для производственных сточных вод устанавливают опытным путем.

Для снижения влажности ила, направляемого на иловые площадки или в метантенки, применяют илоуплотнители. Они представляют собой обычные вертикальные отстойники, рассчитываемые на скорость подъема жидкости 0,2 *м/сек* и время отстаивания 6 час.

4. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды обеззараживают для уничтожения находящихся в них бактерий и устранения опасности заражения водоема.

Обеззараживание сточных вод после механической или биологической очистки (на биофильтрах или аэротенках) производится обычно хлором. Обеззараживания сточных вод после почвенной очистки не требуется.

При взаимодействии хлора с водой происходит выделение соляной (HCl) и хлорноватистой (HOCl) кислот. Последняя легко распадается на соляную кислоту и кислород, действующий в момент выделения как мощный окислитель органического вещества и клеток бактерий. Кроме того, хлор разрушающе действует на бактерии, поглощая водород, входящий в состав их клеток.

Необходимое количество хлора для создания полного обеззараживания определяют по всему количеству органических веществ, в том числе и бактерий, находящихся в воде. Также учитывают и неорганические вещества, окисляющиеся при воздействии хлора.

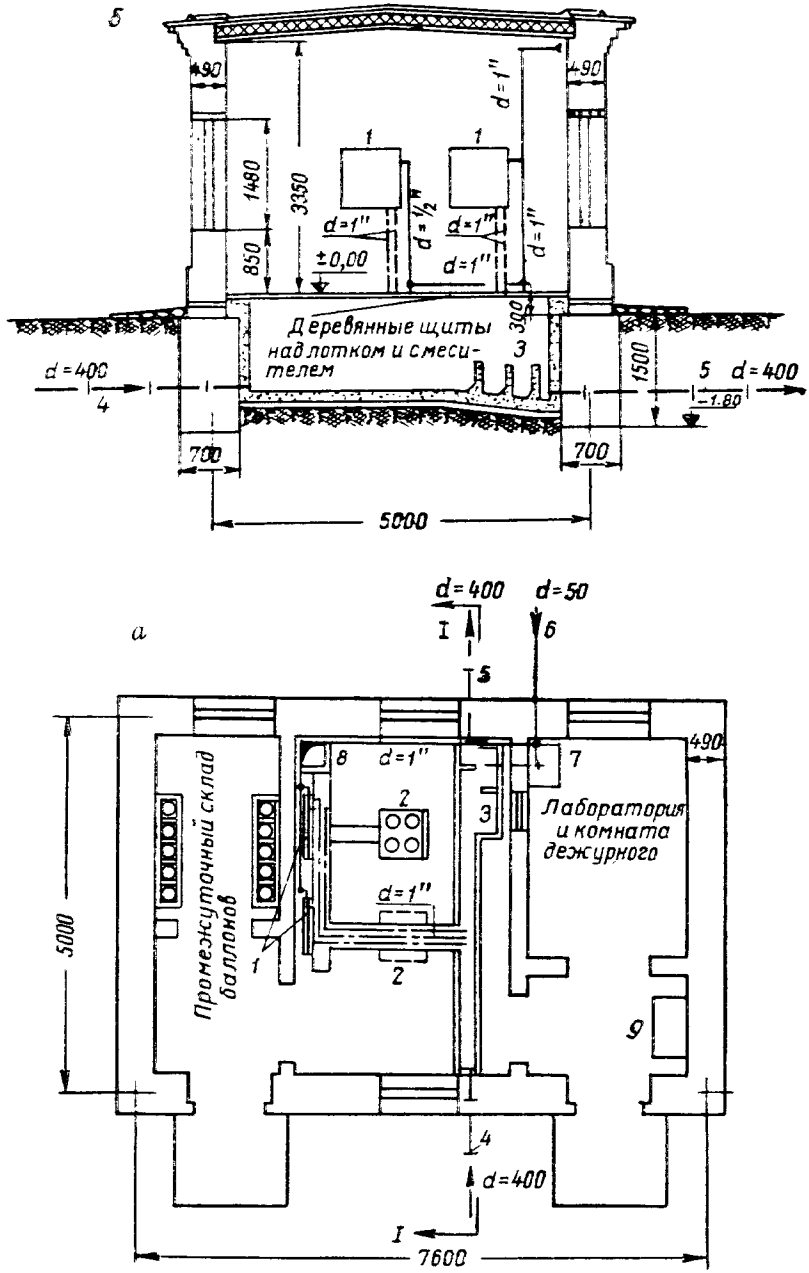


Рис. 92. Хлораторная установка:

а — план; *б* — разрез *I—I*; *1* — хлораторы вакуумные; *2* — весы с баллонами; *3* — смеситель сточных вод с хлором; *4* — подача сточных вод на обработку; *5* — выход хлорированной жидкости; *6* — ввод водопровода; *7* — раковина; *8* — вентиляционная шахта; *9* — шкаф с противогазами

Дозу хлора для обеззараживания сточных вод, прошедших ту или иную очистку, устанавливают в процессе эксплуатации очистных сооружений по данным бактериологических анализов и показателю хлорируемости воды (величина наибольшей дозы хлора в *мг/л*, при введении которой в воду остается после 30-минутного контакта 0,5 *мг/л* избыточного хлора). Для предварительных расчетов дозу активного хлора принимают: при обеззараживании воды после механической очистки 25 *мг/л*; для неполностью очищенной воды в аэротенках или на высоконагружаемых биофильтрах — 10—15 *мг/л*, для воды, прошедшей полную очистку на биофильтрах или в аэротенках, — 5—10 *мг/л*.

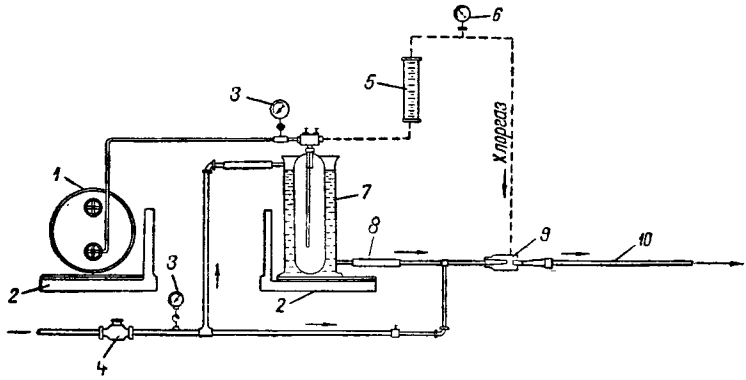


Рис. 93. Схема хлорирования большими дозами хлора:
1 — бочка с жидким хлором; *2* — весы; *3* — манометр; *4* — водомер; *5* — ротаметр; *6* — мановакуумметр; *7*—испаритель; *8*—гибкое соединение; *9* — эжектор; *10* — хлорная вода к месту хлорирования

Хлор необходимо энергично смешивать с обеззараживаемой водой в смесителях, обычно ершового типа, с последующим 30-минутным контактом в специальных резервуарах.

Контактные резервуары при механической очистке сточных вод устраивают по пути движения отстоенной воды от хлораторной к выпуску. При очистке сточных вод на биофильтрах контакт хлора с водой осуществляется во вторичных отстойниках. В случаях очистки сточных вод в аэротенках контактные резервуары устраивают после вторичных отстойников.

Хлорирование сточных вод применяют и для устранения запаха сероводорода в загнившей жидкости с дозой хлора от 5 до 10 *мг/л*. Для ослабления массового размножения на биофильтрах личинок мошки «психоды» производят периодическое хлорирование отстоенных сточных вод такой дозой хлора, чтобы его избыток составлял 3—5 *мг/л*.

Обеззараживание сточных вод возможно жидким хлором и хлорной известью. Жидкий хлор получают с заводов в стандартных баллонах емкостью 25—30 *кг* или в бочках емкостью 0,5—1 *т*.

Хлор или хлорную известь вводят в обрабатываемую жидкость в виде растворов, приготовляемых в хлораторных установках. Основ-

ным оборудованием хлораторных установок с жидким хлором являются стандартные хлораторы, описанные в главе VI (рис. 92).

Для увеличения съема хлоргаза со стандартных баллонов их подогревают водой. В тех случаях, когда требуется введение в сточные воды больших количеств хлора, не обеспечиваемых производительностью стандартных аппаратов, применяют хлорирование из бочек с хлором, без хлораторов (рис. 93).

Хлор поступает из бочки в промежуточный баллон-испаритель, установленный в водяном термостате с циркулирующей водопроводной водой. Тепло воды способствует интенсивному переходу хлора из жидкого состояния в газ. Из баллона хлор засасывается водяным эжектором, смешивается с водой и подается в виде хлорной воды к месту обеззараживания. Учет расхода хлоргаза производится ротаметром. Установки для обеззараживания сточных вод хлорной известью состоят из системы затворных и рабочих баков с дозатором. Емкость баков для растворения хлорной извести определяют по формулам, приведенным в гл. VI.

5. ВЫПУСК В ВОДОЕМЫ

Очищенные сточные воды после обеззараживания, если оно было необходимо, отводятся к месту спуска в водоем по открытому каналу или трубопроводу.

Спуск сточных вод в водоем можно производить непосредственно из канала или трубопровода, с устройством оголовка на выпуске (подпорной стенки). Другим способом выпуска является смешение потока очищенных сточных вод с максимально большой частью речного потока, что достигается рассеивающим выпуском.

Рассеивающий выпуск представляет собой подводную трубу, выведенную в фарватер реки. На трубопроводе устанавливаются тройники, через которые изливается очищенная жидкость. Количество тройников, перекрываемых металлическими зонтами, принимается по расчету, как и их диаметр, а скорость движения воды в трубах — 1 *м/сек*.

Глава XIII

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

1. ВЫДЕЛЕНИЕ ВОЛОКНА

Выделение волокна из производственных сточных вод текстильных фабрик производится неподвижными сетками, устанавливаемыми в колодцах на выпусках из зданий.

Эффективное выделение волокна на фабриках первичной обработки шерсти происходит при пропуске сточных вод через механизированные волокноуловители.

На рис. 94 приведена схема вибрационного волокноуловителя, устанавливаемого в два комплекта. Сточные воды из мойки посту-

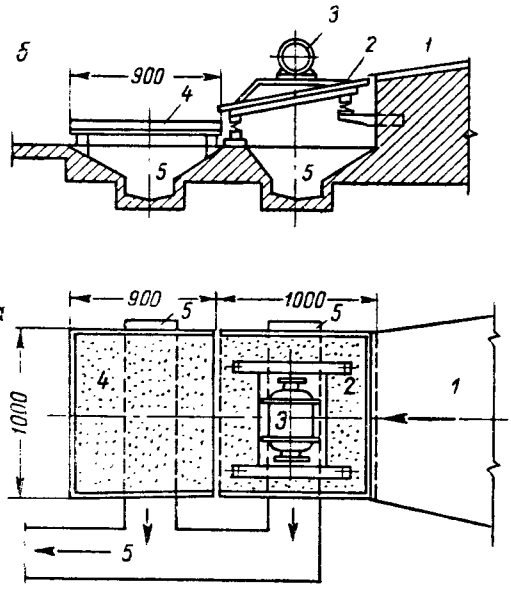


Рис. 94. Вибрационный волокноуловитель:

а — план, *б* — разрез; *1* — лоток поступления сточных вод; *2* — вибрирующая сетка; *3* — мотор с неуравновешенным грузом; *4* — неподвижная сетка; *5* — сборные каналы процеженной воды

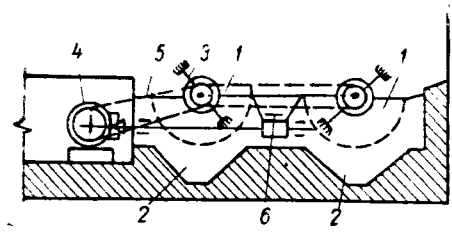


Рис. 95. Волокноуловитель (механизированный).

1 — лотки с перфорированными стенками; *2* — сборные лотки процеженной жидкости; *3* — приспособления для уборки волокна; *4* — мотор; *5* — передача от мотора; *6* — лоток для уловленного волокна

пают в расширение подводящего канала и процеживаются через вибрирующую раму со стальным листом, имеющим прорези 0,5—1 *мм*.

Процеженная вода сливается в отводящий канал, а уловленная шерсть скатывается на вторую неподвижную сетку для обезвоживания и возвращения в производство. Производительность установки, при ширине фронта сетки 1 *м*, составляет 12—15 $м^3$ воды в час. Описанную конструкцию волокноуловителя можно заменять конструкцией (рис. 95), состоящей из двух перфорированных металлических корыт с приспособлениями для удаления уловленной шерсти в промежуточный лоток.

2. УСРЕДНЕНИЕ СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД

Выравнивание неравномерности состава производственных сточных вод производится в усреднителях, представляющих собой прямо-

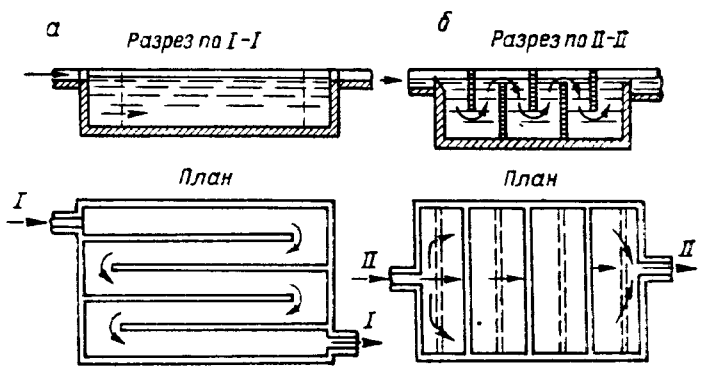


Рис. 96. Усреднитель состава сточных вод:
а — с продольными перегородками; *б* — с поперечными

угольные или круглые в плане резервуары глубиной 1—2,5 *м* с естественной или принудительной циркуляцией жидкости для предупреждения выпадения взвешенных веществ (рис. 96).

Естественное перемешивание жидкости осуществляется направляющими перегородками — поперечными, продольными или концентрическими при круглом резервуаре. Избежать выпадения осадка в таких усреднителях, при обычно принимаемой скорости протекания жидкости 0,3—0,5 *м/сек*, не удается. Поэтому применяется принудительное перемешивание жидкости сжатым воздухом, распределяемым через сеть перфорирования труб, уложенных по дну усреднителя или через фильтросы. Расход сжатого воздуха составляет от 2 до 8 $м^3/час$ на 1 $м^2$ площади сооружения.

Емкость усреднителей зависит от режима спуска сточных вод, их количества и требуемой степени усреднения, соответствуя 4—12-часовому притоку. Для более точного определения емкости составляют график или таблицу концентраций и расходов воды по часам спуска.

При цикличной повторяемости концентрации и расходов сточных вод в течение суток емкость усреднителя определяют по формуле:

$$W = \frac{Q}{2 \cdot \kappa} = \frac{q\,T}{2 \cdot \kappa}\ м^3,$$

где Q — расчетный приток за период T в час.;
q — расход сточных вод в $м^3/час$;
T — продолжительность усреднения в час.;
κ — коэффициент, равный 0,7.

В случае незакономерных колебаний концентрации и расходов сточных вод необходимая продолжительность усреднения определяется подбором, с учетом наиболее неблагоприятных комбинаций, величин колебания концентрации, чтобы средняя концентрация за любой период T не превышала наибольшей допустимой концентрации. В этом случае усреднитель будет сглаживать в основном самые большие концентрации загрязнений.

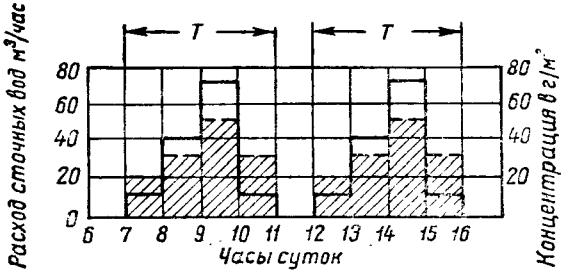


Рис. 97. График концентрации и расхода сточных вод

Пример. Определить емкость усреднителя сточных вод с режимом спуска и концентрацией загрязнений по рис. 97. В графике на рисунке показаны два цикла спуска сточных вод продолжительностью по 4 часа каждый.

Средняя концентрация загрязнений за цикл составляет:

$$\kappa = \frac{10 \cdot 20 + 40 \cdot 30 + 70 \cdot 50 + 10 \cdot 30}{10 + 40 + 70 + 10} = 40\ г/м^3,$$

где 10, 40, 70, 10 — расходы сточных вод в $м^3$;
20, 30, 50, 30 — концентрации загрязнений в $г/м^3$.

Расход сточных вод за цикл:

$$T = 130\ м^3.$$

Емкость усреднителя:

$$W = \frac{T}{2 \cdot \kappa} = \frac{130}{2 \cdot 0{,}7} = 92{,}8 \backsim 100\ м^3.$$

Принимается прямоугольный усреднитель с продольными перегородками. Глубина слоя воды 1 $м$, ширина коридора — 1 $м$.

Площадь сооружения:

$$F = 100 : 1 = 100\ м^2.$$

При количестве коридоров $n = 5$ наибольшая длина коридора 20 $м$.

Для снижения в общем стоке предприятий концентрации синтетических поверхностно-активных веществ или солей тяжелых металлов устраивают уравнительные резервуары. Концентрированные

сточные воды при опорожнении барок или аппаратов поступают в уравнительный резервуар, емкость которого отвечает периодическому притоку. При равномерном выпуске сточных вод в канализационную сеть концентрация загрязнения снижается пропорционально разбавлению их за период опорожнения резервуара.

Уравнительные резервуары оборудуются устройствами для предотвращения выпадения осадка — продувкой сжатым воздухом и пр. Равномерное опорожнение уравнителя достигается установкой поплавкового выпуска или откачкой насосом.

Уравнительные резервуары применяют также для выравнивания неравномерностей спуска в канализацию сточных вод предприятий или районов города. Устраняя выпуск в сеть труб максимальных расходов сточных вод, устройство уравнителя дает возможность рассчитывать сеть труб на средний сток, что дает экономию на диаметрах труб сети.

Расчет уравнительных резервуаров производится по графику расхода сточных вод. Емкость резервуара определяется превышением максимальных расходов над средними.

3. ОСВЕТЛЕНИЕ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ

Основным способом осветления и обесцвечивания производственных сточных вод (отбельно-красильных фабрик, заводов искусственного волокна) является их обработка химическими реагентами с последующим отстаиванием для выделения образующегося осадка.

Перед обработкой сточные воды, при необходимости, усредняются для придания им однородного состава. В качестве реагентов применяют известь CaO, железный купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ вместе с известью или без нее, хлорное железо $FeCl_3$ и реже сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\,H_2O$.

Количество вводимых реагентов должно быть таким, чтобы обеспечить активную реакцию, благоприятную для коагуляции, с образованием хлопьев и выпадением осадка. Необходимая доза реагентов выявляется в процессе эксплуатации установок по данным о составе сточных вод. При реагенте, дающем снижение величины pH (железный купорос), его обычно комбинируют с щелочными реагентами (известью). Ввод реагентов производится в следующем порядке: сначала в сточные воды вводят железный купорос, а затем самостоятельный смеситель — известь.

Для осветления и обесцвечивания отбельных и отбельно-красильных вод средняя примерная доза извести составляет 200—400 *мг/л* и железного купороса 100—200 *мг/л*. Обесцвечивание красильных вод требует увеличения дозы извести до 500—800 *мг/л*.

Продолжительность отстаивания после обработки сточных вод принимается 1,5—2 часа. Количество образующегося осадка влажностью 98—99% составляет 2—3,5% от объема жидкости.

Обесцвечивание сточных вод сернистого крашения, с окислением сульфидов и других сернистых соединений, производится обработкой жидким хлором или хлорной известью с последующим отстаиванием.

Доза хлора зависит от активной реакции и окисляемости сточных вод, при обработке щелочных вод с большой окисляемостью доза хлора увеличивается. Обесцвечивание раствора красителя в водопроводной воде происходит при дозе хлора 25 *мг/л*, обесцвечивание до такой же степени стоков красильных аппаратов окисляемостью 800 *мг/л* требует увеличения дозы хлора до 75—200 *мг/л*.

Для нормального выпадения осадка при хлорировании сточных вод требуется смещение активной реакции ниже pH 9. В противном случае выпадения осадка может и не произойти.

Практически дозы активного хлора колеблются от 50 до 200 *мг/л*. Количество осадка влажностью 98—99% достигает 3—3,5% от объема жидкости, повышаясь в отдельных случаях до 5%.

Обесцвечивание сточных вод сернистого и прямого крашения можно производить путем их продувки сжатым воздухом с добавкой порошкообразных ионитов (сульфированного угля, анионита МН в солянокислой форме) в количестве 3—5 *г/л* или отходов их производства. После введения ионита в обрабатываемую воду ее продувают сжатым воздухом в течение 10—30 мин. с последующим отстаиванием продолжительностью 20—30 мин. Этот способ, достаточно эффективный по результатам обесцвечивания сточных вод (табл. 25), связан, однако, с потреблением большего количества ионитов.

Таблица 25

Обесцвечивание сточных вод

Показатели	Способы обесцвечивания			
	механический (отстаивание)	обработка хлорной известью 50 *мг/л* по Cl	обработка известью 300 *мг/л* по CaO	аэрирование с ионитами
Активная реакция pH	8,7	8,5	10	—
Снижение цветности в %	34	64	60	80—95
Снижение окисляемости в %	22	32—40	60	до 75
Количество осадка от объема воды в %	2,2	3,4	4—6	6—10
Продолжительность отстаивания в час.	1,5	2	2	0,5
Расход 100% реагентов на 1000 $м^3$ воды в *кг*	Нет	50	300	3000—5000

Химическая очистка сточных вод описанными выше способами дает осветленную жидкость с обесцвечиванием в пределах 34—95%. Количество растворенных, недоокисленных органических соединений снижается при этом недостаточно. При начальной окисляемости красильных сточных вод 1000 *мг/л* и ее снижении, при применении извести на 60% окисляемость очищенной воды остается в пределах 400 *мг/л*.

При осветлении и обесцвечивании сточных вод реагенты вводятся в обрабатываемую воду в виде раствора 5—7% крепости или в виде порошка (сухое дозирование). Приготовление растворов железного

купороса, хлорного железа и хлорной извести производится в затворных и растворных баках. Товарная известь, поступающая на очистную установку, подвергается гашению в сцежах (при расходе извести до 4 *м*³/*сут*) или в специальных гасильных аппаратах до состояния известкового молока, перекачиваемого в рабочие баки, оборудованные мешалками или циркуляционными насосами.

Товарная известь содержит активной окиси кальция 50—60%, а хлорная известь — 32—36% активного хлора, что следует учитывать при определении необходимого количества товарных реагентов и помещений для их хранения.

Дозирование растворов коагулянтов осуществляется дозаторами (описанными в главе VI). Дозирование хлоргаза производится стандартными хлораторами, а при больших расходах хлора — по схеме рис. 93.

Реагенты хранятся в складах, а приготовление растворов и дозирование производится в помещениях реагентного хозяйства. На рис. 98 дана схема реагентного хозяйства крупной установки для осветления и обесцвечивания сточных вод. Склад вынесен в зону железнодорожных путей, с доставкой товарной извести в здание реагентного хозяйства контейнерами по монорельсу. Известь поступает в загрузочный бункер на втором этаже и подается в гасильный аппарат, откуда в виде известкового молока поступает в рабочие баки, оборудованные насосами.

Раствор коагулянтов смешивается с обрабатываемой жидкостью в смесителях ершового типа или с механической мешалкой. Отстойники применяются вертикальные, а при большом количестве сточных вод (15—20 тыс. *м*³/*сут* и более) и радиальные.

4. ВЫДЕЛЕНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Сточные воды, содержащие сернокислую медь $CuSO_4$, обрабатывают способами замещения, ионного обмена или нейтрализации известью.

При пропуске медесодержащих вод через отходы стали (опилки, стружки, мелкий лом) медь вытесняется из раствора и замещается железом:

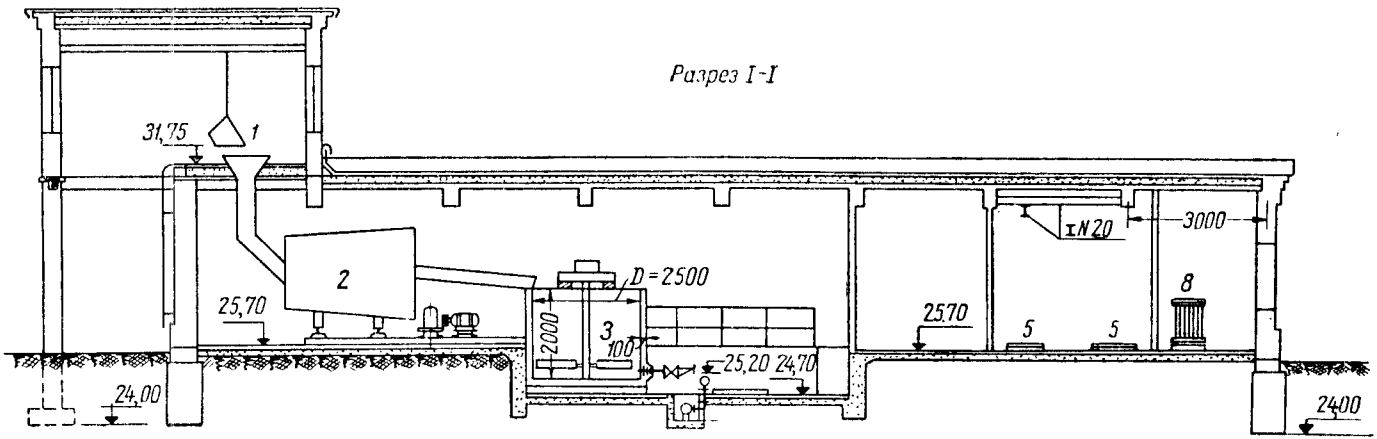
$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu.$$

Выделяющаяся медь оседает на поверхности частиц стали и сравнительно легко отслаивается при перемешивании загрузки. Выпавшую в осадок медь можно периодически удалять и использовать для переплава на товарный металл.

Установки для выделения меди способом замещения состоят из самотечных фильтров, загруженных частицами стали (желательно размерами 2—4 *мм*), высотой слоя не менее 1 *м*. Скорость фильтрации принимается 2—4 *м*/*час*, откуда суточная нагрузка на 1 *м*² фильтра составляет 50—100 *м*³.

Способом замещения медь можно выделять из раствора почти полностью.

Разрез I-I


31,75
1
2
25,70
24,00
D=2500
2000
3
100
25,20
24,70
25,70
IN 20
3000
5
5
8
2400

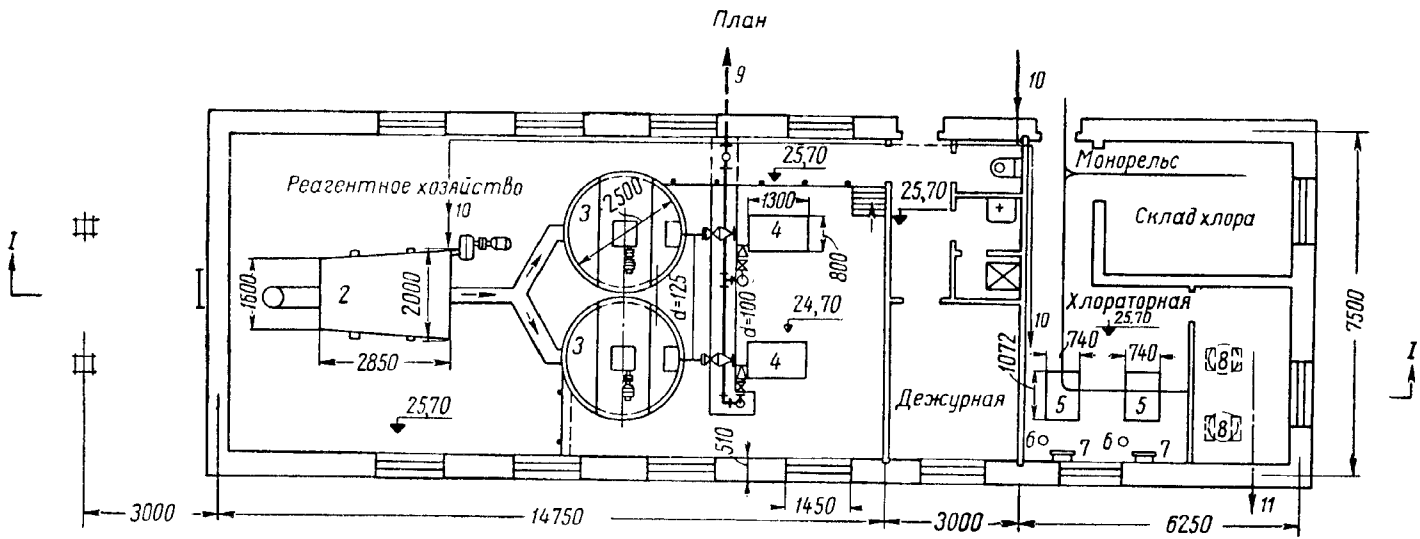


Рис. 98. Реагентное хозяйство:

1 — приемный бункер извести; *2* — гасильный аппарат; *3* — растворные баки с мешалками; *4* — насосы подачи известкового молока; *5* — весы для бочек с хлором; *6* — промежуточные баллоны; *7* — ротаметры; *8* — смесители; *9* — подача известкового молока к смесителю; *10* — ввод водопровода; *11* — подача хлорной воды

При обработке медесодержащих вод способом ионного обмена предварительно осветленные сточные воды пропускают через Н-катионитовые фильтры, загруженные сульфированным углем или синтетическим ионитом.

Ионный обмен при выделении катиона-меди происходит следующим образом:
при фильтрации:

$$2\text{кН} + CuSO_4 \rightleftarrows \text{к}_2Cu + H_2SO_4,$$

при регенерации серной кислоты:

$$\text{к}_2Cu + H_2SO_4 \rightleftarrows 2\text{кН} + CuSO_4.$$

Образующаяся при фильтрации серная кислота тормозит поглощение меди из раствора, вследствие чего обменная способность катионита снижается.

При обработке кислых медесодержащих вод аммиаком pH раствора поднимается от 8 до 11, что создает благоприятные возможности для извлечения меди Н-катионированием [1].

Обменная способность катионита в таких условиях достигает 8—10%, а эффект выделения меди из раствора доходит до 90%. Расход серной кислоты составляет 6,5 *кг* на 1 *кг* извлеченной меди.

Конструктивное оформление установок Н-катионирования и их расчет аналогичны описанным в главе VI.

Высота загрузки фильтров применяется в 1,5—2 *м*, а скорость фильтрации — в пределах 5—15 *м/час*.

При обработке медесодержащих вод известью происходит образование гидроокиси меди и сульфата кальция — гипса.

$$\frac{CuSO_4}{159{,}6} + \frac{Ca(OH)_2}{74} = \frac{Cu(OH)_2}{97{,}6} + \frac{CaSO_4}{134} \text{ и } Cu(OH)_2 = 63{,}6 + 34.$$

Необходимое количество химически активной извести (CaO) по соотношению молекулярных весов составляет 89 *кг* на 100 *кг* меди, находящейся в растворе. Описанным выше способом медь может быть выделена на 95—98%. Количество выпадающего осадка влажностью 92—94% зависит от дозы товарной извести и составляет 5—6,5% от объема жидкости.

Этот способ применяется при обработке относительно слабо концентрированных сточных вод, содержащих медь в пределах 100—200 *мг/л* и имеющих pH не ниже 5—5,5.

Выделение из сточных вод сернокислых солей хрома производится обработкой их известью; при этом образуются гидроокись хрома и гипс:

$$Cr_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 = 2Cr(OH)_3 + 3CaSO_4.$$

Гидроокись хрома — трудно осаждающееся соединение; поэтому для полного осаждения требуется обработка осветленной жидкости дополнительным количеством извести.

---

[1] И. Э. Апельцин, В. А. Клячко, Иониты и их применение в промышленности, Стройиздат, 1949.

Для выделения и осаждения 100 *кг* $Cr_2(SO_4)_3$ по расчету необходимо 57 *кг* $Ca(OH)_2$. При перерасчете сернокислой соли хрома в окись (Cr_2O_3), а гашеной извести в негашеную необходимое количество 100% извести составит 110 *кг*.

Установки для обработки известью сточных вод, содержащих соли меди и хрома, выполняются аналогично выше описанным установкам для осветления и обесцвечивания сточных вод.

5. НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ КИСЛОТНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД

Обработку сточных вод, содержащих кислоты, можно производить: смешением кислых сточных вод с щелочными; использованием щелочного резерва водоемов; реагентным способом и фильтрованием через известняк, доломит и пр.

В тех случаях, когда количество кислых и щелочных вод находится в соотношении, допускающем взаимную нейтрализацию, а концентрация в них кислот и щелочей постоянна или изменяется равномерно, применяется устройство регулирующих резервуаров.

При неустойчивом сбросе кислых сточных вод необходимо сооружение усреднителей.

Процесс нейтрализации кислотности сточных вод за счет щелочного резерва водоемов происходит по формуле:

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2CO_2 + 2H_2O.$$

Снижение бикарбонатной жесткости воды водоема на 0,356 *мг-экв/л* способно нейтрализовать 1,5 *т* серной кислоты в сутки на 1 $м^3$ расхода воды водоема.

Реакция нейтрализации кислотности сточных вод при обработке известью происходит по формуле:

$$\frac{H_2SO_4}{98} + \frac{CaO}{56} = \frac{CaSO_4}{136} + \frac{H_2O}{18}.$$

Образующийся сульфат кальция — гипс в основном выпадает в осадок.

На нейтрализацию 98 граммолекул серной кислоты требуется 56 граммолекул извести; в результате образуется 136 граммолекул гипса и 18 граммолекул воды.

Необходимое количество 100% извести на нейтрализацию 100 *г* серной кислоты определяется из соотношения:

$$CaO : (100 : 98) \cdot 56 = 57{,}2 \ г,$$

а образующееся количество осадка будет иметь следующий состав:

$$CaSO_4 : 136\,(100 + 57.2) : (98 + 56) = 136.8 \ г.$$

Количество товарной извести активностью 50% составит:

$$57{,}2 : 0{,}5 = 114.4 \ г.$$

Наилучший эффект нейтрализации получается при предварительном усреднении сточных вод и проведении реакции в специальном реакторе.

В состав нейтрализационной установки входят: усреднители, реагентное хозяйство, смеситель, реактор, отстойник и устройство для обработки осадка.

При нейтрализации кислых сточных вод путем фильтрации их пропускают через фильтры, загруженные нейтрализующим материалом — известняком, мрамором, доломитом и пр. Этот способ применяют для нейтрализации соляной и азотной кислот или серной кислоты при ее концентрации не выше 0,8%.

При нейтрализации соляной и азотной кислот получаются растворимые соли, вследствие чего отстаивания жидкости после фильтрации не требуется.

При обработке сточных вод, содержащих серную кислоту в концентрации до 0,8%, применять известняк или мрамор нельзя, так как образующийся сульфат кальция будет осаживаться на загрузке фильтра и выводить его из работы. В этих случаях загрузка фильтра должна быть из доломита. Образующийся в процессе фильтрации сернокислый магний является сравнительно легкорастворимым соединением.

6. РЕГЕНЕРАЦИЯ ШЕРСТНОГО ЖИРА

На фабриках первичной обработки шерсти в сточные воды отходят значительные количества шерстного жира, эмульгированного в отработанных мыльно-содовых растворах.

Шерстный жир, секреция овечьего руна, является соединением жирных кислот с комплексными одноатомными спиртами, и этим отличается от масел и жиров растительного и животного происхождения, состоящих из соединений жирных кислот с трехатомным спиртом — глицерином.

Шерстный жир по своей химической природе относится к воскам и представляет собой мазеобразное вещество желтого или бурого цвета со своеобразным запахом. Важнейшими составными частями жира являются холестерин 37% и ланостерин — 45%, а также ряды уникальных кислот. Очищенный от загрязнений нейтральный жир дает высокоценные продукты, применяющиеся во многих отраслях народного хозяйства. Очищенный жир — ланолин — применяют в косметике, фармацевтических и медицинских препаратах, в качестве носителя гормонов, а в неочищенном, но поднейтрализованном виде — как эффективное антикоррозийное средство при хранении и транспортировке изделий из стали и машин.

В тонких сортах овечьей шерсти содержится жира 17—30% (от веса сухой грязной шерсти), в полутонких — 10—16%, полугрубых — 7—8% и в грубых сортах — 1,5—3%.

В качестве примера можно привести следующую характеристику грязной шерсти мериноса союзного: выход мытой шерсти 38%, возврат угаров 0,8%, содержание жира 25% и грязи 36,2%.

Регенерация жира является рентабельной при обработке сточных вод от промывки тонкой и полутонкой шерсти и может производиться механическим, термическим и химическим способами.

Широко используется сепараторный способ, заключающийся

в механической обработке нагретых сточных вод на центробежных сепараторах.

Применяется также способ получения из сточных вод жиропенного концентрата с последующим выделением из него жира термической или сепараторной обработкой. Этот способ называют флотационным.

Известен способ получения шерстного жира путем нагревания сточных вод в автоклавах до температуры порядка 170°. Этот способ чрезвычайно непроизводителен, так как приходится перерабатывать большое количество сточных вод при очень высокой температуре и высоком давлении. Затраты на высокогабаритные специальные автоклавы и топливо настолько большие, что получение жира этим способом становится невыгодным.

Регенерация жира химическим путем возможна способами кислотным и осаждения.

Кислотный способ состоит в разделении серной кислотной эмульсии сточных вод на отработанную воду и жирогрязевой слой, из которого выделяют жир.

Способ осаждения заключается в коагуляции сточных вод реагентами, выделении из скоагулированной жидкости осадка, его подсушивании и обработке растворителями (бензином, сероуглеродом, дихлорэтаном) для выделения жира. Этот способ пока еще недостаточно разработан в части технологии рентабельной экстракции жира растворителями.

Регенерированный из сточных вод шерстный жир является сырьем, из которого на специализированных заводах вырабатывают ланолин и другие ценные продукты. В зависимости от способа регенерации получают: практически нейтральный жир при получении его сепараторным и флотационным способами, кислый жир при его регенерации кислотой и практически чистый жир по способу осаждения (табл. 26).

Таблица 26

Основные свойства сырого жира и ланолина

Показатели	Сырой жир		Ланолин
	сепараторный флотационный	кислотный	
Удельный вес при 15°	0,94	0,944	0,932
Температура плавления в °	38,5	38,5—40	35,1—37,1
Содержание воды в %	0,56	0,56	0,32
Зольность в %	0,2	0,3	Не более 0,05
Кислотное число	3—6	20—94	0,25—0,3
Число омыления	98,2	92—137	98

Показателями качества жира являются кислотное число и число омыления. Первое показывает, сколько *мг* едкого кали требуется для нейтрализации свободных жирных кислот в 1 *г* жира. Чем выше

кислотное число, тем ниже качество продукта. Второе показывает, сколько *мг* едкого кали нужно для омыления свободных и связанных жирных кислот в 1 *г* жира. Для восков число омыления составляет 80—136, а для жиров — 170—290.

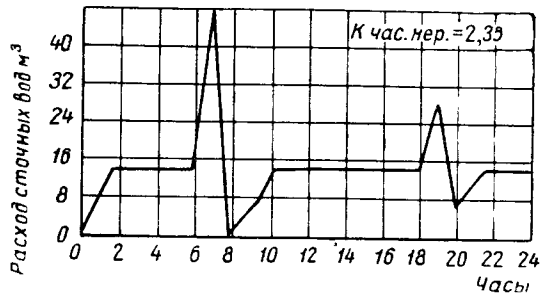


Рис. 99. Режим спуска сточных вод противотока и опорожнения барок двух проходных шерстомойных машин

При регенерации жира используют зажиренные воды от противотока и опорожнения барок проходных шерстомойных машин, в среднем количестве 160—165 *м³/сут* на машину с режимом отведения стока, показанным на рис. 99. Начальной стадией обработки зажиренных сточных вод является их процеживание через сетки волокноуловителей. При регенерации жира на сепараторах необходимо предварительное отстаивание сточных вод для выделения взвеси, способной засорять аппараты. Отстаивание влечет за собой значительную потерю жира с осадком.

Продолжительность отстаивания в час.	2—3	6	9	12
Потери жира с осадком в %[1] . . .	6—7	8	10,8	11,3

Отстаивание сточных вод производится в вертикальных отстойниках при скорости подъема жидкости 0,5 *мм/сек*. Иловая часть отстойников рассчитывается на 6—10-часовое хранение осадка в количестве до 6% от объема воды.

Потери жира в системе каналов, лотков и труб, отводящих сточные воды, достигают 15—20% в тех случаях, когда имеются участки с малой скоростью движения жидкости и выпадением осадка. Поэтому подачу сточных вод на регенерацию жира нужно производить со скоростью движения жидкости в трубах не менее 1,5 *м/сек*, предусматривая возможность их очистки паром или горячей водой.

Сепараторный способ. Сепарирование шерстомойных вод состоит в том, что при вводе их в сепаратор (рис. 100) под действием центробежной силы, действующей в аппарате в радиальном направлении от центра к периферии, происходит разделение жировой эмульсии на ее составные части по удельным весам. Более тяжелые частицы воды и грязи отбрасываются к периферии барабана сепаратора, а менее тяжелые (жир) — к его центру.

Основным рабочим органом сепаратора является барабан с распределителем жидкости, регулировочными дисками и набором вращающихся тарелок, в которых и происходит сепарирование тонких

[1] Для сточных вод от промывки мериносовой шерсти с концентрацией жира 2,64% от объема воды.

слоев жидкости тем успешнее, чем больше разница удельных весов составных частей эмульсии и чем больше она подогрета.

Центробежные сепараторы представляют собой комплекты из трех аппаратов: грязеочистителя (разделяющего эмульсию на отра-

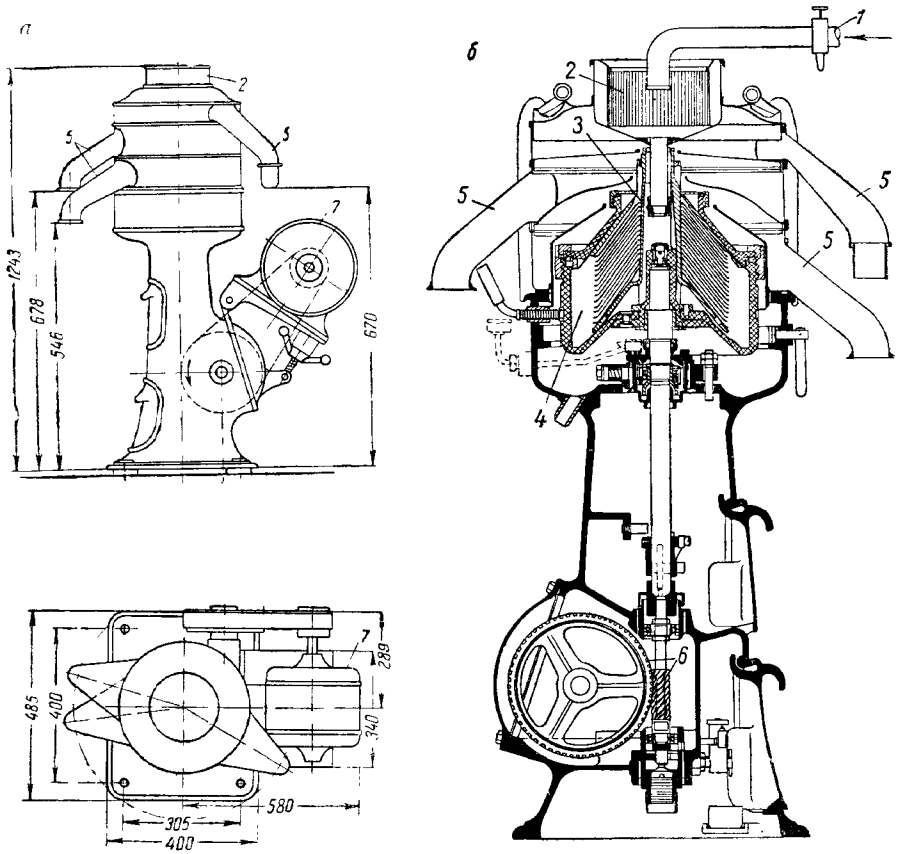


Рис. 100. Центробежный сепаратор:
а — общий вид, *б* — разрез: *1* — подача жидкости; *2* — приемный бак; *3* — распределитель; *4* — барабан-очиститель; *5* — патрубки выхода жира (верхний), отработанной воды (средний) и ила (нижний); *6* — червячная передача и вал; *7* — электромотор

ботанную воду (84%), жир (8%) и грязь (8%) и второго и третьего аппаратов, служащих для последовательной очистки полупродукта, выходящего из грязеочистителя.

Перед сепарированием отстоенная жидкость нагревается до 95° в специальных баках, входящих в состав комплекта, или в проточном нагревателе, который может обслуживать и несколько комплектов сепараторов (рис. 101).

Комплект сепараторов имеет производительность по обрабатываемой жидкости 4—6 *м*³/*час* и может вырабатывать, в зависимости от ее зажиренности, 100—230 *т* жира в год.

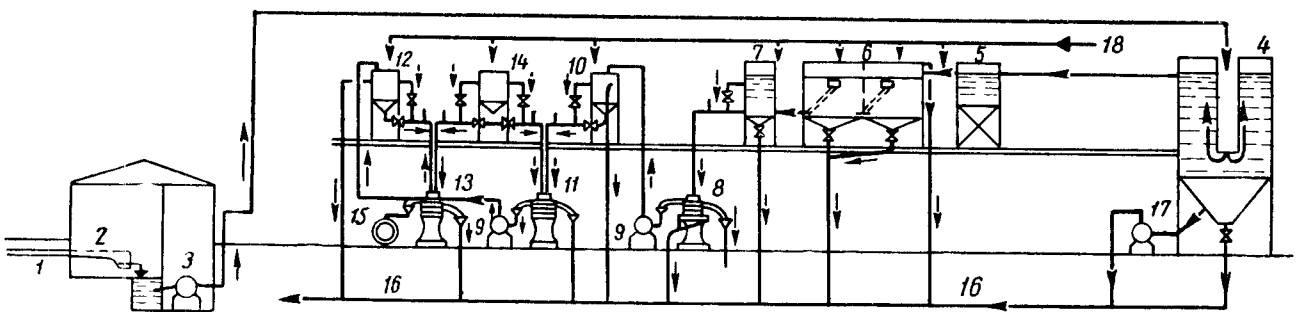


Рис. 101. Схема установки сепараторов:

1 — подача сточных вод; *2* — волокноуловитель, *3* — насос; *4* — отстойник; *5* — распределитель жидкости по комплектам аппаратов; *6* и *7* — нагревательные баки; *8* — сепаратор-грязеочиститель; *9* — шестеренчатые насосы перекачки жира (при сепараторах); *10* и *12* — баки нагрева жира; *14* — то же, воды; *11* и *13* — сепараторы-очистители; *15* — приемник жира; *16* — дренажная линия; *17* — иловый насос откачки осадка из отстойника; *18* — подача пара

Расход пара для нагрева жидкости составляет 14—18 *т* на тонну жира. Расход пара может сократиться на 30—40% при использовании тепла горячей отработанной жидкости на подогрев воды для мойки шерсти. Поэтому при сепараторах всегда устанавливают теплообменники.

Отработанную жидкость, насыщенную калийными солями овечьего пота, при дополнительном снижении количества взвешенных веществ, можно снова использовать в процессе мойки шерсти.

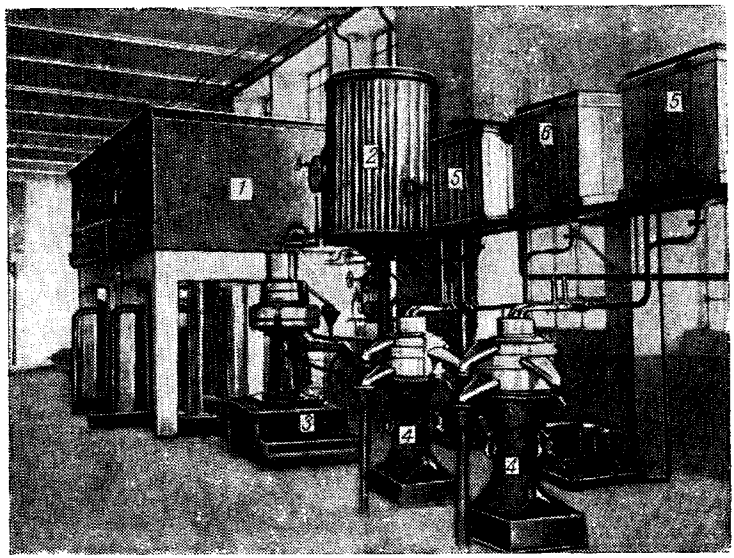


Рис. 102. Установка комплекта сепараторов:

1 и *2* — баки для нагрева отстоечных сточных вод; *3* и *4* — комплект сепараторов; *5* — промежуточные баки для нагрева жира; *6* — бак для нагрева воды

Выход жира при сепарировании составляет 45—65% от его количества в жидкости, поданной на обработку. Установка комплекта сепараторов показана на рис. 102.

Расчет сепараторной установки сводится к выявлению баланса жира и подбору оборудования.

Пример. Рассчитать сепараторную установку на обработку сточных вод от промывки 38 *т/сут* тонкой шерсти зажиренностью 22%. Количество сточных вод от противотока и опорожнения барок 326 $м^3/сут$.

Количество жира в сухой грязной шерсти составляет 8,36 $м^3$. С учетом потерь жира в мойке и при отстаивании его количество в стоке будет равно 6,68 $м^3$, что соответствует концентрации жира в жидкости в 2%.

Средний выход жира при сепарировании принимается в 50%, тогда товарного жира будет получено 3,34 $м^3/сут$, или 3,04 *т*.

Подбор оборудования производится по схеме рис. 101. Среднечасовая подача сточных вод на установку составляет 15 $м^3$, на что и рассчитывается волокноуловитель из двух комплектов, насосы — рабочий и запасной, и отстойники.

Сепараторов принято четыре комплекта пропускной способностью по обрабатываемой воде 5 *м*³/*час*: три рабочих и один запасной. Для использования тепла отработанной воды предусмотрен теплообменник.

Флотационный способ. Получение жиропенного концентрата из шерстомойных сточных вод производится механическим взмешиванием их или насыщением воздухом под повышенным давлением. В обоих случаях воздух, введенный в жидкость, выделяется из раствора в виде мельчайших пузырьков, увлекающих на поверхность мелкие взвешенные вещества и жир.

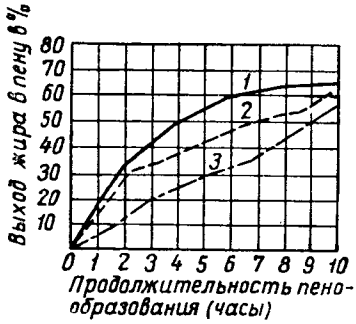


Рис. 103. Выход жира в пену при механическом вспенивании шерстомойных сточных вод:
1 — концентрация жира в сточных водах 2,72%; *2*—2,83%; *3*—1,84%

Механическую флотацию можно осуществлять путем циркуляции жидкости через насос производительностью 100—180 *м*³/*час*, забирающий жидкость из флотационного резервуара емкостью 15—25 *м*³ и возвращающий ее обратно через насадки. Количество жирный пены при циркуляции в течение 6—8 час. составляет 10—30% (в среднем 20%) от объема жидкости, при плотности пены до 0,2—0,4 *кг*/*л*. Режим выхода жира из сточных вод показан на рис. 103.

Образовавшаяся жирная пена сливается в сборник, где она разжижается паром в эмульсию и перекачивается на обработку в автоклав, работающий под давлением 2—4 *атм* (рис. 104).

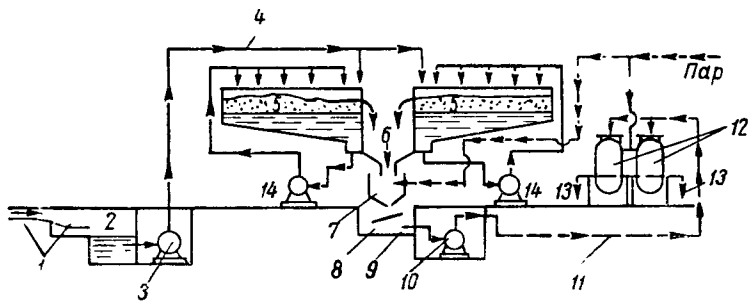


Рис. 104. Схема флотационной установки регенерации жира:
1 — подача сточных вод из цеха; *2* — приемный резервуар; *3* — насос; *4* — трубопровод; *5* — флотационные резервуары; *6* — сборник пены; *7* — бак разогрева пены; *8* — сетчатый фильтр; *9* — сборник разжиженной пены; *10* — насос; *11* — подача на автоклавы *12*; *13* — выход жира; *14* — циркуляционные насосы флотации

Обработка разжиженной пены сепарированием была введена Невинномысской фабрикой. Производительность сепаратора-грязеочистителя по разогретой пене составляет 1 *м*³/*час*, а выход жира — 100 *кг* на 1 *м*³ разогретой пены.

Обработка пены в автоклавах должна давать больший выход жира — 50—60% от его наличия в жидкости, подведенной на обра-

ботку. При сепараторной обработке разогретой пены выход жира несколько уменьшается за счет потерь жира со сбросом сепаратора.

На рис. 105 приведена одна из схем получения жиропенного концентрата путем насыщения жидкости воздухом.

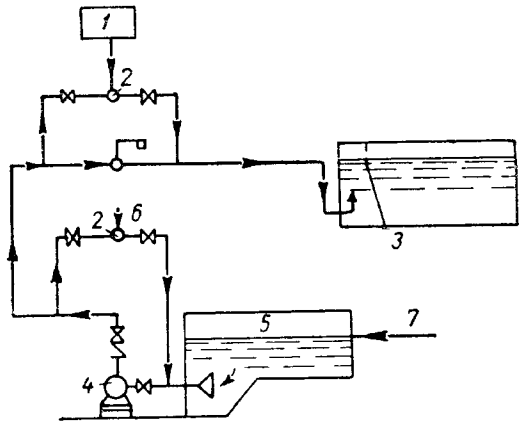


Рис. 105. Схема флотации аэрированием:
1 — бак раствора реагентов; *2* — эжекторы; *3* — флотатор; *4* — насос; *5* — сборный резервуар; *6* — подсос воздуха; *7* — подача сточных вод на обработку

Пример. Определить основные технико-экономические показатели установки для регенерации жира из 326 *м³/сут* сточных вод с концентрацией жира 1,8% от объема жидкости.

Содержание жира в сточных водах:

$$\frac{326 \cdot 1{,}8}{100} = 5{,}86 \ м^3.$$

Количество пены:

$$326 \cdot 0{,}2 = 65{,}2 \ м^3/сут,$$

а эмульсии

$$65{,}2 \cdot 0{,}4 = 26 \ м^3/сут.$$

Выход жира при сепарировании:

$$26 \cdot 0{,}1 = 2{,}6 \ м^3, \text{ или } 2{,}44 \ т.$$

Количество флотационных резервуаров емкостью 15 *м³* принято восемь, количество сепараторов (грязеочистителя и очистителя) — два комплекта.

Кислотный способ. При обработке сточных вод крепкой серной кислотой с дозой 0,5—0,7% от объема жидкости происходит выделение эмульгированного жира, омыленных жирных кислот мыла, примененного при мойке, коллоидов и взвешенных веществ в жирогрязевой слой. Успешный ход процесса с формированием жирогрязевого слоя в верхней части реактора происходит при температуре обрабатываемой воды 25°, дозировании 2—3% раствора кислоты в три приема со смешиванием сжатым воздухом и подогревом до 45° после ввода последней дозы кислоты.

Объем жирогрязевого слоя при обработке сточных вод от промывки тонкой шерсти составляет 12—15% от объема воды, снижаясь до 4—5% при обработке стока от промывки полугрубой и грубой шерсти. В жирогрязевом слое содержание жира колеблется от 25 до 30%, а грязи — от 6 до 25%.

Кислотная обработка сточных вод без предварительного отстаивания дает выход жира в верхний слой 95—97% при расходе кислоты до 0,7% от объема воды.

Отстаивание перед кислотной обработкой снижает выход жира на 5—12% за счет его потерь с осадком, но способствует уменьшению расхода кислоты и улучшает качество продукции.

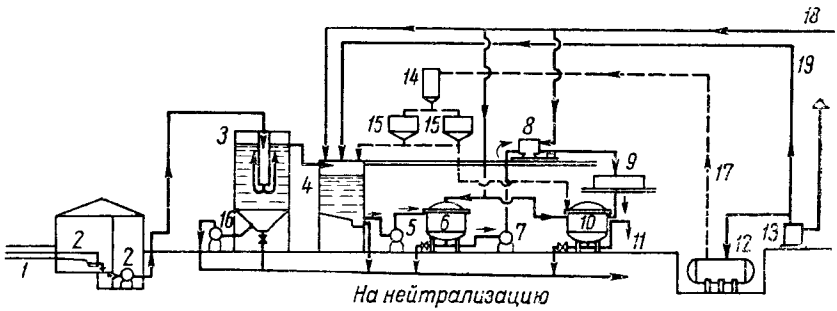


Рис. 106. Схема кислотной установки регенерации жира:

1 — подача сточных вод; *2* — волокноуловитель; сборник и насос; *3* — отстойник; *4* — реактор; *5* — насос; *6* — автоклав; *7* — насос; *8* — фильтр-пресс; *9* — бак-водоотделитель; *10* — вторичный автоклав; *11* — выход жира; *12* — цистерна серной кислоты; *13* — компрессор; *14* и *15* — баки раствора кислоты; *16* — иловый насос; *17* — подача кислоты; *18* — подача пара; *19* — подача сжатого воздуха

Общая продолжительность цикла расщепления эмульсии кислотой составляет 6—7 час., складываясь из наполнения реактора, собственно расщепления, спуска отработанной воды и выгрузки жирогрязи.

Выделенная в реакторе жирогрязевая масса проходит обработку в автоклаве под давлением 2 *ати*, после чего передается на фильтрпрессы для отжима жира. Фильтрпрессы можно применять стандартные с гидроприводом и приспособлением для обогрева паром. Один 56-рамный пресс обеспечивает отжим жира из грязевой массы, получаемой при обработке стоков от одной мойной машины. Эффективность работы прессов по отжиму жира обусловливает выход товарной продукции и является основным количественным показателем процесса.

Отжатый горячий жир проходит бак-водоотделитель и обрабатывается со слабым подкислением его во вторичном автоклаве в течение 6—8 час. (рис. 106).

Выход жира составляет 50—70% от его содержания в жидкости, поданной на обработку.

Все оборудование установок, соприкасающееся с кислотой, изготовляется из кислотоупорных материалов. Отработанная кислая

жидкость до спуска в канализацию должна подвергаться нейтрализации.

Пример. Регенерацию жира следует производить из 326 *м³/сут* сточных вод с концентрацией жира 1,8% от объема жидкости. Определить основные технико-экономические показатели установки.

Необходимое количество серной кислоты с учетом отстаивания сточных вод составит:

$$\frac{326 \cdot 0{,}5}{100} = 1{,}63 \ т/сут.$$

Наличие жира в сточных водах:

$$\frac{326 \cdot 1{,}8}{100} = 5{,}86 \ м^3.$$

Объем жиро-грязевой массы:

$$\frac{326}{100} \cdot 12 = 39{,}12 \ м^3.$$

Выход жира:

$$5{,}86 \cdot 0{,}6 = 3{,}51 \ м^3/сут, \text{ или } 3{,}29 \ т.$$

Реакторов емкостью 15 $м^3$ принято 8, автоклавов первичных — 4, фильтр-прессов — 2 и автоклавов вторичных — 6.

Кислотно-адсорбционный способ. Этот способ разработан для обработки малозажиренных сточных вод с концентрацией жира 0,3—0,5%, отходящих от промывки меховых овчин.

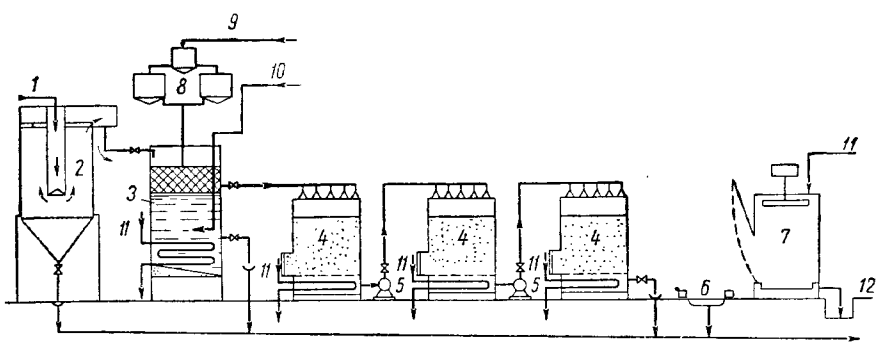


Рис. 107. Схема кислотно-адсорбционной установки:

1 — подача сточных вод; *2* — отстойник; *3* — реактор; *4* — адсорбционные фильтры; *5* — насосы; *6* — выгрузка шерсти; *7* — гидропресс; *8* — баки кислоты; *9* — подача кислоты; *10* — подача сжатого воздуха; *11* — подвод пара; *12* — выход сырого жира

Обработка сточных вод кислотой в количестве 0,5% от объема воды с продувкой сжатым воздухом и последующим подогревом дает объемистый пенный слой, захватывающий 75—80% эмульгированного жира.

Жиропенный слой передается на батарею из трех последовательно работающих фильтров, заполненных утильной шерстью, хорошо адсорбирующей жир из фильтруемой жиропенной массы. По

мере потери адсорбирующей способности фильтров пропитанная жиром шерсть выгружается и отжимается на обогреваемом гидравлическом прессе (рис. 107). Отжатая шерсть после промывки снова загружается в фильтры, а жир с большим содержанием воды, грязи и свободных жирных кислот отстаивается и обрабатывается порошкообразным трепелом (инфузорная земля) в количестве 10% от объема жира.

Полученный хорошо осветленный продукт является мощным эмульгатором при изготовлении эмульсий для жирования меховых шкурок и пр.

Конструктивное оформление установок несложно, всю основную аппаратуру — реакторы и фильтры — можно выполнять из дерева.

Способ осаждения. Сточные воды обрабатываются коагулянтами примерно из расчета одной части химически чистого коагу-

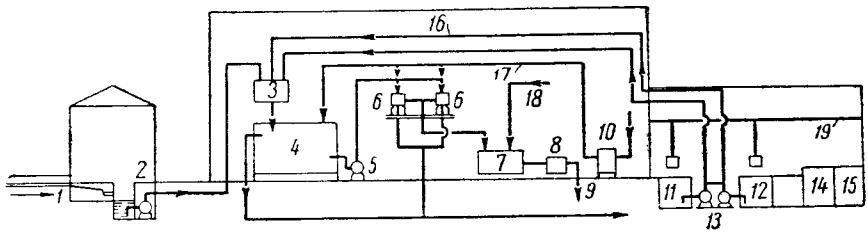


Рис. 108. Схема регенерации жира способом осаждения:

1 — подача сточных вод; *2* — волокноуловитель; сборник и насос; *3* — смеситель; *4* — реактор; *5* — насос; *6* — фильтр-прессы; *7* — сушка осадка; *8* и *9* — паковка осадка; *10* — компрессор; *11* и *12* — баки растворения реагентов; *13* — насосы: *14* и *15* — склад реагеитов; *16* — подача растворов; *17* — сжатый воздух; *18* — пар; *19* — монорельс

лянта на одну часть жира, эмульгированного в жидкости, что соответствует расходу коагулянтов в 10—25 *кг/м*^{3}. В качестве коагулянтов применимы гашеная известь, железный купорос, хлористый кальций и сернокислый алюминий.

После смешения жидкости с 5—7% раствором коагулянта и реакции, осуществляемой с подачей сжатого воздуха или циркуляцией жидкости через насос, скоагулированная жидкость перекачивается на фильтр-прессы для отжима жиро-грязевого осадка. Выделенный осадок высокой влажности поступает на сушку и в объеме 6—8 *т* на тонну жира передается на экстракцию растворителями. Выход жира в осадок составляет 95—98%.

На рис. 108 приведена схема установки для реагентной обработки шерстомойных вод в количестве 326 *м*^{3}*/сут*, зажиренностью 1,8%. Количество жира в стоке составляет 5,86 *м*^{3}; расход коагулянта 100% активности будет 5,5 *т*.

Оборудование установки состоит из реактора, насосов, компрессора, восьми фильтр-прессов, сушилки, паковочного отделения и механизированного склада реагентов.

Сепараторный, флотационный и кислотный способы регенерации жира дают выход продукции от 50 до 70%. Мало изученный способ

осаждения при доработке технологии рентабельного процесса экстракции может быть более перспективным.

В настоящее время на фабриках внедряется сепараторный способ — наиболее удобный в эксплуатации. Флотационный способ применяется ограниченно вследствие дополнительных трудоемких переходов в технологическом процессе получения жиропенного концентрата.

Кислотный способ — самый сложный в эксплуатации, и поэтому применяется редко.

Перспективным является кислотно-адсорбционный способ в применении к обработке сточных вод овчинно-меховых фабрик с использованием получаемого продукта в качестве эмульгатора.

Описанные способы регенерации жира в разной степени снижают концентрацию загрязнений сточных вод. При сепарировании снижение концентрации загрязнений сточных вод незначительно, так как взвешенные вещества поступают обратно в канализацию при спуске осадка из отстойников и с иловым сбросом сепараторов.

Кислотным способом достигается снижение концентрации взвешенных веществ и БПК сточных вод на 50—65%. Кислую отработанную жидкость необходимо подвергать нейтрализации.

Способом осаждения достигается наилучший эффект очистки сточных вод; концентрация взвешенных веществ снижается на 85—95%, БПК — на 40—50% и окисляемость — на 50—60%.

7. ПЕРВИЧНЫЕ ОТСТОЙНИКИ СТОЧНЫХ ВОД КОЖЕВЕННЫХ ЗАВОДОВ

Выделение из сточных вод кожевенных заводов легко осаждающихся веществ, засоряющих канализационные сети (кусков мездры и кожи, волоса, извести и др.), осуществляется в горизонтальных отстойниках специального типа. В зависимости от мощности заводов и количества осадка, выпадающего из сточных вод, применяются два типа отстойников [1]:

1) отстойники с четырьмя отделениями (4-камерные) с дренажем для обезвоживания осадка при количестве обрабатываемых сточных вод до 500 *м*^{3}/*сутки*;

2) Отстойники двухсекционные с приямками для осадка и его перекачкой канализационными насосами в специальные бункеры с дренажем для обезвоживания при количестве сточных вод более 500 *м*^{3}/*сутки*.

Для задержания крупных плавающих предметов перед отстойниками устанавливают две последовательно работающие решетки с прозорами 25—30 и 16 *мм*, желательно с механизированной очисткой.

Расчет отстойников производится на время пребывания воды $t=10$ мин. по среднечасовому притоку. Продолжительность отстаи-

[1] Правила присоединения кожевенных заводов к городским канализациям, Академия коммунального хозяйства, 1940.

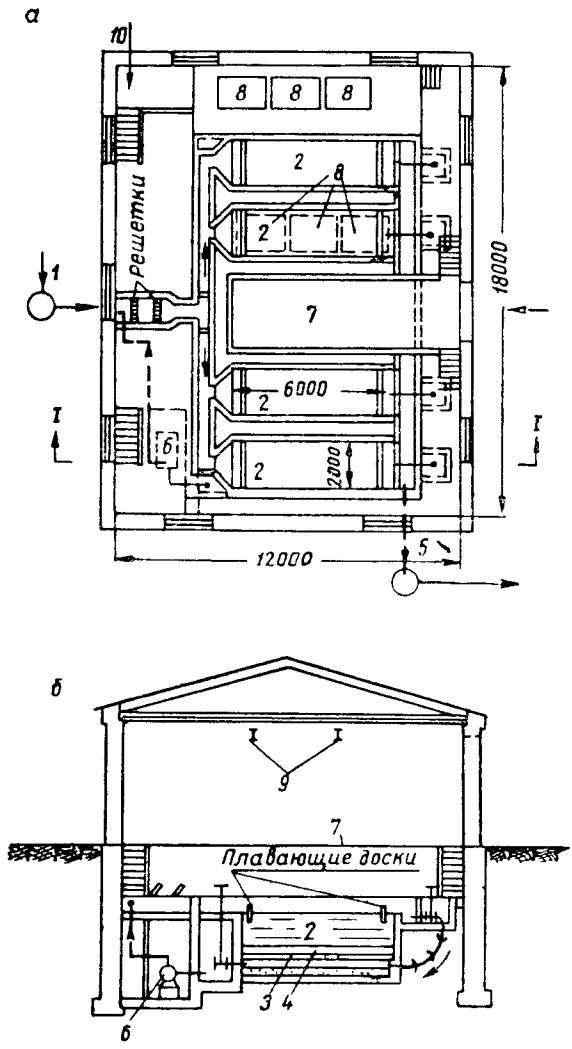


Рис. 109. Первичный отстойник загрязненных сточных вод кожевенных заводов (четырехкамерный):

а — план; *б* — разрез *I—I*; *1* — подача сточных вод; *2* — отделения отстойника; *3* — дренаж; *4* — слой шлака; *5* — выход отстоенной воды; *6* — насос; *7* — место для автомашины; *8* — ящики для осадка; *9* — монорельсы для подъема ящиков с осадком; *10* — ввод водопровода

вания при максимальном притоке сточных вод должна быть не менее $t=5$ мин.

Расчетные скорости движения воды v принимаются:

при $t=10$ мин. $v=1$ *см/сек.*
„ $t=5$ „ $v=2$ „

Количество взвешенных веществ, задерживаемых в отстойнике при скорости 1 *см/сек*, принимается в 80% (по объему) от наличия взвеси в сточных водах, или до 3% от объема воды, причем ширина и высота рабочего сечения отстойников определяются расчетом. Глубина слоя воды не должна быть более 1 *м*.

Отстойники оборудуются двумя (входной и выходной) полупогруженными досками. Отстойники с четырьмя отделениями (рис. 109) имеют дренаж для обезвоживания осадка и устройства для его удаления (дырчатые металлические ящики, устанавливаемые в рабочее отделение отстойника и выгружаемые по обезвоживании осадка подъемным механизмом на автотранспорт для вывоза на свалку).

При обработке осадка вне отстойников в последних устраивают приямки для хранения осадка влажностью 96%, объемом не менее чем на 4-часовое его количество.

Количество бункеров для обезвоживания осадка, перекачиваемого из приямков отстойника, принимается кратным 18.

Дренажные устройства для обезвоживания осадка, в самих отстойниках или вне их, состоят из деревянной решетки с прозорами 20 *мм* (общая площадь прозоров должна быть не менее 50% площади всего дренажа) и фильтрующего слоя гравия высотой не менее 25 *мм*. Единовременная нагрузка на дренаж составляет 1,2 $м^3$ осадка на 1 $м^2$ площади, при влажности осадка 96%. Доведение осадка до влажности 80% требует двухсуточного обезвоживания. Поэтому 4-камерные отстойники работают по графику, по которому каждое отделение работает сутки на пропуск сточных вод, следующие двое суток — на обезвоживание осадка и четвертые сутки — на очистку и удаление осадка.

Шлаковую загрузку дренажа полностью заменяют через шесть циклов работы. Объемный вес обезвоженного осадка влажностью 80% составляет: 1,1—1,2 $т/м^3$.

В первичные отстойники направляют наиболее загрязненные производственные сточные воды операций отмоки, золения, дубления, а также и шерстомойных отделов. В процессе отстаивания происходит известное усреднение кислых дубильных и щелочных вод отмоки и золения.

В практике проектирования канализации кожевенных заводов применяют 4-камерные отстойники, с увеличением их количества при необходимости в этом.

8. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД СКЛАДОВ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ

Сточные воды складов кожевенного сырья, образующиеся от мытья полов в цехах сортировки и хранения мокросоленых кож,

а также от операций обеззараживания шкур, подозрительных на сибирскую язву, подлежат специальной обработке.

Сточные воды, собранные сетью труб дворовой канализации, перекачиваются на обеззараживающую установку, состоящую из горизонтального отстойника, устройств для приготовления и дозиро-

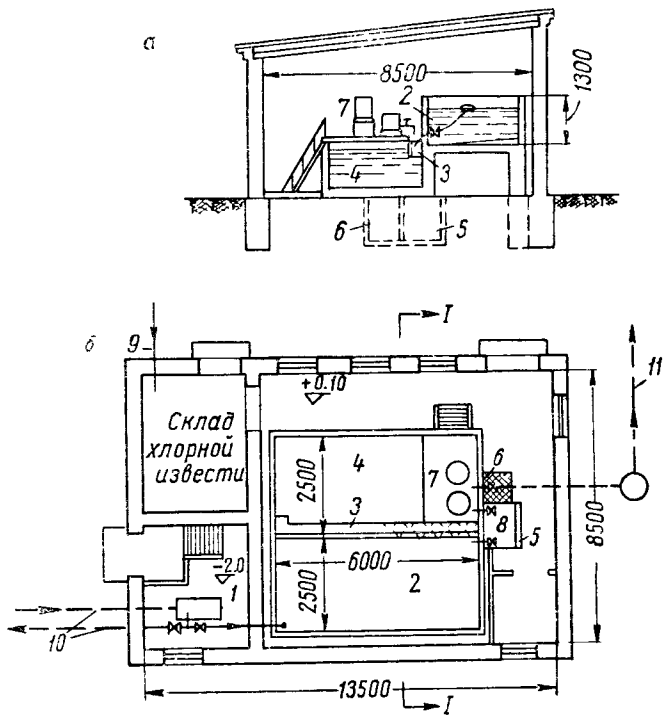


Рис. 110. Схема обеззараживания сточных вод склада кожевенного сырья:

а — разрез *I—I*; *б* — план; *1* — насосная; *2* — отстойник; *3* — смеситель; *4* — контактный резервуар; *5* — приямок для обработки осадка; *6* — приямок сбора обработанной воды; *7* — бак раствора хлорной извести; *8* — выпуск осадка в приямок *5*; *9* — ввод водопровода; *10* — всасывающая и обратная трубы из сборного резервуара; *11* — отвод обеззараженной жидкости в канализацию

вания раствора хлорной извести, смесителя, контактного резервуара и приямка для обработки осадка (рис. 110).

Отстоенные сточные воды обрабатываются раствором хлорной извести — 2000 *мг/л* с продолжительностью контакта воды и хлора в течение 6 час. Осадок из отстойников, после тщательного смешения с хлорной известью в соотношении 4 : 1, вывозят за пределы территории склада и закапывают в скотомочильниках или иных, отведенных ветнадзором местах, с соблюдением существующих ветеринарно-санитарных правил.

Глава XIV

СХЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПРИЕМ ИХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ГОРОДСКОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

1. СХЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Выбор способа очистки и состава очистных сооружений зависит от характера сточных вод и условий выпуска. В ряде случаев, при одинаковых требованиях к глубине очистки сточных вод, выбор типа очистных сооружений обусловлен размером имеющихся свободных земельных площадей (табл. 27).

Таблица 27

Ориентировочные размеры земельных участков под очистные сооружения[1]

Количество сточных вод в $м^3$ сутки	Площадь в *га*				
	при механической очистке	при биологической очистке			
		поля орошения	поля фильтрации	биофильтры	аэротенки
2500	0,4	60	45	1,2	0,8
5000	0,6	120	85	2,5	1,3
10 000	1	200	165	5	2
15 000	1,25	320	245	7,5	2,8
20 000	1,5	400	325	10	3,5
25 000	1,75	520	450	12	4,5

При определении площади полей орошения нагрузка принята 50—60 $м^3/га$ в сутки, а полей фильтрации — около 70—100 $м^3/га$ в сутки.

При выборе состава очистных сооружений изучают и оценивают местные условия, намечают варианты схем очистных сооружений и выбирают вариант, наиболее приемлемый по технико-экономическим показателям, т. е. при одинаковой эффективности очистки требующий наименьшего объема капиталовложений и более экономичный в эксплуатации (по расходу электроэнергии и пр.).

При проектировании очистных сооружений следует учитывать возможность очистки сточных вод на колхозно-совхозных полях или передачу на орошение полей сточных вод, прошедших очистку на сооружениях, запроектированных в соответствии с требованиями санитарных правил.

В тех случаях, когда очистка сточных вод по условиям выпуска в водоем может быть механической, применяют при суточном количестве сточных вод:

1) до 35 $м^3$ — септики с обеззараживанием осветленной жидкости хлорной известью;

[1] Шигорин Г. Г. и Демидов Л. Г., Канализация, ч. II, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950.

2) до 10—12 тыс. $м^3$ — решетки, песколовки, отстойники (обычные или двухъярусные), хлораторные установки, контактные резервуары и иловые площадки и

3) больше 10—12 тыс. $м^3$ — те же сооружения, но с отстойниками обычными или радиальными; для обработки осадка должны использоваться метантенки при соответствующем технико-экономическом обосновании.

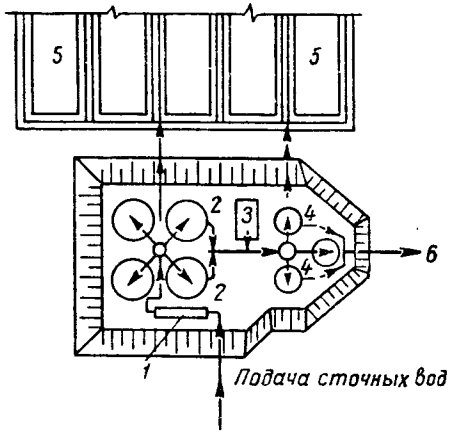


Рис. 111. Схема станции механической очистки сточных вод:

1 — решетка и песколовка; *2* — отстойники; *3* — хлораторная; *4* — вторичные отстойники; *5* — иловые площадки; *6* — выпуск в водоем

Если обрабатываемые сточные воды содержат ядовитые примеси — соли меди, хрома и пр., то применение двухъярусных отстойников и метантенков допустимо только при соответствии концентраций ядовитых примесей указаниям в главе XI (рис. 111).

Для биологической обработки сточных вод, в дополнение к сооружениям механической очистки, применяют при суточном количестве сточных вод:

1) до 35 $м^3$ — поля подземной фильтрации, поля фильтрации, биологические пруды;

2) до 1000 $м^3$ — поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды;

3) до 5 тыс. $м^3$ в сутки — почвенные способы очистки, биологические пруды, биофильтры (рис. 112);

4) более 5 тыс. $м^3$ — все вышеуказанные сооружения и, кроме того, аэротенки (рис. 113).

При выборе типа окислителей искусственной биологической очистки — биофильтров или аэротентов — учитывают климатические условия местности, наличие местных материалов для загрузки биофильтров, а также наличие дешевой электроэнергии для обеспечения работы воздуходувных станций при аэротенках.

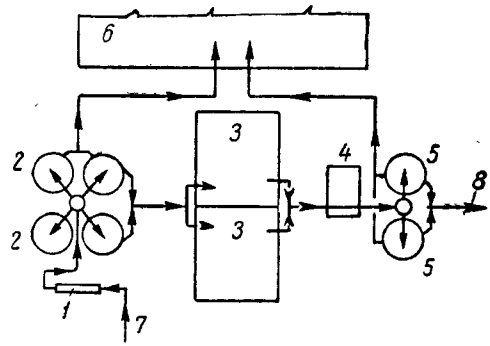


Рис. 112. Схема станции очистки сточных вод с биофильтрами:

1 — решетка и песколовка; *2* — отстойники; *3* — биофильтры; *4* — хлораторная; *5* — вторичные отстойники; *6* — иловые площадки; *7* — подача сточных вод на очистку; *8* — отвод очищенной жидкости в водоем

В суровых климатических условиях и при трудностях получения на месте материала для загрузки биофильтров (шлака котельного,

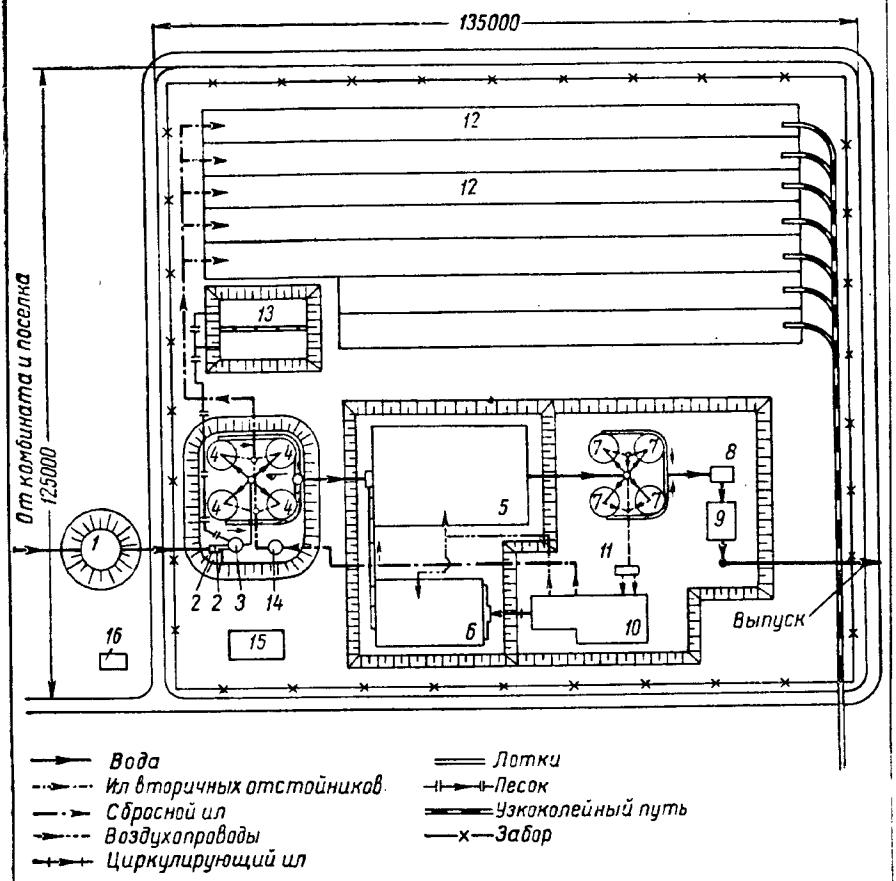


Рис. 113. Схема станции очистки сточных вод с аэротенками:

1 — насосная станция перекачки; *2* — приемная камера и решетка; *3* — песколовка вертикальная; *4* — отстойники; *5* — аэротенки; *6* — регенераторы; *7* — вторичные отстойники; *8* — хлораторная; *9* — контактные резервуары; *10* — воздуходувно-насосная станция; *11* — резервуары; *12* — иловые площадки; *13* — песковые площадки; *14* — илоуплотнитель; *15* — склад инвентаря; *16* — сторожевая будка

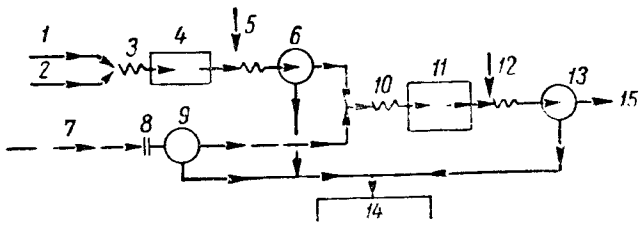


Рис. 114. Схема очистки сточных вод завода искусственного волокна:

1 – приток кислых вод; *2*—приток щелочных вод; *3* — смеситель; *4*—усреднитель; *5*—ввод реагентов для химической очистки; *6*—отстойники; *7* — приток бытовых сточных вод; *8*—решетка и песколовка; *9*—отстойники; *10*—смеситель производственных и бытовых вод; *11* — бнокислитель; *12*—ввод хлора; *13*—вторичные отстойники; *14*—иловые площадки; *15*—выпуск в водоем

щебня) предпочтение отдается аэротенкам, так же как и в тех случаях, когда на месте имеется дешевая электроэнергия. Если по местным условиям требуется неполная биологическая очистка, можно применять высоконагружаемые биофильтры.

На рис. 114 изображена схема комбинированной химической и биологической очистки производственных и бытовых сточных вод. Кислые и щелочные производственные воды по раздельным трубопроводам подводятся к смесителю и поступают в усреднитель. Усредненные производственные сточные воды проходят обработку реагентами и поступают в отстойники. Отстоенная жидкость поступает на смешение с потоком бытовых вод, прошедших решетку, песколовку и двухъярусные отстойники.

Смесь производственных и бытовых вод проходит биологическую очистку, хлорируется и после контакта с хлором в отстойниках поступает в водоем.

2. ВЫБОР УЧАСТКА ПОД ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Участок под очистные сооружения изыскивают возможно ближе к канализуемому объекту в целях сокращений расходов на строительство отводного коллектора, линии электропередачи, дорог и пр. Участок следует располагать по течению реки ниже населенного пункта или предприятия с достаточными санитарными разрывами от него до кварталов и предприятий пищевой промышленности.

При очистке бытовых или смеси бытовых и производственных сточных вод на полях фильтрации требуется санитарный разрыв в 1000 *м*, а при остальных способах очистки — 300 *м*.

Сооружения для очистки и обезвреживания производственных сточных вод можно размещать согласно указанию Норм санитарного проектирования промышленных предприятий (НСП 101—51) и на территории предприятий.

При выборе участка под очистные сооружения учитывают направление господствующих ветров, чтобы оно не было в сторону города, поселка или предприятия.

Выбираемый участок не должен затапливаться паводковыми водами реки. Уровень грунтовых вод должен находиться на глубине 4—5 *м* от поверхности земли. Для организации почвенной очистки сточных вод желателен небольшой уклон территории полей.

3. ПРИЕМ СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Очистные сооружения, по окончании строительства и монтажа, должны быть приняты в эксплуатацию комиссией, в состав которой входят представители Всесоюзной государственной санитарной инспекции Министерства здравоохранения и санитарно-эпидемиологической станции, на территории деятельности которой находятся принимаемые сооружения.

Прием сооружения в эксплуатацию производится согласно утвержденным Главным государственным санитарным инспектором

СССР (22 декабря 1952 г.) инструктивно-методическим указаниям по приему сооружений для очистки и обезвреживания сточных вод.

Комиссия по приему сооружений работает:

1) по окончании строительства сооружений до заполнения емкостей жидкостью и

2) после того, как сооружения пройдут пусковой период.

В случае установления готовности сооружений при обследовании их (до заполнения емкостей) комиссия составляет акт, являющийся одновременно разрешением на пуск сооружений в пробную эксплуатацию, и устанавливает срок продолжительности пускового периода. После завершения пускового периода комиссия проверяет эффективность работы очистных сооружений, после чего составляет акт приемки.

К началу приемки как сами сооружения, так и территория вокруг них должны быть приведены в порядок и освобождены от остатков строительного мусора и материалов, а трубопроводы, лотки и водосливы прочищены и промыты чистой водой.

Комиссии представляют:

1) акты промежуточных приемок сооружений;

2) справки об обеспеченности принимаемых сооружений эксплуатационным штатом и

3) инструкцию для персонала, обслуживающего очистные сооружения.

При осмотре комиссия проверяет:

1) соответствие выстроенных звеньев сооружений проекту и утвержденным отклонениям от него;

2) соответствие места выпуска сточных вод проекту;

3) соблюдение необходимых защитных зон между сооружениями и

4) наличие требуемого проектом оборудования, измерительных приборов и лабораторного оборудования, обеспеченного необходимым персоналом и руководством.

На основании вышеуказанных документов и осмотра сооружений комиссия выявляет наличие недоделок, отклонений от проекта и устанавливает возможность пуска сооружений в испытание.

Санитарно-техническая проверка работы очистных сооружений производится путем определения степени фактического снижения загрязнений в сточных водах при их обработке на очистных сооружениях и сравнения с требуемой эффективностью снижения загрязнений по проекту.

После окончания пускового периода составляется акт окончательной приемки сооружений в эксплуатацию. В акте записывают подробную санитарно-техническую оценку готовности сооружений, перечень всех отступлений от проекта и мотивировки их допустимости или недопустимости для нормальной работы сооружений, все недостатки эксплуатационного порядка, а также заключение комиссии об обеспеченности сооружений обслуживающим персоналом, техническим руководством, энергией, топливом и пр.

Со дня ввода сооружений в эксплуатацию должна быть заведена паспортная книга сооружений.

В книге указываются:

1) наименование предприятия — владельца сооружений;

2) министерство, ведомство, организация, которой подчинено предприятие;

3) местонахождение сооружения (место на промплощадке и пр.);

4) обслуживаемая сооружениями канализационная сеть (ее назначение по характеру основных отводимых сточных вод);

5) наличие посторонних присоединений;

6) количество и характер отводимых сточных вод (общего стока и при необходимости — стоков отдельных цехов);

7) состав сооружений, число и характеристика основных параметров составных элементов (в форме таблицы);

8) год, месяц и число приема сооружений в эксплуатацию;

9) требования к составу очищенных сточных вод, при которых обеспечивается гигиеническая эффективность работы сооружений, отвечающая нормам санитарного проектирования промышленных предприятий.

Эксплуатация очистных сооружений должна производиться штатом инженерно-технических работников, рабочих и служащих.

На станциях производительностью до 500 *м*^{3}*/сутки* руководителем эксплуатацией может быть техник или мастер. На более крупных станциях, и особенно имеющих в своем составе аэротенки, руководителем эксплуатации назначается инженер.

Руководителем эксплуатации полей орошения должен быть агроном, достаточно знакомый с техникой очистки сточных вод. Для выполнения бактериологических и химических анализов в штат очистной станции включаются химики-лаборанты и бактериологи.

На очистных станциях организуются лаборатории с соответствующим оборудованием. Эксплуатационное хозяйство станций должно быть обеспечено транспортом, простейшими механическими мастерскими и складами. Эксплуатационное хозяйство полей фильтрации или орошения оснащается плугами, тракторами и другим необходимым оборудованием.

Для обеспечения бесперебойной работы очистных сооружений устанавливается круглосуточное дежурство и диспетчерская служба.

В своей работе персонал станции руководствуется ведомственной инструкцией на эксплуатацию очистных сооружений канализации. Общим пособием являются «Правила технической эксплуатации водопроводов и канализации» [1].

---

[1] Правила технической эксплуатации водопроводов и канализации, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1950/51.

4. ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ГОРОДСКОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Прием производственных сточных вод в городские канализации регулируется в соответствии с Техническими условиями Министерства коммунального хозяйства РСФСР, разработанными применительно к приему сточных вод хлопчатобумажной, шерстяной и кожевенной промышленности.

Прием в городскую канализацию производственных сточных вод устанавливается в каждом отдельном случае органами местного коммунального хозяйства в зависимости от мощности городской канализации, степени ее загрузки производственными сточными водами, состава городских очистных сооружений и мощности водоема.

Добавка производственных сточных вод к сточным водам городской канализации с механической очисткой не должна повышать в водоеме концентрацию взвешенных веществ, ядовитых примесей, степень окраски и изменять активную реакцию воды сверх норм, указанных в Санитарных правилах спуска сточных вод в общественные водоемы (см. гл. X).

При наличии в системе городской канализации биологических очистных сооружений добавление производственных сточных вод с учетом существующей нагрузки не должно:

1) повышать в общем стоке города и промышленного предприятия концентрацию ядовитых веществ (хрома, меди, свинца и пр.) выше норм (см. табл. 18);

2) изменять величину pH общего стока ниже 6 и выше 9;

3) снижать отношение БКП к окисляемости ниже 2;

4) повышать окраску очищенных сточных вод выше допустимой Санитарными правилами спуска промышленных сточных вод в общественные водоемы;

5) снижать содержание азота аммонийного ниже 30 *мг/л*.

Предельно-допустимые концентрации синтетических поверхностно-активных веществ допускаются в общем стоке перед биологическими очистными сооружениями не выше 10 *мг/л*.

В тех случаях, когда соответствующими расчетами выявляется несоблюдение указанных требований, производственные сточные воды до спуска в городскую канализацию должны подвергаться на территории промышленного предприятия специальной механической или химической очистке.

Перед выпуском в городскую канализацию сточных вод текстильных отделочных фабрик обязательно устройство на выпуске решеток или сеток для улавливания обрывков ткани и волокна.

Сточные воды кожевенных заводов перед спуском в городскую канализацию должны проходить предварительную очистку на территории завода для задержания содержащихся в воде крупных примесей (кусков мездры, голья, кожи, извести и пр.).

Глава XV

ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

1. ХЛОПЧАТОБУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ[1]

Прядильные и ткацкие фабрики. На прядильных и ткацких фабриках сточные воды образуются от промывок фильтров системы увлажнения воздуха, а на ткацких фабриках, кроме того, и от шлихтовальных машин.

Сточные воды от промывки фильтров являются условно чистыми и отличаются от исходной водопроводной воды, подаваемой в системы увлажнения воздуха, повышенным содержанием взвешенных веществ.

Сточные воды, отходящие от шлихтоварки и корыт шлихтовальных машин, сильно загрязнены органическими веществами, смягчителями и антисептиками (табл. 28).

Таблица 28

Состав шлихтовальных вод

Взвешенные вещества	Плотный остаток в *мг/л*	Окисляемость в *мг/л*	$БПК_5$ в *мг/л*	Хлориды в *мг/л*	pH	Осадок в % к объему за 2 часа
170	780	800	600	60	6,37	до 10

Сброс воды от промывки фильтров систем увлажнения обычно производится в водосточную сеть. Шлихтовальные отделы присоединяются к системе бытовой канализации фабрик или к канализации городов.

Отбельные и красильные фабрики. На отбельных фабриках — бельевых, медицинской ваты, — а также в соответствующих отделах хлопчатобумажных комбинатов образуются грязные (50—65%) и малозагрязненные (50—35%) сточные воды.

Грязные воды образуются в технологических операциях сурового ряда отбельных агрегатов и составляются из резко щелочных варочных и мерсеризационных вод (pH 10—11), кисловочных (pH 2,6—3), а также из содержащих активный хлор отработанных растворов гипохлоритных.

Общий сток грязных вод имеет значительные колебания по составу и температуре. Реакция сточных вод щелочная; они имеют повышенную минерализацию и высокое потребление кислорода ($БПК_5$ до 1000 *мг/л*). В стоке содержатся поверхностно-активные вещества, применяемые при варке товара в котлах.

Малозагрязненные воды образуются в технологических операциях белого ряда отбельных агрегатов — от мойных машин, водя-

[1] Подробная сводка по сточным водам предприятий хлопчатобумажной промышленности дана И. С. Постниковым (Академия коммунального хозяйства).

ных каландров. Сточные воды имеют незначительную концентрацию загрязнений и признаются условно чистыми (табл. 29).

Таблица 29

Состав отбельных сточных вод

Показатели	Сток белого конца	Сток сурового конца	Общий сток фабрик	Характерные групповые стоки	
				варка в котлах и промывка	суровая кислование
Температура в °	8—20	25—40	8—30	50—100	20—30
Прозрачность в *см*	10	—	2,5	0,5	3
Взвешенные вещества в *мг/л*	37—60	170—250	90—120	1900	140
Зольность в %	50	50	30—45	25	32
Плотный остаток в *мг/л*	180	2100	1000—1200	14800	880
Зольность в %	80	50	60—53	64	52
Окисляемость в *мг/л*	12—35	400—650	200—330	3000	300
$БПК_5$ „ „	9—35	600—900	500—650	2600	350
БПК: окисляемость	0,75—1	1,5—1,38	2,5—1,97	0,87	1,15
pH	6,8—7,3	9,7	8—9	11	2,6
Хлориды в *мг/л*	10—34	80	65—120	180	30
Сульфаты „ „	17—85	200	300	480	65
Азот общий „ „	7	60	40	50	36
Азот аммонийный в *мг/л*	—	30	30	20	8
Осадок в % к объему воды за 2 часа	0,12	0,2	0,1—0,6	1	0,8

(По данным Академии коммунального хозяйства, 1951 г.).

Выпадение осадка из сточных вод сурового и в особенности белого ряда отбельных агрегатов происходит замедленно. Основная часть взвешенных веществ выпадает в течение 2 час. Усреднение кислых и щелочных сточных вод вызывает их самокоагуляцию и ускоряет выпадение осадка.

Сточные воды аппретурных отделов образуются от мытья аппаратов и полов в количестве до 5 *л/кг* товара. Они насыщены органическими веществами, сильно загрязнены, но вследствие незначительного количества мало влияют на состав общего стока фабрики.

В производственных процессах красильных фабрик образуются сильно загрязненные, а иногда и ядовитые сточные воды. Количество малозагрязненных вод конечных промывок товара незначительно и редко превышает 15—20%.

В хлопчатобумажной промышленности применяют: прямое, кубовое, сернистое, холодное, анилиновое крашение. Разнообразие количественных соотношений видов крашения обусловливает большие колебания состава сточных вод по основным компонентам загрязнений (табл. 30 и 31, стр. 206).

Вследствие применения в крашении некоторых закрепителей и хромпика в сточных водах появляются соли меди и хрома.

Характерными свойствами красильных сточных вод являются: их интенсивная цветность — наибольшая при сернистом крашении,

Таблица 30

Сточные воды сернистого и анилинового крашения

Крашение	Взвешенные вещества		Плотный остаток		Окисляемость в *мг/л*	$БПК_5$	pH	Иодопотребление в *мг/л*
	общее количество в *мг/л*	зольность в %	общее количество в *мг/л*	зольность в %				
Хлопка	400	40	4000	70	560	360	9,1	228
Ткани	210	65	2400	90	430	430	8,4	230
Черно-анилиновое . . .	420	35	2500	25	370	246	8,1	30

Таблица 31

Состав красильных сточных вод

Показатели	Красильные фабрики (смешанное крашение)	Ситцепечатные фабрики в *мг/л*	Меланжевые комбинаты в *мг/л*	Малозагрязненные воды конечных промывок в *мг/л*
Температура в °	6—32	22—28	—	—
Взвешенные вещества в *мг/л*	90—900[1] (300)	130—250	275	28
Зольность в %	40	70	40	40
Плотный остаток в *мг/л* . . .	300—6200 (1000)	600—1000	2700	350
Зольность в %	85	75	50	80
Окисляемость в *мг/л*	13—800 (140)	150—350	450	42
$БПК_5$ „ „	25—965 (176)	150—250	425	40
$БПК_{20}$ „ „	—	—	536	—
$БПК_5$: окисляемость	0,8—1,25	1—0,72	0,94	0,96
pH	7,3—9,6	8—9,5	8,5	5—7,1
Хлориды в *мг/л*	(124)	50	—	—
Сульфаты „ „	до 800 (220)	100	335	—
Азот аммонийный в *мг/л* . .	до 30 (10)	16—30	6	—
Хром (разовый анализ) в *мг/л*	—	—	0,35	—
Медь (разовый анализ) „ „	—	—	0,5	—
Иодопотребление по H_2S в *мг/л*	—	—	536	—
Осадок в % к объему воды за 2 часа	0,4	0,1	0,2	0,1

щелочная реакция, высокая насыщенность органическими веществами и химикатами в обычно неблагоприятном для биологической очистки соотношении. Сточные воды черно-анилинового крашения имеют резко окислительные свойства, действующие на органические вещества аналогично активному хлору, с торможением биопроцессов. Поэтому, когда в производстве применяется черно-анилиновое

[1] Средние значения ряда анализов.

крашение и количество сточных вод этого вида крашения превышает 10% от общего стока, биологическая очистка смеси бытовых и производственных сточных вод возможна только при условии предварительной химической обработки вод черно-анилинового крашения.

Очистку сточных вод отбельных фабрик можно производить с выделением малозагрязненных — условно чистых вод белого ряда отбельных агрегатов — в самостоятельную канализацию, объединяемую при возможности с водостоком или без их выделения.

Выделение малозагрязненных вод целесообразно в тех случаях, когда очистка грязных вод может быть только механической или химической или при спуске их в мощные городские канализации.

При любом способе очистки необходимо предварительное усреднение сточных вод. В качестве сооружений для механической очистки обычно применяют вертикальные отстойники с продолжительностью отстаивания 1—1,5 часа.

Химическая очистка производится коагуляцией сточных вод известью (200—600 *мг/л*) и железным купоросом (100—200 *мг/л*); продолжительность отстаивания — 2 часа при эффекте осветления до 60—70%. Количество осадка достигает 2—3% от объема воды.

Биологическую очистку отбельных сточных вод можно производить с использованием любого типа окислителей, причем выделение малозагрязненных вод из общего стока часто бывает нецелесообразно. Концентрация поверхностно-активных веществ снижается в уравнительных резервуарах.

Очистка красильных или отбельно-красильных вод производится такими же способами. Осложняющими факторами для биологической очистки являются примесь ядовитых компонентов и недостаточная обеспеченность бактерий-минерализаторов питательными веществами. Биологическую очистку красильных вод можно производить на любых типах окислителей. Наиболее устойчивые результаты очистки получаются на полях фильтрации или в аэротенках — смесителях. При биологической очистке вод сернистого крашения иногда применяют предварительное хлорирование до первичных отстойников, способствующее обесцвечиванию сточных вод и выпадению солей хрома в осадок.

По Н. А. Базякиной, механизм биологических процессов очистки сточных вод сернистого крашения, имеющих резко щелочную реакцию, протекает следующим образом. Орошение бытовыми сточными водами биофильтра вызывает в нем окисление органических веществ. Окисление органики в водах, содержащих бикарбонаты, продуцирует углекислоту в количестве, достаточном для нейтрализации некоторой части щелочи промстоков, что дает начало развитию тех бактерий, которые должны разрушать специфические загрязнения производственных сточных вод. Раз начавшийся процесс биохимического разрушения компонентов сернистого крашения усиливается и приводит в конце концов к возможности очищать производственные сточные воды с относительно малым добавлением бытовых вод.

Для нормального ведения биологической очистки красильных

сточных вод Академией коммунального хозяйства установлены следующие ориентировочные проценты добавки бытовых вод:

Норма водоотведения *л/чел.* в сутки	50	100	150	200
% добавки бытовых вод	13	25	38	50

При недостаче бытовых вод для разбавления промстоков обеспечение биологического процесса питательными веществами можно прозводить за счет приема в канализацию жидких отбросов неканализованного жилого фонда или дробленого квартирного мусора, добавкой соединений азота, калия, фосфора.

Институтом «Водгео» выявлены следующие показатели опытной очистки сточных вод сернистого крашения (75%) в смеси с городскими водами (25%) на модели биофильтра (табл. 32).

Таблица 32

Результаты биологической очистки

Показатели	Предварительное отстаивание		Хлорирование и отстаивание	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Цвет	Оливковый	Светло-серый	Желтый	Бесцветный
Прозрачность в *см*	6,4	9,4	2,4	13
Окисляемость в *мг/л* . . .	330	18,4	392	29,6
$БПК_5$ „ „ . . .	324	23,6	311	13,2
Нитраты „ „ . . .	0	20	0	30
pH „ „ . . .	8	7,9	8,5	7,1

Пример. Определить размер добавки бытовых сточных вод для биологической очистки 2000 $м^3/сут$ красильных вод.

Красильные воды имеют: $БПК_5$ 205 *мг/л*, окисляемость 125 *мг/л*, отношение $БПК_5$ к окисляемости 1,64, и содержат азот аммонийный в концентрации 12 *мг/л*, pH стока — 8,6.

Для нормальной биологической очистки количество азота аммонийного в сточных водах должно быть: $2000 \cdot 30 = 60\,000$ *г*.

Наличие азота аммонийного в стоке: $2000 \cdot 12 = 24\,000$ *г*; недостаток аммонийного азота 36 000 *г*.

Пополнить недостающее количество азота можно путем канализования жилого фонда поселка фабрики. Необходимо обслужить канализацией:

$$36\,000 : 8 = 4500 \text{ человек,}$$

где 8 *г* — количество азота аммонийного (в загрязнениях), отходящего в сточные воды от одного человека в сутки, обслуживаемого канализацией.

При норме водоотведения в 100 *л/человека* в сутки количество бытовых сточных вод будет:

$$\frac{4500 \cdot 100}{1000} = 450 \; м^3/сут, \text{ или } 22{,}5 \simeq 25\%$$

от количества красильных вод.

$БПК_5$ смеси сточных вод:

$$\frac{2000 \cdot 205 + 450 \cdot 400}{2000 + 450} = 240 \; мг/л.$$

Окисляемость:

$$\frac{2000 \cdot 125 + 450 \cdot 90}{2000 + 450} = 119 \text{ мг/л}.$$

Отношение $БПК_5$ к окисляемости

$$240 : 119 \simeq 2.$$

2. ТРИКОТАЖНЫЕ И ТЕКСТИЛЬНО-ГАЛАНТЕРЕЙНЫЕ ФАБРИКИ

Производственные сточные воды образуются на фабриках в технологических процессах отбелки и крашения товара. Состав сточных вод фабрик аналогичен или мало отличается от составов сточных вод хлопчатобумажных отбельно-красильных фабрик. В табл. 33 указан состав сточных вод трикотажной фабрики.

Таблица 33

Состав сточных вод

Показатели	Взвешенные вещества	Плотный остаток	Окисляемость	$БПК_5$	$БПК_5$ к окисляемости	pH	Осадок в % к объему воды за 2 часа
	в *мг/л*						
Сток отбельного отдела	175	680—1200	60—150	100—300	1,66—2	—	0,1—0,6
Сток крашения	25—100	1400	250	200	1,25	7,9	—
Общий сток .	75—100	1300	170	190	1,14	7,9	0,5

Сточные воды фабрик очищаются способами, описанными выше. При расположении фабрик в городах с достаточно мощной канализацией часто бывает достаточным одно усреднение состава отбельных и красильных сточных вод.

3. ШЕРСТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Фабрики первичной обработки шерсти. При промывке шерсти в отработанные мыльно-содовые растворы отходят загрязнения сырья: шерстный жир, пот, грязь и некоторое количество волокна.

По степени концентрации загрязнений сточные воды подразделяют на грязные — от противотока и опорожнения барок проходных шерстомойных машин (70%), и малозагрязненные — от полоскания мытой шерсти (30%). Сточные воды противотока и общий сток фабрик резко щелочные, они насыщены взвешенными веществами, сильно минерализованы и имеют высокое потребление кислорода.

Шерстомойные сточные воды характерны большим бактериальным загрязнением, с количеством колоний в 1 $см^3$ воды до 15—200 млн. (табл. 34).

Таблица 34

Состав сточных вод

Показатели	Общий сток		Сток полоскания мытой шерсти
	промывка тонкой шерсти	промывка грубой шерсти	
Взвешенные вещества в *мг/л*	3300—4400	9300—12300	550
Зольность в %	55	55	—
Плотный остаток в *мг/л*	4800—5900	7700—14600	720
Зольность в %	62—58	74—57	65
Окисляемость в *мг/л*	1800—1500	1900—3360	240
$БПК_5$ „ „	2200—3300	4000—9900	700
$БПК_{20}$ „ „	4000—5500	5640—14500	—
$БПК_5$: окисляемость	1,25—2,20	2,1—2,9	2,8
pH	9,5—9,8	10	7,8
Азот аммонийный в *мг/л*	75	100—170	—
Калий (K_2O) „ „	54—30	56	—
Фосфор (P_2O_5) „ „	45	60—157	—
Сульфаты „ „	100	900—1300	—
Хлориды „ „	80—50	260—280	—
Осадок в % к объему воды за 2 часа	1,6—2,1	5—6	0,78

(По данным Академии коммунального хозяйства, 1952 г.)

Концентрация шерстного жира колеблется в сточных водах от 0,2 до 3% от их объема и бывает выше в сточных водах от промывки тонкой шерсти.

Очистке сточных вод от промывки тонких и полутонких сортов шерсти должна предшествовать регенерация шерстного жира, снижающая концентрацию основных загрязнений.

Сточные воды в основном очищаются химическим способом с обработкой жидкости реагентами — известью и железным купоросом, сернокислым алюминием в дозах 4—20 *кг/м*^{3}, уточняемых в процессе эксплуатации.

Отстаивание сточных вод при химической обработке длится 1,5—2 часа, а количество выпадающего осадка достигает 3,5—8% от объема жидкости.

При необходимости (по условиям выпуска) биологической обработки сточных вод в качестве окислителей обычно применяют поля фильтрации, дающие наиболее устойчивые показатели очистки. Перед подачей на поля сточные воды должны проходить химическую очистку для снижения концентрации взвешенных веществ и жира, способных кольматировать поры почвы. Применение химических способов регенерации жира и в особенности способа осаждения значительно улучшает условия очистки сточных вод по количеству реагентов и возможности отказа от нее.

Присоединение фабрик первичной обработки шерсти к городским канализациям производится в соответствии с техническими условиями Министерства коммунального хозяйства РСФСР.

Пример. Определить допустимую добавку шерстомойных вод в городскую канализацию, имеющую биологические очистные сооружения.

Шерстомойные сточные воды имеют по анализу следующий состав: $БПК_5$ 2700 в *мг/л*; окисляемость — 1240 *мг/л* и содержание жира — 700 *мг/л*, а городские сточные воды: $БПК_5$ 250 *мг/л* и окисляемость — 90 *мг/л*.

Технические условия приема производственных сточных вод шерстяной промышленности в городские канализации обусловливают следующие основные требования: $БПК_5$ смеси сточных вод не должна превышать 500 *мг/л*, а отношение $БПК_5$ к окисляемости должно быть не менее двух.

Допустимый процент добавки шерстомойных вод к городским сточным водам определяют из следующего соотношения:

$$\frac{1 \cdot 250 + x \cdot 2700}{1 + x} = 500.$$

Откуда $x = 0{,}1$, т. е. допустимая добавка шерстомойных вод составляет 10%.

При окисляемости смеси сточных вод:

$$\frac{10 \cdot 90 + 1 \cdot 1240}{10 + 1} = 195 \text{ мг/л}.$$

Отношение $БПК_5$ смеси к окисляемости:

$$500 : 195 = 2{,}56 > 2 \ x.$$

Содержание жира в смеси сточных вод:

$$700 : 11 = 63{,}7 \text{ мг/л},$$

что возможно считать допустимым, учитывая потери жира с осадком в процессе отстаивания.

При предварительной очистке сточных вод на территории фабрики с регенерацией жира условия приема будут более легкими.

Камвольные и суконные фабрики[1]. Сточные воды фабрик по составу основных загрязнений подразделяют на две группы:

1) промывки суровья, после валки и нейтрализации и
2) красильные воды.

Сточные воды промывок суровья и после валки составляют 45—80% стока промывных отделов, — около 30—50% общего стока фабрик, и имеют щелочную реакцию, сравнительно незначительное количество взвешенных веществ, $БПК_5$ в пределах 200—360 *мг/л* и содержат поверхностно-активные вещества. Сточные воды нейтрализации имеют нейтральную или слабо кислую реакцию и содержат небольшое количество взвешенных веществ.

Состав красильных сточных вод зависит от сорта окрашиваемых тканей и применяемых красителей. Крашение шерсти и чисто шерстяного товара производится кислотно-хромовыми красителями, малое количество товара на фабриках окрашивается в яркие цвета кислотными красителями без обработки хромом.

Полушерстяные товары окрашивают: содержащуюся в тканях шерсть — хромовыми красителями, а примеси других волокон (хлопка, вискозы) — сернистыми и кубовыми красителями.

---

[1] Подробная сводка о сточных водах предприятий шерстяной промышленности дана Н. А. Лукиных (Академия коммунального хозяйства).

Сточные воды от крашения шерсти имеют слабо щелочную или щелочную реакцию, сравнительно небольшое количество взвешенных веществ и $БПК_5$ в пределах 200—270 *мг/л*. В сточных водах содержатся соли хрома и поверхностно-активные вещества.

Сточные воды сернистого крашения имеют повышенные значения БПК и окисляемости, а также резко щелочную реакцию. Сточные воды крашения шерсти имеют незначительную цветность; сернистые красители дают значительное повышение цветности с интенсивностью окраски по разведению до 400—500-кратной (табл. 35 и 36).

Из анализов сточных вод видно, что общий сток производства чистошерстяных тканей и фабрик грубых сукон, по показателям отношения $БПК_5$ к окисляемости и активной реакции, является приемлемым для биологической очистки. Сточные воды производства полушерстяных тканей имеют неблагоприятные показатели для биологической очистки из-за резко щелочной реакции и окисляемости, превышающей величину БПК.

Очистка сточных вод, в зависимости от условий выпуска, может быть механической, химической или биологической.

Для очистки сточных вод необходимо:

1) усреднение их состава;

2) регулирование или снижение концентрации солей хрома и поверхностно-активных веществ до допустимых пределов и

3) обеспечение биохимических процессов достаточным количеством питательных веществ.

Механическая очистка усредненных сточных вод производится обычно в вертикальных отстойниках с продолжительностью отстаивания в течение 1—1,5 часа и эффектом осветления до 60%.

Химическая очистка красильных вод производится обработкой их известью и железным купоросом при продолжительности отстаивания в 2 часа. Сернистые сточные воды можно обрабатывать хлорированием.

Биологическая очистка сточных вод производится с использованием любого типа окислителя с соблюдением общих условий ее проведения. Необходимое разбавление производственных сточных вод бытовыми водами, приемом в канализацию жидких отбросов неканализованного жилого фонда или дробленого квартирного мусора определяется расчетом:

Пример. Общий сток фабрик имеет $БПК_5$ 430 *мг/л*, окисляемость 360 *мг/л* и отношение $БПК_5$ к окисляемости 1,2.

Определить необходимую добавку дробленого квартирного мусора для повышения отношения $БПК_5$ к окисляемости до 2.

Добавление 1 *мг* беззольного вещества дробленого мусора на 1 *л* стока повышает $БПК_5$ на 0,35 *мг* и окисляемость — на 0,06 *мг*.

Для повышения отношения $БПК_5$ к окисляемости общего стока фабрики до двух необходимо добавить:

$$\frac{430 + x \cdot 0{,}35}{360 + x \cdot 0{,}06} = 2,$$

откуда $x = 1260$ *мг* беззольного вещества мусора.

Таблица 35

Состав групповых сточных вод

Показатели	Подготовительный отдел		Красильный отдел			
	камвольные фабрики	тонкосуконные фабрики	шерстяные ткани	полушерстяные ткани	сернистое крашение волокна	крашение шерстяной ленты
Интенсивность окраски	40	60	85	До 400	До 500	10–100
Взвешенные вещества в *мг/л*	60	60—200	90	20—165	160	—12
Зольность в %	50	60—40	90	60–90	45	—50
Плотный остаток в *мг/л*	1200—560	1800	1100	1400	4440	980—3200
Зольность в %	45	65	65	75	46	54—40
Окисляемость в *мг/л*	150	200	80	160	680	96–230
$БПК_5$ в *мг/л*	350	312	280	258	815	410–1230
$БПК_{20}$ » »	540	860	450	330	1565	640–2380
$БПК_5$: окисляемость	2,4	1,58	3,5	1,56	1,2	4,3–5,4
pH	8,4	9,9	7,3	8,8	10,8	7—4,6
Азот общий в *мг/л*	40	40	20	70–20	50	38—44
Азот аммонийный в *мг/л*	25	30	20	21	45	25—44
Сульфаты в *мг/л*	—	12	Следы	100	—	300—465
Хлориды в *мг/л*	110	95–12	240–390	800–460	600	—130
Хром (Cr_2O_3) (разовый анализ)	—	—	2,5—4	2,5		6–3,4
Осадок в % к объему воды за 2 часа	0,01	0,48	—	0,02–0,1	0,01	–

(По данным Академии коммунального хозяйства, 1952 г.)

Таблица 36

Состав общего стока фабрик

Показатели	Производство тканей		Фабрики грубых сукон
	чистошерстяных	полушерстяных тонких	
Интенсивность окраски	80—100	100—200	—
Взвешенные вещества в *мг/л*	74—150	50—278	225
Зольность в %	78—35	55	—
Плотный остаток в *мг/л*	1000	2400	2530
Зольность в %	75	55	—
Окисляемость в *мг/л*	72—80	250—430	175
$БПК_5$ в *мг/л*	290—380	470—360	384
$БПК_{20}$ в *мг/л*	700—457	860—980	—
$БПК_5$: окисляемость	4—4,85	1,87—1,23	2,2
pH	7,2—7,7	9,8	8,6
Азот общий в *мг/л*	20	42—20	—
Азот аммонийный в *мг/л*	19	20	—
Сульфаты в *мг/л*	Следы—20	175—86	—
Хлориды в *мг/л*	200	140	—
Хром (Cr_2O_3) (разовый анализ)	1,5—4,5	4,7—12	—
Осадок в % к объему воды за 2 часа	0,02—0,08	0,16—0,19	0,46—0,5

(По даиным Академии коммунального хозяйства, 1952 г.)

При зольности мусора 12% на 1 $м^3$ стока надо добавить:

$$(1{,}26 \cdot 100) : 88 = 1{,}44 \text{ кг сухого мусора.}$$

Добавка дробленого мусора повысит $БПК_5$ стока до

$$430 + 1260 \cdot 0{,}35 = 871 \text{ мг/л,}$$

а окисляемость: $360 + 1260 \cdot 0{,}06 = 435$ *мг/л*.

На одного жителя приходится 110 *г* сухого мусора за сутки; следовательно, 1,44 *кг* будут получены от 13 жителей.

При количестве сточных вод 1000 $м^3$ в сутки необходим сбор мусора от 13 000 человек населения.

4. ШЕЛКОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Кокономотальные фабрики. Сточные воды образуются в кокономотальных цехах в процессах разварки коконов и их размотке, а также в цехе использования отходов (варка в растворе кальцинированной соды и промывка).

Сточные воды кокономотальных фабрик характерны высоким потреблением кислорода, наличием легко распадающихся органических веществ, серицина, жиров, сероводорода и аммиака; они имеют устойчивый неприятный запах, большую мутность и быстро загнивают (табл. 37).

Очистка сточных вод при наличии в них легко окисляющихся органических соединений, солей азота и фосфора должна применяться биологическая, причем добавление бытовых вод может и не потребоваться.

По данным института ВОДГЕО, нагрузка сточных вод на биологические фильтры принимается до одного объема жидкости на один объем загрузки. При очистке сточных вод на полях фильтрации или орошения нагрузка должна снижаться на 25% по отношению к нагрузке полей бытовыми водами.

Таблица 37

Состав сточных вод

Показатели	Общий сток
Температура в °	22—40
Цвет	Желтоватый
Прозрачность в *см*	0
Взвешенные вещества в *мг/л*	200—225
Зольность в %	65—85
Плотный остаток в *мг/л*	925—1185
Зольность в %	48—75
Окисляемость в *мг/л*	185—268
$БПК_5$ в *мг/л*	658—876
$БПК_5$: окисляемость	3,58—3.26
pH	7,1
Щелочность *мл* 1 *N* раствора	5,6—7
Азот общий в *мг/л*	65—126
Азот аммонийный в *мг/л*	30—35
Фосфаты в *мг/л*	47—53
Жиры, извлекаемые эфиром, в *мг/л*	40—160
Характер осадка	Хлопьевидный, легко загнивает

(По данным института ВОДГЕО, 1950 г.)

В состав очистных сооружений следует вводить усреднители для выравнивания состава сточных вод и учитывать необходимость снижения их температуры перед биологической очисткой, что достигается разбавлением водой.

Химическая очистка сточных вод кокономотальных фабрик не эффективна и не должна применяться. При обработке сточных вод сернокислым алюминием (200—300 *мг/л*) жидкость остается загнивающей. Доза коагулянта в 400 *мг/л* снижает органическую часть загрязнений на 50%. Обработка сточных вод известью (800—1200 *мг/л*) органической части загрязнений почти не снижает, уменьшение окисляемости происходит на 4,8—5% при незначительном осветлении жидкости.

Шелкокрасильные фабрики. Сточные воды образуются в процессах отварки, крашения, промывок, регенерации мыла. Многочисленные способы крашения (прямое, кислотное, сернистое и др.) обусловливают поступление в сточные воды самых разнообразных компонентов загрязнения. Групповые стоки могут иметь кислую или резко щелочную реакцию (pH 4—9,7), окисляемость от 15 до 1200 *мг/л* и высокий плотный остаток. В общем интенсивно окрашенном стоке фабрик неравномерности состава

загрязнений групповых стоков значительно выравниваются. Общий сток имеет щелочную или слабо кислую реакцию, содержит значительное количество органических веществ, соли тяжелых металлов (меди и хрома), а также синтетические поверхностно-активные вещества (ОП—7, 10; табл. 38).

Таблица 38

Состав сточных вод

Показатели	Общий сток	
	средние значения	предельные колебания
Температура в °	15—28	10—41
Цвет	Окрашенный	То же
Взвешенные вещества в *мг/л*	485	418—720
Зольность в %	20	—
Плотный остаток в *мг/л*	1380	1000—2000
Зольность в %	65	70
Окисляемость в *мг/л*	177	460—140
$БПК_5$ в *мг/л*	350	960—200
$БПК_5$: окисляемость	1,97	2,1—1,4
pH	—	7,05—5,35
Щелочность *мл* 1 *N* раствора	щ. 5,3	—
Сульфаты в *мг/л*	347	310—380
Сероводород в *мг/л*	Есть	Есть
Хром в *мг/л*	„	0,8—следы
Загниваемость	Загнивает	

(По данным института ВОДГЕО, 1950 г.)

Количество малозагрязненных вод в общем стоке фабрик незначительно и обычно не превышает 3—5%.

Очистку сточных вод производят химическим и биологическим способами. Механическая очистка, по данным института ВОДГЕО одних производственных вод не дает их очищения.

При смешивании 3—4 частей производственных вод с 1 частью бытовых вод получаются незначительные результаты очистки с некоторым уменьшением окисляемости и выпадение осадка 0,06—0,8%.

Химическая очистка с применением коагулянтов: хлорного железа (25—50 *мг/л*) или железного купороса (100 *мг/л*) и извести (150—250 *мг/л*) с отстаиванием в течение 1,5—2 час. дает снижение $БПК_5$ до 75%.

Биологическую очистку производственных сточных вод в смеси с бытовыми можно производить с использованием любых типов сооружений. Условия проведения биологической очистки по количеству добавляемых бытовых или иных вод определяют расчетом по отношению $БПК_5$ к окисляемости, азоту и пр. Предельные концентрации ядовитых примесей принимаются по табл. 18.

Институтом ВОДГЕО в лабораторных условиях проверена работа биологического фильтра на очистке смеси производственных и бытовых вод. При наладке фильтра на бытовых водах постепенным увеличением количества производственных вод их количество удавалось довести до 80—85%. Нагрузка сточных вод принималась 0,5 объема жидкости на один объем загрузки.

5. ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ЛУБЯНЫХ КУЛЬТУР

Производственные сточные воды образуются на заводах в процессах биологической мочки или пропарки соломы льна, кенафа, джута и канатника (табл. 39, 40).

Таблица 39

Состав сточных вод льнозаводов

Показатели	Обычная тепловая мочка	Регенерат	Мочка с регенерацией	Отжим с промывкой	Аэробная мочка
Запах	Брожения	Навоза	Навоза	Гнилой	
Взвешенные вещества в *мг/л*	62	900	2240	2476	100—600
Зольность в %	20	21	5	25	35—11
Плотный остаток в *мг/л*	2110	2410	6400	5800	до 6500
Зольность в %	50	62	48	39	48—24
Окисляемость в *мг/л*	600	490	635	350	400—1200
$БПК_5$ в *мг/л*	1470	1820	4410	2010	900—3500
$БПК_{20}$ в *мг/л*	1970	3900	—	—	—
$БПК_5$: окисляемость	2,45	3,75	6,9	5,7	2,2—2,8
pH	4,1	8,1	4,8	4,9	6—7,3
Общий азот в *мг/л*	32	90	58	20	20—60
Хлориды	195	250	140	71	—
Объем осадка в % за 30 мин.	0,45	0,62	—	—10	—
То же за 1 час	0,50	0,70	—	10	—

Сточные воды мочильных процессов имеют гнилостный или навозный запах и большую цветность. Им свойственны повышенная минерализация и высокое потребление кислорода. Реакция сточных вод бывает кислой за счет несброженных органических кислот или щелочной — для регенерированной жидкости.

При переработке 1 *т* льносоломы в сточные воды переходит много растворенных минеральных солей (калия 9 *кг*, натрия 1,3 *кг*, фосфора 2,6 *кг*, окиси кальция 1,9 *кг* и т. д.), что определяет достаточную ценность их удобрительных свойств.

Ниже указан примерный состав сточных вод пропарки льносоломы [1]:

Взвешенные вещества	130 *мг/л*
Плотный остаток	4400 „
Окисляемость	2260 „
$БПК_5$	1500 „
pH	5,5

[1] По данным НИИ лубяных волокон.

Таблица 40

Состав сточных вод мочки джута и кенафа

Показатели	Мочильная жидкость		Регенерированная жидкость		Сток мокрого трепания
	джут	кенаф	джут	кенаф	
Взвешенные вещества в *мг/л*	260	105	100	125	90
Зольность в %	10	20	17	12	15
Плотный остаток в *мг/л*	1670	1450	5280	5100	350
Зольность в %	32	34	68	70	70
Окисляемость в *мг/л*	205	225	320	460	37
$БПК_5$ в *мг/л*	1480	1140	536	628	50
$БПК_5$: окисляемость	7,25	5,1	1,68	1,36	1,36
pH	5	5	7,70	7,5	6,9
Азот общий в *мг/л*	30	27	124	135	6,4
Хлориды в *мг/л*	27	21	210	157	Следы
Осадок в % к объему воды за 30 мин.	2,9	2,2	1,1	1	1,32
То же за 1 час	3	2,4	1,2	1,2	1,38

Сточные воды мокрого трепания (по табл. 40) не содержат значительных загрязнений, поэтому они обычно выделяются от мочильных вод и после отстаивания в прудах или отстойниках выпускаются в водоемы.

Для очистки сточных вод основных технологических процессов наиболее применимы биологические способы — на полях фильтрации, а для заводов сезонного производства — и в биологических прудах.

Механическая очистка сточных вод эффекта практически не дает. Химическая очистка снижает окисляемость сточных вод незначительно, количество рыхлого, плохо уплотняющегося осадка может доходить при этом до 10% от объема жидкости. По сложности организации, малой эффективности и необходимому значительному количеству коагулянтов химическая очистка не рекомендуется.

Использование сточных вод для удобрительно-увлажнительного орошения сельскохозяйственных земель может быть целесообразно. Подача сточных вод на орошение тех или иных культур и степень разбавления жидкости чистой водой согласуются с агрономами.

Для заводов сезонного производства возможно накопление концентрированных сточных вод в земляных прудах с их опорожнением в водоемы во время паводков, что согласуется с органами санитарного надзора.

6. ЛЬНЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

По составу и концентрации загрязнений сточные воды подразделяют на две группы:

1) грязные — прядильных и ткацких фабрик (мокрое прядение и шлихтовальные отделы), пряжебельных и бельнополотняных фаб-

рик (от варок и промывок, кисловок, отбелок, крашения, спуска рабочих растворов из машин и химической станции) и

2) малозагрязненные — от разного рода конечных промывок на мойных машинах пряжебельных и бельнополотняных фабрик. Количество грязных вод составляет обычно 30—35%, а малозагрязненных 70—65%. Количество сточных вод прядильных и ткацких фабрик незначительно и составляет в общем стоке комбинатов 3—5%.

Сточные воды прядильных фабрик несут значительное количество взвешенных веществ и имеют высокое потребление кислорода, что свидетельствует о большой концентрации органических загрязнений.

Стоки пряжебельных и бельнополотняных фабрик имеют различную степень загрязненности: так, окисляемость стока после варки пряжи доходит до 3500 *мг/л*, снижаясь в стоке промывки после спиртовок и кисловок до 66—38 *мг/л*. Для стоков от спиртовок характерно высокое содержание хлора, быстро расходуемого на окисление органических веществ и мало влияющего на состав сточных вод комбинатов.

Малозагрязненные воды практически бесцветны, они содержат незначительное количество взвешенных веществ и признаются условно чистыми.

Общий сток комбинатов мутный, он имеет значительно меньшую загрязненность в сравнении со стоком грязных вод. Характерным его свойством является высокая насыщенность растворенными химическими веществами, что может задерживать процессы биохимического окисления органической части загрязнений (табл. 41).

Таблица 41

Состав сточных вод

Показатели	Фабрики			Красильные воды	Общий сток	Условно-чистые воды
	прядильные	пряжебельные	бельнополотняные			
Прозрачность в *см* . .	—	2,5	1,2	1,5	4,5—2	10
Взвешенные вещества в *мг/л*	270—400	120	150	260	220—140	6—140
Зольность в %	10—15	25	20	70	30	—
Плотный остаток в *мг/л*	до 1000	до 2200	до 3000	2500	1900	800
Зольность в %	50	62	60	85	70	—
Окисляемость в *мг/л* .	400—1000	385	110—1000	370	225—180	38
$БПК_5$ в *мг/л*	365—1500	270	115—560	550	417—290	36
$БПК_{20}$ в *мг/л*	1050—1800	600	—	—	870—770	—
$БПК_5$: окисляемость . .	0,9—1,5	0,7	0,97—0,6	1,5	1,85—1,6	0,96
pH	7,2	8,1	8,2	8,5	7,8—8,3	8,3
Азот общий в *мг/л* . .	8,4	49	14	10	14—6	—
Сульфаты в *мг/л* . . .	100	170	172	350	160—105	—
Хлориды „ „ . . .	25	80	40—80	—	170—130	170
Осадок в % за 30 мин.	1,25	0,06	—	—	0,63	—
„ в % „ 60 „	1,40	0,08	—	—	0,57	—
„ в % „ 90 „	1,41	0,10	—	—	0,57	—

Очистку сточных вод, в зависимости от условий спуска в водоемы, можно производить с выделением из общего стока малозагрязненных вод или без их выделения.

Выделение малозагрязненных вод в самостоятельную канализацию, объединяемую при возможности с водостоком, целесообразно при допустимости одной механической очистки грязных вод. Выпуск малозагрязненных вод в водоемы без очистки обосновывается в таких случаях расчетами.

Химическая очистка грязных вод, требующая большего количества коагулянтов, не экономична, и ее можно применять в исключительных случаях.

При необходимости проведения биологической очистки выделение из общего стока малозагрязненных вод обычно бывает целесообразным, ибо концентрация загрязнений грязных вод потребует такого добавления бытовых вод, которое едва ли осуществимо в системах ведомственных канализаций.

Сточные воды брезентовых красильно-пропиточных фабрик образуются в пряжебельном (20%) и красильно-пропиточном (80%) отделах.

Состав сточных вод пряжебельных отделов соответствует данным табл. 41. Сточные воды красильно-пропиточных отделов подразделяют на кислые (40—48%) и щелочные (60—52%).

Основными компонентами загрязнения кислых вод являются соли тяжелых металлов: сернокислая медь ($CuSO_4$) и хромпик ($K_2Cr_2O_7$) в концентрациях до 200—100 *мг/л*. В щелочных водах находятся отходы парафина, стеарина, сернистых красителей, поверхностно-активные вещества и другие применяемые в производстве химикаты.

Местная химическая очистка кислых сточных вод (известью способом ионного обмена, пропуском через фильтры, с отходами стали) является, как правило, обязательной.

Необходимость местной химической очистки щелочных вод определяется условиями выпуска. При отведении сточных вод в канализации, обеспечивающие достаточное разбавление их, местной очистки не требуется.

Биологическая очистка красильно-пропиточных вод возможна при условии такого разбавления, при котором химические вещества сточных вод не будут тормозить биологические процессы.

7. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ВОЛОКНА[1]

Состав производственных сточных вод зависит от способа производства, вида вырабатываемой продукции и наличия установок по регенерации химических вспомогательных материалов.

При производстве вискозного шелка, штапеля и корда основными компонентами загрязнения сточных вод являются отходы сер-

[1] По этому вопросу см. статью проф. А. И. Жукова в сборнике «Производственные сточные воды», ч. III, Медгиз, 1952.

ной кислоты, сульфата и гипохлорита натрия, сероуглерода, соляной кислоты, красителей, едкого натра, альфа- и гемицеллюлозы, вискозы и пр.

При производстве медно-аммиачного волокна в сточные воды отходят щелочи, применяемые при варке, отбелке и измельчении исходного сырья (остатков волокон хлопка), медный купорос, серная кислота и пр.

Вискозный способ. Сточные воды заводов по концентрации и составу загрязнений подразделяют на условно чистые (от охлаждения различной аппаратуры) и грязные.

Сток грязных вод делится на кислые (50—65%) и щелочные (45—30%), в том числе и вискозные.

В стоке грязных вод основного производства грязные сточные воды сероуглеродных заводов составляют 4—5%.

Сточные воды основных технологических процессов имеют высокую насыщенность растворенными солями и органическими соединениями, при сравнительно незначительной концентрации взвешенных веществ (табл. 42).

Таблица 42

Состав групповых стоков

Показатели	Воды		
	вискозные	щелочные	кислые
Вискоза в *г/л*	2—5	—	—
Альфацеллюлоза в *г/л*	0,4—1	—	—
Гемицеллюлоза в *г/л*	0,6—1,5	0,13—0,25	—
Едкий натр в *г/л*	1,5—2	0,15—0,6	—
Серная кислота в *г/л*	—	—	0,5—1,25
Сероуглерод в *г/л*	0,03—0,64	—	—
Сероводород в *г/л*	—	—	0,03—0,05
Сульфаты, сульфиды, полисульфиды	0,03—0,04	0,06—0,1	0,25—0,6

Сток грязных вод имеет сероватый цвет, сероводородный и сероуглеродный запах, незначительную мутность, кислую реакцию и хлопьевидный осадок (табл. 43). Объем выпадающего осадка зависит от реакции сточных вод, низкие значения pH обусловливают меньший объем осадка и замедленное его выпадение.

Общий сток заводов, складывающийся из кислых и щелочных вод, имеет значительные неравномерности химического состава. Наличие в сточных водах сероводорода, сероуглерода, кислот и щелочей сообщает им ядовитые свойства, сравнительно легко ликвидируемые самоочищающей способностью водоемов. Разбавление сточных вод в 15—20 раз обычно бывает достаточным для устранения их ядовитых свойств.

Очистка сточных вод, определяемая условиями выпуска, может быть механической, химической или биологической, совместно с бытовыми водами.

При спуске сточных вод в канализацию больших городов или мощные водоемы достаточно взаимного усреднения сточных вод

в течение 4—12 час. по притоку, что является обязательным и перед любым способом очистки.

Таблица 43

Состав сточных вод

Показатели	Общий сток
Взвешенные вещества в *мг/л*	100—200
Зольность в %	80—75
Плотный остаток в *мг/л*	1000—1350
Зольность в %	70—60
$БПК_5$ в *мг/л*	400—700
pH	2—4
Сульфаты в *мг/л*	150—300
Сульфиты в *мг/л*	100
Сероводород в *мг/л*	до 20
Сероуглерод в *мг/л*	до 20
Азот общий в *мг/л*	30—45
Объем осадка в % от объема воды без коагуляции	0,5—0,7
Объем осадка в % от объема воды при коагуляции	1—2

Отстаиванием сточных вод в течение 2 час. достигается выпадение 40—60% нерастворенных загрязнений.

Химическая очистка с обработкой усредненных сточных вод известью (200—500 *мг/л*) и железным купоросом (50—150 *мг/л*) с последующим 1,5—2-часовым отстаиванием снижает концентрации взвешенных веществ на 60—80% и $БПК_5$ — на 20—30%. Количество осадка влажностью 98% составляет при этом 2% от объема жидкости.

В тех случаях, когда общее количество сточных вод больше 10—15 тыс. $м^3$ в сутки, можно выделять вискозные воды в самостоятельную систему канализации. Вискозные воды смешиваются в специальных смесителях с кислыми водами в количестве, необходимом для снижения pH смеси до 2,5—3, что обеспечивает выпадение вискозы в осадок. После двухчасового отстаивания осветленные воды направляются в общий поток сточных вод для совместной их обработки. Осадок вискозных вод достигает 6% от объема жидкости.

Более эффективна обработка сточных вод хлором (75—150 *мг/л*) или хлором в той же дозе с последующим добавлением извести (100 *мг/л*). Усредненные сточные воды обрабатываются хлором или последовательно за ним — известью с последующим отстаиванием в течение 2 час. Снижение концентрации взвешенных веществ увеличивается при этом на 20—30% в сравнении с обработкой сточных вод известью и железным купоросом, а снижение $БПК_5$ достигает 50—60%.

Хлорирование сточных вод снижает концентрацию сероуглерода, сероводорода, а также и цветность.

Для полного выделения из сточных вод сероуглерода доза активного хлора доходит, по данным института ВОДГЕО, до 4 *кг* на 1 *кг* сероуглерода в стоке.

Обесцвечивание сточных вод от крашения волокна целесообразно производить с выделением их в самостоятельную систему. При применении сернистого крашения сточные воды обесцвечивают хлором. Необходимую дозу активного хлора устанавливают опытным путем в зависимости от хлоропоглощаемости сточных вод.

Биологическая очистка сточных вод возможна при смешении их с бытовыми водами в количестве, определяемом расчетом.

В большинстве случаев требуется предварительная химическая очистка сточных вод по одной из описанных схем.

Химически очищенные воды смешиваются в специальном смесителе с бытовыми водами, прошедшими отстаивание.

Общий поток сточных вод поступает на биологические сооружения — лучше на поля фильтрации, или в аэротенки-смесители. После обеззараживания воды общего стока поступают в водоем (см. рис. 114).

Нормы нагрузки осадка на иловые площадки составляют: для осадка влажностью 98% некоагулированных сточных вод 2 $м^3$ в год на 1 $м^2$, для осадка после химической обработки сточных вод 3—5 $м^3$ в год на 1 $м^2$ площади.

Нейтрализацию кислотности сточных вод осуществляют в золонакопителях систем гидрозолоудаления теплоэлектростанций, если последние расположены вблизи заводов, где можно использовать щелочность золы и шлака.

В золонакопителе при подаче в него усредненных сточных вод создаются условия активной реакции, благоприятные для выпадения осадка, а шлак и зола адсорбируют растворенные газы. При достаточно длительном пребывании воды в золонакопителе (в течение 2—3 суток) снижаются окисляемость и БПК и происходит дальнейшее осветление сточных вод.

Пример. На нейтрализацию щелочности различных образцов золы и шлака требуется от 0,2 до 25,4 *мл* кислоты на 100 *г* сухого вещества навески. Принимая содержание в общем стоке завода серной кислоты 30 *т*, едкого натра — 4 *т* и бикарбоната натрия — 0,5 *т* в сутки, выявляем, что усреднение сточных вод нейтрализует кислоту на:

$$1{,}225 \cdot 4000 + 0{,}599 \cdot 500 = 5\,199 \text{ кг}.$$

Излишек кислоты в сточных водах составит:

$$30\,000 - 5199 = 24\,901 \text{ кг},$$

что соответствует, при удельном весе серной кислоты 1,84 ее объему ~ 13 500 *л*.

В золоотвал ТЭЦ поступает за сутки 500 *т* золы и шлака.

Один килограмм золы и шлака должен нейтрализовать: 13 500 : 500 000 ≈ ≈ 0,027 *л* серной кислоты, или 2,7 *мл* на 100 *г* сухого вещества золы и шлака.

При проектировании очистки сточных вод с использованием золоотвалов, учитывают данные анализов конкретных образцов золы и шлака.

Медно-аммиачный способ. Особенностью сточных вод заводов является их резко щелочная реакция (при щелочных

восстановительных ваннах прядения), а также наличие значительных количеств сернокислой меди.

По характеру и концентрации загрязнений сточные воды подразделяют на воды подготовительных операций (обработка остатков волокон хлопка до 8%), операций прядения (медесодержащие до 90%) и воды отделки 2% (табл. 44).

Таблица 44

Состав сточных вод

Показатели	Общий сток
Взвешенные вещества в *мг/л*	80—350
Зольность в %	65—60
Плотный остаток в *мг/л*	750—1200
Зольность в %	75—70
$БПК_5$	150—400
pH	9
Соли меди в *мг/л*	50—150
Осадок в % к объему воды при коагуляции	1,5—2,5
Осадок в % к объему воды без коагуляции	0,5—0,8

Основное количество (до 90%) сернокислой меди улавливается из сточных вод до их выпуска в канализацию. Регенерация меди производится способом ионного обмена с ее возвращением в виде раствора $CuSO_4$ в производство. Выделение из сточных вод оставшейся сернокислой меди (при необходимости в этом) осуществляется химическим способом: обработкой известью, фильтрацией через фильтры с отходами стали.

Окончательная очистка сточных вод производится способами, применяемыми для очистки сточных вод вискозного производства.

8. КОЖЕВЕННАЯ И МЕХОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Кожевенные заводы и склады сырья[1]. Производственные сточные воды образуются в подготовительных операциях (отмочка сырья, золение, промывки), в операциях дубления и отделки, а также в клееварочном, шерстомойном и соковарочном отделах.

Дубление кож бывает краснодубным, хромовым или смешанным. Краснодубное дубление состоит в подготовке голья пикелеванием (обработка солью и серной кислотой, с последующим хромированием) и собственно дубления растительными дубителями, синтаном и пр.

[1] Наиболее полная сводка по сточным водам кожевенных заводов дана Н. А. Лукиных (Академия коммунального хозяйства).

Хромовое дубление состоит в пикелевании голья, хромировании и нейтрализации.

Основное количество сточных вод образуется в подготовительных операциях.

На краснодубных и хромовых производствах стоки отмочно-зольных операций составляют 78—85%, а дубильных операций — 22—15%.

Для одного из заводов хромового производства принято следующее распределение сточных вод по технологическим операциям в %:

Отмочка с проточной промывкой	34	Обеззоливание и мягчение	27
Золение	5	Пикелевание	1—3
Промывка зольного полуфабриката	13	Промывка после нейтрализации	12
		Крашение, жировка и промывка	8—6

Отмочные воды имеют серо-мутный цвет, щелочную реакцию и быстро загнивают. Они содержат частицы сала, мяса, шерсть, песок, отходы сернистого натрия и пр. Количество взвешенных веществ составляет 0,1—0,2% от объема воды. Отмочные воды сравнительно хорошо отстаиваются и не содержат соединений, задерживающих биопроцессы.

Резко щелочные стоки зольных операций содержат отработанную известь (основное ее количество удаляется из зольников, минуя канализацию), а при хромовом производстве и сернистый натрий. Содержание взвешенных веществ доходит до 1—2,5% от объема сточных вод.

Операции дубления дают наиболее грязные кислые воды, всегда содержащие соли трехвалентного хрома в концентрациях, доходящих при спуске дубильных растворов до 2000—2500 *мг/л*. В стоке краснодубного производства основная часть солей хрома находится в растворе, а в стоке хромового производства — в осадке.

Дубильные воды имеют исключительно высокую биохимическую потребность в кислороде, и при краснодубном дублении содержат танниды. Количество взвешенных веществ составляет 0,1—0,5%. Зольные и дубильные воды, взятые в отдельности, отстаиваются плохо, и необходима специальная обработка или разбавление их перед биологической очисткой.

Сточные воды шерстомойных отделов имеют щелочную или слабо кислую реакцию, они содержат отходы шерсти, сернистый натрий и другие органические и неорганические загрязнения. Количество взвешенных веществ доходит до 1,5% от объема воды.

В соковарках образуются сточные воды от вакуум-аппаратов, отжима и отдубины, с содержанием взвешенных веществ 0,05% от объема жидкости (табл. 45, стр. 226).

Общий сток кожевенных заводов отличается резким изменением состава по часам суток с колебанием величины активной реакции в пределах pH 5—10 и окисляемости от 400 до 3000 *мг/л* (краснодубное производство). Сточные воды — мутные, имеют гнилостный запах, высокую минерализацию и большую потребность в кислороде.

Таблица 45

Состав групповых стоков[1]

Показатели	Отмочные операции	Золение		Дубление		Шерстомойка	Клейцех	Соковарки
		краснодубное	хромовое	краснодубное	хромовое			
Взвешенные вещества в *г/л*	0,4—1,9	3,4—16,8	2,9—8	8 - 19,8	1,8—1,5	6—0,5	0,9—0,48	0,4
То же, через 10 мин. отстоя в *г/л*	0,25—0,85	2,7—13,2	1,2—5	7,7—18,2	0,65—1,38	—0,38	0,5—0,1	0,39
То же, через 2 часа в *г/л*	0,11—0,77	2—8,8	0,98—2,2	7,5—16,9	0,26—0,6	—0,12	0,3—0,07	—
Плотный остаток в *г/л*	9—20	15,8—42	3,2—25,4	До 50	2,2—8,3	3,3—0,3	1,75—1,7	—
Окисляемость в *г/л* . .	0,2—0,5	1—4	0,7—3,8	32,4—2,2	0,45—0,675	0,5—0,07	0,146—0,06	3,5
$БПК_5$ в *г/л*	0,8—1,6	3,8—6,4	1,5—2,2	19,2—1,9	1,1—0,7	1,13—1,15	1,1	2,9
$БПК_{20}$ в *г/л*	2—2,1	—	2,5—2,3	19,2—2,1	1,97—1,3	—	2,1	3,9
pH	7,2—9	10—12	10—11	3—6	3,5—6	9—7	7,2	7,9
Азот общий в *г/л* . . .	0,28—0,15	0,07—0,9	0,2—0,9	0,48—0,2	0,36—0,37	0,076—0,04	0,05—0,1	—
Азот аммонийный в *г/л*	0,1—0,06	0,04—0,12	0,02—0,08	0,32—0,06	—0,142	0,04—0,03	0,047—0,05	—
Хром в *г/л*	—	—	—	0,05—1,2	0—0,5	—	—	—
Жиры в *г/л*	До 0,4	0,07—0,1	0,2—1,6	До 1	До 0,4	0,5—0,07	0,4	—

[1] (По данным Академии коммунального хозяйства, 1951 г.).

Количество осадка доходит при двухчасовом отстаивании до 2—4% от объема воды. Выпадение взвешенных веществ происходит достаточно энергично: за первые 10 мин. отстаивания выпадает 30—15% взвеси, а за 2 часа — до 50—86% (табл. 46).

Таблица 46

Общий сток кожевенных заводов

Показатели	Производство		
	краснодубное	хромовое	смешанное
Взвешенные вещества в *мг/л*	6400—2600	800	2640
Зольность в %	38—35	60	36
Плотный остаток в *мг/л*	14900—11300	3000	8000
Зольность в %	72—82	86	75
Окисляемость в *мг/л*	2950—2540	300	1050
$БПК_5$ в *мг/л*	2270—2090	1000	1400
$БПК_{20}$ в *мг/л*	3190	2250	2010
$БПК_5$: окисляемость	0,7—0,8	3,3	1,4
pH	7—7,7	8,1	8—9,5
Сульфаты в *мг/л*	2400—2280	450	950
Хлориды в *мг/л*	4100—4200	680	2950
Азот общий в *мг/л*	414—128	100	200
Азот аммонийный в *мг/л*	234—74	50	85
Кальций в *мг/л*	600—360	78	200
Хром в *мг/л*	6,3—11,5	0,6	12
Жиры в *мг/л*	1180—250	95	500

(По данным Академии коммунального хозяйства, 1951 г.)

Сточные воды складов кожевенного сырья образуются от мытья полов в цехах сортировки и хранения мокросоленых кож и в операциях обеззараживания подозрительных на сибирскую язву шкур в камере дезинфекции. Эти сточные воды являются наиболее опасными по возможности нахождения в них спор сибирской язвы и подлежат обязательному обеззараживанию (см. гл. XIII).

При всех условиях выпуска сточных вод кожевенных заводов требуется предварительная обработка наиболее загрязненных стоков отмочных, зольных и дубильных операций, а также и шерстомоек для задержания и выделения основной массы взвешенных и плавающих веществ.

К внутрицеховым устройствам предварительной обработки сточных вод относятся приспособления для улавливания шерсти и мездры в лотках волососгонных машин и шерстомоек, а также жироловки на линиях от мойки и мездрильных машин при обработке шкур свиней и морского зверя.

Выделение грубой взвеси из сточных вод производится пропуском через решетки и первичные горизонтальные отстойники (см. гл. XIII).

При смешивании кислых дубильных и щелочных зольных вод происходит их самокоагуляция с выделением из дубильных вод хрома

$$Cr_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 = 2Cr(OH)_3 + 3CaSO_4,$$

гидрат окиси хрома $Cr(OH)_3$ образует медленно выпадающий и плохо уплотняющийся осадок. Для удовлетворительной самокоагуляции и выделения осадка необходимо двух- и трехкратное превышение щелочных вод над количеством кислых, в особенности при коагуляции дубильных вод краснодубных производств, что объясняется присутствием в стоке дубильных вод, таннидов и переходом их в таннаты кальция.

Взаимная коагуляция с последующим осаждением снижает содержание хрома в сточных водах на 50—95%, а количество взвешенных веществ — на 40—75%. Снижение окисляемости и БПК при этом незначительно.

Канализация заводов решается обычно с устройством на промышленной площадке первичного отстойника с подачей в него кислых дубильных и щелочных вод отмочки, золения и шерстомойки. Обработанные воды отводятся на дальнейшую очистку или в городскую канализацию. Осадок из первичного отстойника вывозят на свалки по указанию санитарного надзора.

В тех случаях, когда необходимо полное выделение из сточных вод солей хрома, применяют: 1) обработку хромсодержащих сточных вод известью из расчета 1,1 части 100%-ного CaO на 1 часть гидрата окиси хрома, с последующим направлением очищенной жидкости в первичный отстойник, 2) взаимную коагуляцию дубильных и зольных вод в специальном отстойнике со временем отстаивания от 2 до 24 час.

Спуск обработанных сточных вод в городские канализации с биологической очисткой или очистку их на ведомственных биологических сооружениях производят в соответствии с правилами приема производственных сточных вод в городские канализации и общими положениями о биологической очистке сточных вод (см. гл. XII и XIV).

Наиболее устойчивые результаты биологической очистки сточных вод должны иметь место на полях фильтрации, в аэротенках-смесителях с соответствующим разбавлением или на высоконагружаемых биофильтрах с рециркуляцией по расчету.

Меховые фабрики. Производственные сточные воды образуются в следующих операциях: отмочки, машинного мездрения, мочильно-обезжировочных (при выработке меховых овчин), дубления и крашения.

Сточные воды отмочки и мездрильных операций — щелочные, они загрязнены растворенными и нерастворенными органическими и минеральными веществами.

Отработанные растворы пикеля имеют кислую реакцию, загрязнены хлористым натрием, а иногда и квасцами. Дубильные воды содержат соли хрома, отходы дубителей и органические вещества.

Сточные воды квасильных операций, применяемых при выделке шкурок каракуля, белки и муфлона, загрязнены мукой, органическими кислотами и продуктами гидролиза белков.

Крашение мехов дает сточные воды, загрязненные содой, ам-

миаком, протравами (хромпик, хромовая кислота), гипосульфитом, красителями.

Общий сток фабрик имеет большую концентрацию загрязнений и высокое потребление кислорода. Реакция сточных вод может быть кислой или щелочной (табл. 47).

Таблица 47

Состав сточных вод[1]

Показатели	Общий сток
Цвет	От бесцветного до сильно окрашенного
Взвешенные вещества в *мг/л*	3500
Зольность в %	55
Плотный остаток в *мг/л*	До 10 000
Зольность в %	20
Окисляемость отстоенной воды в *мг/л*	До 7000
$БПК_5$ в *мг/л*	„ 8000
$БПК_5$: окисляемость	1,15
pH	4,5—9
Азот общий в *мг/л*	100
Сульфаты в *мг/л*	1200
Хлориды в *мг/л*	5000
Жиры, извлекаемые эфиром, в *мг/л*	7—8
Осадок в % к объему воды через 2 часа	2—6

Выпадение взвешенных веществ из общего стока при отстаивании происходит достаточно энергично. За первые 30—60 мин. отстаивания в осадок выпадает 60—80% взвешенных веществ.

Омыленные и неомыленные жиры моечно-обезжировочных сточных вод целесообразно регенерировать кислотно-адсорбционным способом на установках, входящих в состав основного производства.

Очистка сточных вод, в зависимости от условий выпуска, может быть механической, химической или биологической, совместной с бытовыми водами.

При наличии достаточно мощной городской канализации можно производить пропуск сточных вод только через решетки. В других же случаях необходима обработка щелочных и кислых сточных вод для их усреднения и снижения концентрации взвешенных веществ.

При выпуске сточных вод в водоем, допускающий по расчету механическую очистку, состав сооружений ограничивается решеткой, песколовкой, отстойниками, хлораторной, контактными резервуарами и иловыми площадками.

Химическая очистка сточных вод производится смешиванием их с коагулянтами (известью 200—500 *мг/л*, железным купоросом 100—200 *мг/л*) и последующим отстаиванием. Количество осадка

[1] Производственные сточные воды, вып. III, Медгиз, 1952.

при коагуляции и 1,5—2-часовом отстаивании бывает в 2—3 раза больше, чем при обычном отстаивании. Для полной очистки сточных вод необходимо их разбавление, обеспечивающее общие условия биологической очистки, указанные выше.

Если на меховых фабриках имеются дезинфекционные камеры для обработки сырья, подозрительного на сибирскую язву, обеззараживание сточных вод дезинфекционных камер производится по способу, описанному в гл. XIII.

9. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ

Сточные воды подразделяют по степени их загрязненности на условно-чистые, образующиеся в процессах охлаждения аппаратуры (80—84%), и загрязненные, отходящие от ванн охлаждения черной резины, промывных барабанов, мешалок, цеховых лабораторий (20—16%). В состав грязных вод входят особо загрязненные воды девулканизационных котлов в количестве до 1% от общего стока.

Загрязненные сточные воды содержат сравнительно небольшое количество песка, сажи и частиц резины. В стоке от промывки оборудования цехов заменителей верхних кож присутствуют казеин и красители.

Девулканизационный процесс по водонейтральному способу дает сток высокой концентрации загрязнений органического происхождения. Сточные воды имеют сильный дегтярный запах, пропадающий при разведении в 2000 раз; большую цветность, интенсивностью разведения 500—1000-кратную; кислую реакцию (pH 5,2—6,8); высокое содержание взвешенных веществ (1—12 *г/л*) и плотный остаток, достигающий 8,5—18 *г/л*. Биохимическая потребность в кислороде сточных вод ($БПК_5$) доходит до 10—13 *г/л*. Содержание фенолов колеблется от 0,13 до 0,25 *г/л*.

Канализация заводов решается обычно с выделением условно-чистых вод, сплавляемых без очистки в водоемы по согласованию с санитарным надзором. Особо грязные сточные воды девулканизационных процессов, с равномерным по часам суток спуском, проходят цеховые отстойники для снижения концентрации взвешенных веществ. Незначительное абсолютное количество особо грязных вод позволяет получать при смешении их с загрязненными водами не менее как 20-кратное разбавление, обычно достаточное для спуска смеси сточных вод в городскую канализацию.

Системы водоснабжения и канализации крупных предприятий промышленных товаров широкого потребления по насыщенности специальной техникой, количеству подаваемой воды и очищаемых сточных вод превосходят аналогичные системы городов со средней численностью населения.

Производственное водоснабжение крупных предприятий обеспечивается обычно водами рек. Речная вода до подачи ее на производство осветляется на водоочистных станциях, а часть осветленной воды, поступающей на ответственные технологические операции, умягчается способом Na-катионирования.

В ряде случаев применяется умягчение воды способами H—Na-катионирования или содово-известковым способом.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение предприятий и рабочих поселков осуществляется путем использования подземных вод или присоединения к городским водопроводам.

Очистка и обезвреживание сточных вод предприятий, в зависимости от условий выпуска в водоемы, производится механическим или биологическим способом. Применяется также и специальная очистка производственных сточных вод для их обесцвечивания, выделения слоя тяжелых металлов, усреднения состава, регенерации шерстного жира и др.

Биологическая очистка сточных вод проводится в искусственных условиях: на биофильтрах или на станциях аэрации с аэротенками. Внедряется биологическая очистка сточных вод в естественных условиях с подачей после механической очистки на круглогодичные увлажнительно-удобрительные поливы колхозных и совхозных полей.

Рекомендуемая литература

Алекин О. А., Основы гидрохимии, Гидрометеорологическое издательство, 1953.

Аронов С. Н., Проектирование водоводов, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.

Богомолов Г. В., Основы гидрогеологии, Госгеолиздат, 1951.

Васильев Г. В., Водоснабжение и канализация текстильных предприятий, Гизлегпром, 1949.

Гениев Н. Н., Абрамов Н. Н., Павлов В. И., Водоснабжение, Стройиздат, 1950.

Гуляев Н. Ф., Зоны санитарной охраны подземных источников водоснабжения, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1951.

Гвилевич А. З. Удаление, обработка и использование осадков сточных вод, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954.

Ереснов Н. В., Бондарь Ф. И. и др., Речные водозаборные сооружения, Стройиздат, 1951.

Зак Г. Л., Водостоки, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1951.

Касгальский А. А., Клячко В. А., Очистка воды для промышленного водоснабжения, Стройиздат, 1951.

Кастальский А. А., Клячко В. А., Фильтры водоподготовительных установок, Госэнергоиздат, 1953.

Кожинов В. Ф., Очистка питьевой и промышленной воды — примеры и расчеты, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952.

Москвитин А. С., Механическое оборудование и арматура водопроводов, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.

Нормы противопожарного проектирования промышленных предприятий и населенных мест (НСП 102—51), Стройиздат, 1951. Нормы санитарного проектирования промышленных предприятий (НСП 101—51), Стройиздат, 1951.

Турк В. И., Насосы и насосные станции, Государственное издательство по строительству и архитектуре, 1953.

Шигорин Г. Г., Демидов Л. Г., Канализация, ч. I и II, Издательство Министерства коммунального хозяйства, 1951.

Шишкин З. Н., Карелин Я. А. и др., Канализация, Стройиздат, 1951.

Шнееров Л. И. и др., Санитарно-техническое оборудование зданий, Стройиздат, 1949.

Цепулин В. А., Канализация и очистка сточных вод кожевенных заводов, Гизлегпром, 1950.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Часть первая. **ВОДОСНАБЖЕНИЕ** 5

Глава I. **Общие схемы водоснабжения, свойства природных вод и требования к качеству воды** . . . . . —

1. Общие схемы водоснабжения . . . . . —
2. Физические, химические и бактериологические свойства воды . . 7
3. Требования к качеству воды 12

Глава II. **Водопотребление предприятий легкой промышленности** . . 15

1. Основные расчетные данные . . . . . —
2. Укрупненные нормы производственного водопотребления 17
3. Режимы производственного водопотребления 21
4. Хозяйственно-питьевое водопотребление 23
5. Напоры в водопроводе 24

Глава III. **Схема водоснабжения предприятий** 25

1. Противопожарные требования к водопроводам . . . . . —
2. Схемы водоснабжения 28

Глава IV. **Источники водоснабжения** 32

1. Подземные воды . . . . . —
2. Реки и водохранилища 37
3. Выбор источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и зоны санитарной охраны 41

Глава V. **Сооружения и устройства наружных водопроводов** . . . 45

1. Захват подземных вод . . . . . —
2. Речные водозаборные сооружения 52
3. Сети труб 54
4. Насосные станции 57
5. Водонапорные башни 60
6. Запасные резервуары 61
7. Устройство водопроводов в специальных условиях 62

Глава VI. **Очистка питьевой и производственной воды** 63

1. Осветление и обесцвечивание воды 64
2. Обеззараживание воды 81
3. Умягчение воды 84
4. Обезжелезивание воды 96

Стр.

Часть вторая. **КАНАЛИЗАЦИЯ** 99

Глава VII. **Назначение канализации, ее схемы и системы** . . . . . —

1. Назначение канализации и виды сточных вод . . . . . —
2. Схемы и системы канализации 100
3. Схемы канализации предприятий 102

Глава VIII. **Канализационная сеть и сооружения на ней** 104

1. Нормы и режимы водоотведения . . . . . —
2. Сеть труб 106
3. Станции перекачки сточных вод 111
4. Водостоки 113
5. Устройство канализационной сети в особых условиях 114

Глава IX. **Сточные воды предприятий легкой промышленности** 115

1. Состав и свойства сточных вод . . . . . —
2. Использование ценных примесей сточных вод 121

Глава X. **Условия выпуска сточных вод в водоемы** 122

1. Самоочищение водоемов . . . . . —
2. Правила спуска сточных вод в водоемы 123
3. Определение необходимой степени очистки сточных вод 125

Глава XI. **Способы очистки сточных вод, механическая очистка и обработка осадка** 130

1. Способы очистки сточных вод . . . . . —
2. Механическая очистка 131
3. Обработка осадка сточных вод 136

Глава XII. **Биологическая очистка и обезвреживание сточных вод** . . 144

1. Общие сведения . . . . . —
2. Биологическая очистка в естественных условиях 148
3. Биологическая очистка в искусственных условиях 154
4. Обеззараживание сточных вод 168
5. Выпуск в водоемы 171

Глава XIII. **Специальная очистка сточных вод** . . . . . —

1. Выделение волокна . . . . . —
2. Усреднение состава сточных вод 173
3. Осветление и обесцвечивание 175
4. Выделение солей тяжелых металлов 177
5. Нейтрализация кислотности сточных вод 181
6. Регенерация шерстного жира 182
7. Первичные отстойники сточных вод кожевенных заводов 193
8. Обеззараживание сточных вод складов кожевенного сырья . . . 195

Глава XIV. **Схемы очистных сооружений, прием их в эксплуатацию и присоединения к городской канализации** 197

1. Схемы очистных сооружений . . . . . —
2. Выбор участка под очистные сооружения 200
3. Прием сооружений в эксплуатацию . . . . . —
4. Присоединения к городской канализации 203

Стр.

Глава XV. **Особенности очистки производственных сточных вод . . .** 204

1. Хлопчатобумажная промышленность . . . . . —
2. Трикотажные и текстильно-галантерейные фабрики 209
3. Шерстяная промышленность . . . . . —
4. Шелковая промышленность 214
5. Первичная обработка лубяных культур 217
6. Льняная промышленность 218
7. Промышленность искусственного волокна 220
8. Кожевенная и меховая промышленность 224
9. Промышленность искусственной кожи 230

Григорий Васильевич Васильев

Водоснабжение и канализация предприятий легкой промышленности

Редактор *Е. М. Бекетова*

Техн. редактор *О. И. Некрасова*

Переплет художника *Л. М. Самариной*

Л 103488. Сдано в набор 23/IV 1954 г.
Подписано к печати 22/VI 1954 г.
Формат 60×92 1/16. Физ. печ. л. 14,75.
Привед. печ. л. 14,75. Уч.-изд. л. 15,87.
Тираж 8000 экз. Цена 6 р. 80 к.
Изд. № 2150. Заказ 492.

Типография Гизлегпрома, Ленинград, Садовая ул., 55/57