

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

С. С. Душкин, С. С. Душкин

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине

**«РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД»**

*(для студентов всех форм обучения
образовательного уровня «магистр»
специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия
специализации (образовательной программы)
«Водоснабжение и водоотведение»)*

Харьков – ХНУХГ им. А. Н. Бекетова – 2017

Душкин С. С. Конспект лекций по дисциплине «Ресурсосберегающие технологии при очистке природных и сточных вод» (для студентов всех форм обучения образовательного уровня «магистр» специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия специализации (образовательной программы) «Водоснабжение и водоотведение»)/ С. С. Душкин, С. С. Душкин ; Харьков. нац. ун-т город. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2017. – 102 с.

Авторы: д-р техн. наук, проф. Станислав Станиславович Душкин
канд. техн. наук, ст. преп. Станислав Сергеевич Душкин

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Т. А. Шевченко

*Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,
протокол № 1 от 30.08.2016 г.*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ТЕМА 1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды. Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности и мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения.....	7
1.1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды.....	7
1.2 Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности.....	8
1.3 Требования ГСанПиНа к качеству питьевой воды.....	9
1.4 Индекс токсичности питьевой воды.....	9
1.5 Мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения.....	10
ТЕМА 2 Классификация ресурсосберегающих технологий, характеристика реагентных методов. Пути ресурсосбережения в системах водоснабжения. Характеристика реагентных методов ресурсосберегающих технологий, анализ их. Активированные растворы реагентов, область их применения....	12
2.1 Реагентные методы.....	12
2.2 Активированные растворы реагентов.....	16
2.3 Использование активаторов реагентов при подготовке питьевой воды.....	20
ТЕМА 3 Технологические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения, классификация и характеристика их. Выбор ресурсосберегающих технологий для процессов очистки питьевой воды.....	23
ТЕМА 4 Физические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения. Классификация физических методов ресурсосберегающих технологий, область применения их. Конструктивные особенности оборудования, физических методов ресурсосберегающих технологий.....	29
4.1 Физические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения.....	29
4.2 Аппараты для активации водно-дисперсных систем.....	33

ТЕМА 5 Улучшение гидравлических и конструктивных условий процесса коагуляции. Характеристика гидравлических методов ресурсосберегающих технологий. Дренажно-распределительная система скорых фильтров. Конструктивные особенности. Технологические особенности, применяемые для повышения эффективности конструктивных условий процесса очистки природных и сточных вод.....	36
5.1 Гидравлические и конструктивные условия повышения эффективности очистки природных и сточных вод.....	36
5.2 Технологические особенности использования аэрирования для интенсификации очистки вод.....	39
5.3 Очистка сточных вод с помощью мембранных модулей.....	44
ТЕМА 6 Потери воды в системах водоснабжения, определение их. Классификация потерь воды из городских водопроводных сетей, характеристика их. Мероприятия по борьбе с потерями и несанкционированным отбором воды из городской водопроводной сети. Гидравлические испытания водопроводной сети. Определение технологических потерь из водопроводной сети.....	47
6.1 Потери воды в системах водоснабжения.....	47
6.2 Способы экономии воды.....	52
6.3 Гидравлические испытания водопроводных сетей.....	55
6.4 Определение технологических потерь из водопроводной сети.....	56
ТЕМА 7 Пути ресурсосбережения в системах водоотведения.....	60
7.1 Основные правила пользования системами централизованного коммунального водоснабжения и водоотведения в населенных пунктах Украины.....	60
7.2 Правила приема сточных вод потребителей в канализационную сеть г. Харькова.....	65
ТЕМА 8 Организация ресурсосберегающих методов использования воды на промышленных предприятиях. Санитарно-гигиенические требования к воде, используемой на производственные нужды. Обратные и бессточные системы водоснабжения. Реагентные и безреагентные методы интенсификации процессов очистки воды. Надежность работы промышленного водоснабжения.....	71
8.1 Санитарно-гигиенические требования к воде.....	71
8.2 Ресурсосберегающие методы.....	72
8.3 Хозяйственная характеристика и коэффициент экономичности водопровода.....	74

ТЕМА 9 Ретехнологизация сооружений очистки природных и сточных вод. Этапы работы по ретехнологизации очистных сооружений. Неудовлетворительная работа технологических схем очистки сточных вод. Основные элементы ретехнологизации, их влияние на процесс очистки сточных вод.....	76
9.1 Цели и задачи ретехнологизации.....	77
9.2 Элементы программы ретехнологизации.....	77
9.3 Составление балансовых схем очистки сточных вод.....	78
9.4 Основные недостатки существующей технологической схемы очистки сточных вод.....	81
ТЕМА 10 Ретехнологизация очистки сточных вод при удалении фосфора и биогенных элементов. Анализ технологических схем дефосфотизации сточных вод. Использование активированных растворов реагентов при дефосфотизации сточных вод.....	84
10.1 Физико-химические методы удаления фосфора из сточной жидкости.....	84
10.2 Биологические методы удаления фосфора из сточной жидкости..	87
10.3 Комбинированные методы удаления фосфора из сточной жидкости.....	87
10.4 Применение активированных растворов коагулянта	89
ТЕМА 11 Техничко-экономическая оценка внедрения ресурсосберегающих технологий в водопроводно-канализационном хозяйстве.....	92
11.1 Основные экономические показатели.....	92
11.2 Пример расчета экономической оценки внедрения ресурсосберегающих технологий ВКХ	93
Ответы на тесты для самоконтроля.....	99
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	101

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсосберегающие технологии при очистке природных и сточных вод предусматривают использование следующих основных методов интенсификации процессов очистки природных и сточных вод:

- технологические методы;
- физические методы;
- реагентные методы;
- гидравлические и конструктивные улучшения условий очистки воды.

Основными задачами изучения дисциплины «Ресурсосберегающие технологии при очистке природных и сточных вод» является теоретическая и практическая подготовка будущих специалистов по вопросам:

- изучение путей ресурсосбережения в системах водоснабжения и водоотведения;
- формирование у студентов навыков системного подхода к использованию ресурсосберегающих технологий природных и сточных вод в водопроводно-канализационном хозяйстве;
- технико-экономическое обоснование применения ресурсосберегающих технологий при очистке природных и сточных вод.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен знать:

- классификацию ресурсосберегающих технологий;
- реагентные и безреагентные методы интенсификации процессов подготовки и очистки воды;
- экономический и экологический эффекты от внедрения ресурсосберегающих технологий;
- нормативно-технические документы, основные положения и требования государственных стандартов водопроводно-канализационного хозяйства;
- пути решения проблем повышения технического уровня водохозяйственных объектов и эффективности их работы.

Учебный курс состоит из двух содержательных модулей: «Ресурсосберегающие технологии при очистке природных вод» и «Ресурсосберегающие технологии при очистке сточных вод», лекционное изложение которых приведено в данном конспекте.

Тема 1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды. Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности и мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения.

1.1 Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды

Согласно Водному кодексу Украины качество воды есть характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретного вида водопользования.

Экологические и гигиенические требования к качеству питьевой воды регламентируется ГСанПиНом Украины, который определяет пригодность воды для питьевых целей, а именно:

- безопасность в эпидемиологическом отношении;
- безвредность химического состава;
- благоприятные органолептические свойства;
- радиационная безопасность.

Качество питьевой воды зависит от ее состава и свойств:

- в водоисточнике;
- при поступлении в водопроводную сеть;
- в точке водосбора.

Для оценки качества воды в реках и водоёмах ее разделяют по загрязнённости на несколько классов. Классы основаны на интервалах удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ) в зависимости от количества критических показателей загрязнённости (КПЗ). Значение УКИЗВ определяется по частоте и кратности превышения ПДК по нескольким показателям и может варьировать в водах различной степени загрязнённости от 1 до 16 (для чистой воды 0). Большому значению индекса соответствует худшее качество воды.

Анализируются не меньше 15 показателей – обязательный список: растворенный в воде кислород, биохимическое потребление кислорода – БПК₅(O₂), химическое потребление кислорода – ХПК, фенолы, нефтепродукты, нитрит-ионы (NO₂), нитрат-ионы (NO₃), аммоний-ион (NH⁴⁺), железо общее, медь (Cu²⁺), цинк (Zn²⁺), никель (Ni²⁺), марганец (Mn²⁺), хлориды, сульфаты.

Расчет значения комбинаторного индекса загрязнённости и относительная оценка качества воды проводятся в 2 этапа: сначала по каждому изучаемому ингредиенту и показателю загрязнённости воды, затем рассматривается одновременно весь комплекс загрязняющих веществ и выводится результирующая оценка. Значение обобщённого оценочного балла

по каждому ингредиенту в отдельности может колебаться для различных вод от 1 до 16 (для чистой 0). Большему его значению соответствует более высокая степень загрязнённости воды (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Класс воды в зависимости от ее качества

Класс	Разряд	УКИЗВ /	Название
1		< 1	условно чистая
2		1-2	слабо загрязнённая
3	а	2-3	загрязнённая
	б	3-4	очень загрязнённая
4	а	4-6	грязная
	б	6-8	грязная
	в	8-10	очень грязная
	г	10-11	очень грязная
5		больше 11	экстремально грязная

Нарушение санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемиологических правил и норм, а также неисполнение выпущенных на их основании предписаний органов санитарно-эпидемиологического надзора влечет за собой ответственность в соответствии с Законом Украины «Об обеспечении санитарного и эпидемиологического благополучия населения».

1.2 Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности

Водные объекты считаются пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения, если:

- не нарушаются общие требования к составу и свойствам воды для питьевого водоснабжения;
- выполняются условия $C \leq \text{ПДК}$,
где C – содержание примесей в водном объекте, г/м^3

При наличии в питьевой воде нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности, которые принадлежат к I и II классам опасности, сумма отношения концентраций (C_1, C_2, \dots, C_n) каждого из веществ к соответствующей ПДК не должна превышать единицу:

$$\sum = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (1.1)$$

где C_i и ПДК_i – соответствующая концентрация лимитируемых примесей.

1.3 Требования ГСанПиНа к качеству питьевой воды

Государственные санитарные нормы и правила «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком» (ГСанПиН 2.2.4-171-10) обязательные для выполнения органами исполнительной власти, местного самоуправления, предприятиями, учреждениями, организациями независимо от формы собственности и подчинения, деятельность которых связана с проектированием, строительством и эксплуатацией систем питьевого водоснабжения, производством и обращением питьевых вод, надзором и контролем, в сфере питьевого водоснабжения населения, и гражданами.

Санитарные нормы устанавливают требования к безопасности и качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком, а также правила производственного контроля и государственного санитарно-эпидемиологического надзора в сфере питьевого водоснабжения населения.

Требования Санитарных норм не распространяются на воды минеральные лечебные, лечебно-столовые, естественные столовые.

Государственный надзор за выполнением требований Санитарных норм осуществляет государственная санитарно-эпидемиологическая служба согласно санитарному законодательству.

Гигиеническую оценку безопасности и качества питьевой воды проводят по показателям эпидемической безопасности (микробиологические, паразитарные), санитарно-химическим (органолептические, физико-химические, санитарно-токсикологические) и радиационным показателям, приведенными в дополнениях 1 – 3.

1.4 Индекс токсичности питьевой воды

В случае загрязнения питьевой воды неизвестными токсичными соединениями и химическими веществами, для определения которых отсутствуют методы исследования, рекомендуется применять вспомогательный интегральный (экспрессный) показатель качества питьевой воды – индекс токсичности питьевой воды, рассчитанный по результатам биологических тестов (биотестирование):

Индекс токсичности – это показатель «вредности» антимикробных веществ, используемых в качестве дезинфицирующих средств, лекарственных препаратов и т.п. Выражается отношением минимальной токсической дозы вещества для испытываемых животных к минимальной микробоцидной дозе.

$$T = \frac{I_k - I_o}{I_k} \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

где T – индекс токсичности пробы исследуемой воды;

I_k – величина реакции теста в контрольной пробе;

I_o – величина реакции теста в исследуемой пробе.

Индекс токсичности питьевой воды, которая не содержит не идентифицированные компоненты, не должен превышать 50 % независимо от используемых тестовых объектов, которыми могут быть дафнии, инфузории и тому подобное.

1.5 Мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения

Специфика питьевого водоснабжения в Украине состоит в том, что оно на 75 % базируется на поверхностных источниках и зависит от их экологической безопасности. Возрастание риска и снижение безопасности систем водоснабжения объясняется, во-первых, значительным уменьшением запасов воды; а во-вторых – резким ухудшением качества природных вод.

Состояние речной воды в Украине оценивается по гидрохимическим показателям от слабо загрязненного до очень грязной. Из поверхностных источников по бактериальным загрязнениям только 2 % находятся в удовлетворительном состоянии, а 65 % – не пригодны для водопользования. Наибольшая загрязненность наблюдается в бассейнах рек Днепр, Северский Донец, Днестр и Южный Буг.

К основным мероприятиям, улучшающим экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения можно отнести следующие:

- очистка воды, которая образуется поверхностным стоком с селитебных территорий, строительство систем водоотведения в городах и сельских населенных пунктах;
- улучшение состояния зон санитарной охраны;
- благоустройство водоохраных и прибрежных защитных полос водных объектов;
- защита питьевых водозаборов от вредного влияния животноводческих, птицеводческих предприятий и др. сельскохозяйственных объектов, которые являются потенциальным источником загрязнения воды;
- расчистка русел и укрепление берегов рек и дна водохранилищ;
- государственный мониторинг состояния водных объектов, которые используются в качестве источника водоснабжения.

Контрольные вопросы

1. Оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности.
2. Гигиенические требования к качеству питьевой воды.
3. Требования ГСанПиНа к качеству питьевой воды.
4. Физическая полноценность минерального состава питьевой воды.
5. Индекс токсичности воды.
6. Специфика питьевого водоснабжения Украины.
7. Мероприятия, улучшающие экологическое состояние поверхностных источников водоснабжения.

Тесты для самоконтроля

1. На основе какого понятия ВОЗ рекомендуется принимать нормативы к предельно-допустимым загрязнителям питьевой воды?
А) ПДК; Б) ПСП; В) ПДС; Г) УКИЗВ.
2. Как определяют индекс загрязненности воды (УКИЗВ) в зависимости от значений концентраций загрязняющих веществ в воде и их ПДК?
А) Значения УКИЗВ определяют по частоте превышения ПДК;
Б) Значения УКИЗВ определяют по кратности превышения ПДК;
В) Значения УКИЗВ определяют по частоте и кратности превышения ПДК;
Г) По индексу токсичности воды.
3. К мероприятиям, улучшающим экологические состояния поверхностных источников водоснабжения, относят мероприятия по организации:
А) ЗСО; Б) ПДС; В) ПДК; Г) КЛЗ.
4. Какой из показателей «предельных концентраций» Агентства по охране окружающей среды США соответствуют понятию ПДК (Украина)?
А) MAC; Б) MCLG; В) MCL.
5. Наиболее благоприятной температурой питьевой воды является для употребления человеком, является
А) 6 °С; Б) 8 °С; В) 12 °С; Г) 14 °С.
6. В каких единицах измерения, измеряется интенсивность вкуса?
А) Баллах; Б) Градусах; В) Эквивалентах.
7. Какой нормативный документ регламентирует качество питьевой воды в Украине?
А) ГОСТ; Б) СНиП; В) ДБН; Г) ДСТУ; Д) ГСанПиН.

Тема 2 Классификация ресурсосберегающих технологий, характеристика реагентных методов. Пути ресурсосбережения в системах водоснабжения. Характеристика реагентных методов ресурсосберегающих технологий, анализ их. Активированные растворы реагентов, область их применения.

Ресурсосберегающие технологии в процессах водоподготовки предусматривают использование следующих основных методов интенсификации процессов очистки природных вод:

- реагентные методы;
- технологические методы;
- физические методы;
- улучшение гидравлических и конструктивных условий процесса коагуляции.

2.1 Реагентные методы

К реагентным (химическим) методам в основном относят 3 группы методов, которые кратко можно назвать: коагуляция, флокуляция, химическое осаждение, адсорбция.

2.1.1 Коагуляция

Коагуляцией называют процесс слипания твердых частиц в момент их соприкосновения. Очистка воды коагуляцией представляет собой обработку воды *реагентами – коагулянтами*, под действием которых мельчайшие частицы загрязнителей укрупняются, слипаются в хлопья. Коагуляция обеспечивает эффективное дальнейшее задержание примесей механическими фильтрами или выпадение примесей в осадок. Стоит заметить, что коагуляция особенно эффективна при очистке воды от примесей железа.

Выбор коагулянта осуществляется с учетом состава воды, величины pH, степени и характера загрязнения, характера установки коагуляции. От этих параметров зависит интенсивность обработки и выбор коагулянта. В зависимости от характера загрязнения может быть выбран тот или иной минеральный или органический коагулянт.

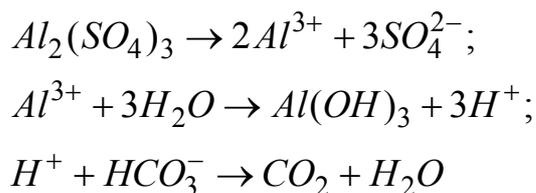
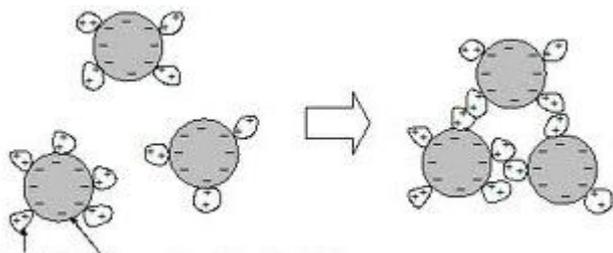


Рисунок 2.1 – Пример процесса коагуляции (коагулянт сульфат алюминия)

При недостатке щелочности – подщелачивание известковым раствором:

$$D_{щ} = K_{щ} \left(\frac{D_k}{e_k} - Щ_0 \right) + 1 \quad (2.1)$$

где D_k – максимальная, в период подщелачивания доза безводного коагулянта, мг/дм³;

e_k – эквивалентная масса коагулянта (безводного), мг/мг-экв, принимаемая для сульфата алюминия – 57, хлорного железа (III) – 54, сульфата железа (II) – 67;

$K_{щ}$ – коэффициент, равный для извести (по CaO) – 28, для соды (по Na₂CO₃) – 53;

$Щ_0$ – минимальная щелочность воды, мг-экв/дм³.

При подготовке питьевой воды наиболее распространены коагулянты на основе гидроксида алюминия. Химическая формула – Al₂(SO₄)₃·18H₂O.

Экономический и социальный эффект от замены коагулянта сульфата алюминия на гидроксихлорид алюминия. Химическая формула – Al₂(OH)_nCl_{6-n}, где n – принимает значение от 1 до 5 (это величина определяет основность реагента):

- высокоосновные гидроксихлориды алюминия быстро и полно гидролизуются в холодной воде даже при температуре ниже 3°C;
- как частично гидролизованная соль, гидроксихлориды алюминия имеют большую способность к полимеризации, которая ускоряет процесс хлопьеобразования и их осаждения;
- подтверждается работа гидроксихлоридов алюминия в более широком в сравнении с сульфатом алюминия диапазоне pH;
- расширяется, в сравнении с сульфатом алюминия, зона оптимума pH, что приводит к более полному гидролизу гидроксихлорида и, как следствие, уменьшению концентрации остаточного алюминия в питьевой воде;
- щелочность воды при коагуляции гидроксихлоридами алюминия снижается существенно меньше, что ведет к снижению коррозионной активности воды;
- осадок, образующийся при использовании гидроксихлоридов алюминия, более плотный и занимает меньший объем;
- фильтроцикл при использовании гидроксихлоридов алюминия во многих случаях увеличивается;
- гидроксихлориды алюминия в отличие от сульфата алюминия имеют широкий диапазон оптимальных доз: передозировка коагулянта не

приводит к негативным последствиям - качество очищенной воды останется высоким;

- снижение расходов не менее чем в два раза на приобретение хлорирующих и подщелачивающих реагентов;
- снижение расходов флокулянтов;
- улучшение условий труда.

Коагулянт нового поколения ПОЛВАК

Преимущества коагулянта ПОЛВАК по сравнению с коагулянтом сульфата алюминия:

- ускорение образования хлопьев позволяет снизить нагрузку на фильтры и повысить продуктивность очистных сооружений;
- поддержание концентрации остаточного алюминия в очищенной воде в пределах, которые соответствуют требованиям ГСанПиН Украины;
- сохранение эффективной коагуляции при низких температурах;
- расширение рабочего диапазона по рН и щелочному резерву, сохранение этих показателей на практически неизменном уровне;
- упрощение работы из-за отсутствия оптимальной дозы;
- достижение нормативных показателей мутности и цветности при меньших дозах коагулянта;
- высокая прочность пластов, которая увеличивает эффективность фильтрации и четкость границы зоны при отстаивании;
- ПОЛВАК – зеленовато-желтый раствор, содержащий Al_2O_3 не менее 15%, коррозионно активный раствор.

Титановый коагулянт

- мелкодисперсный сыпучий порошок белого цвета с низкой объемной плотностью, гигроскопичный;
- коррозионно активный реагент 30% рабочий раствор по товарному продукту.

2.1.2 Флокуляция

Флокуляция — образование рыхлых хлопьевидных агрегатов (флокул) из мелких частиц дисперсной фазы, находящихся во взвешенном состоянии в жидкой или газовой среде. Флокуляция – разновидность коагуляции. В жидких дисперсных системах (золях, суспензиях, эмульсиях, латексах) флокуляция вызывается специальными добавками – флокулянтами и реагентами, лиофобизирующими поверхность частиц, а также тепловыми, механическими и прочими внешними воздействиями. В присутствии флокулянтов и лиофобизирующих реагентов происходит сцепление частиц дисперсной фазы и

возникновение пространственных дисперсных структур.

Практически наиболее важна флокуляция в водной среде, обусловленная действием растворённых в ней высокомолекулярных соединений (полиэлектролитов или неионогенных полимеров). Наиболее вероятным механизмом флокуляции считают образование мостиков — соединение частиц в результате адсорбции отдельных сегментов макромолекулярной цепи на разных частицах. Другая модель сцепления — через взаимодействие макромолекул, адсорбционно связанных лишь с одной частицей. Существуют также модели неадсорбционной, например, вытеснительной флокуляции. Значительное влияние на флокуляцию оказывает состояние двойного электрического слоя на поверхности частиц, свойства окружающей их ионно-сольватной оболочки. При этом важную роль играет электролитный состав дисперсионной среды, ионный обмен между её компонентами и ионогенными группами на поверхности флокулируемых частиц. Гидрофобизация поверхности усиливает флокуляцию в водной среде, гидрофилизация — ослабляет.

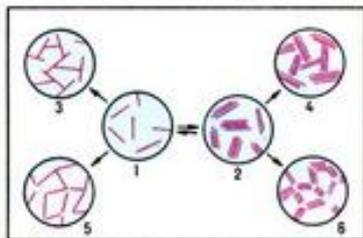


Рисунок 2.2 – Пример процесса флокуляции

Флокулянты:

1. Полиакриламид (ПАА);
2. Активная кремниевая кислота (АК);
3. «Magnaflok LT» и др.

Синтетический флокулянт «Magnaflok LT»

(производства швейцарской фирмы Ciba Specialty Chemicals)

- ускорение технологического процесса;
- экономия коагулянта – до 50%;
- снижение содержания хлорорганических соединений – до 40%;
- снижение мутности и цветности обработанной воды по сравнению с коагулянтом – до 40%;

2.1.3 Адсорбция

Адсорбция – всеобщее и повсеместное явление, имеющее место всегда и везде, где есть поверхность раздела между фазами. Наибольшее практическое

значение имеет адсорбция поверхностно-активных веществ и адсорбция примесей из газа либо жидкости специальными высокоэффективными адсорбентами. В качестве адсорбентов могут выступать разнообразные материалы с высокой удельной поверхностью: пористый углерод (наиболее распространённая форма – активированный уголь), силикагели, цеолиты а также некоторые другие группы природных минералов и синтетических веществ.

Адсорбцию широко применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ в воде невелика и они биологически не разлагаются или являются сильнотоксичными.

Адсорбционная очистка вод может быть *регенеративной*, т.е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией, и *деструктивной*, при которой извлеченные из сточных вод вещества уничтожаются вместе с адсорбентом. Эффективность адсорбционной очистки достигает 80...95 % и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности и ее доступности, от химического строения вещества и его состояния в растворе.

При применении сорбционного метода возникает проблема утилизации сорбента. Однако сорбент изготавливают из отходов, поэтому единственным путем его утилизации является безопасное для воздушной среды сжигание в котельных установках.

2.2 Активированные растворы реагентов

Факторы, влияющие на осветление природной воды с использованием активированных растворов реагентов:

1) Параметры активации

- напряженность магнитного поля;
- содержание в растворе реагента анодно-растворенного железа.

2) Качественные показатели осветляемой воды

- цветность;
- температура;
- содержание взвешенных веществ.

3) Технологические факторы:

- гидравлическая крупность коагулируемой взвеси;
- удельный вес;
- степень структурно-механической гидратации гидроксида алюминия.

2.2.1 Схема цепи аппаратов для активации растворов коагулянта



2.2.2 Конструктивная схема модели активатора реагента

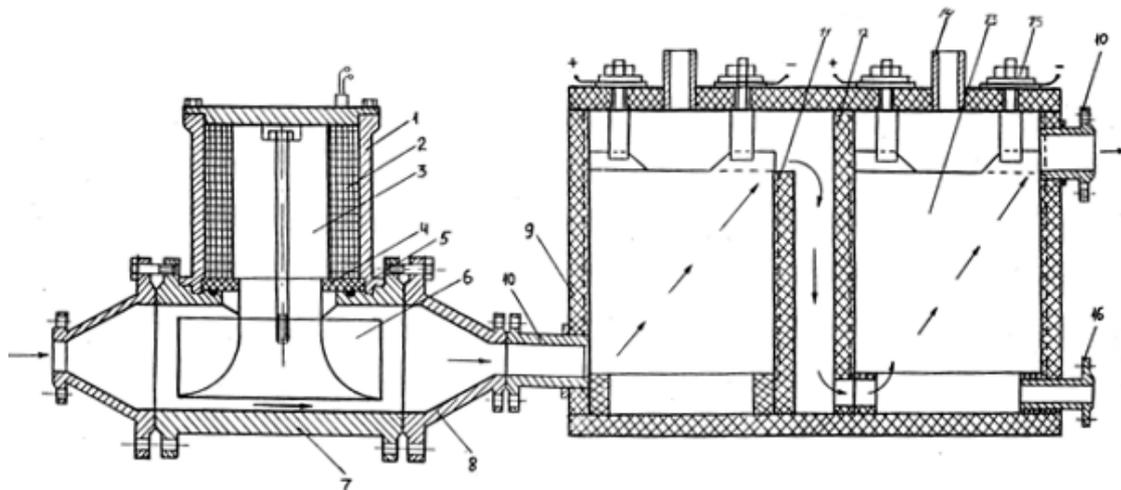


Рисунок 2.3 – Конструктивная схема

1 – корпус электромагнитной системы; 2 – катушка; 3 – сердечник; 4 – диамагнитная плита; 5 – гидроизолирующие прокладки; 6 – полюсной наконечник; 7 – корпус магнитопровода; 8 – соединительная муфта; 9 – корпус электрокоагулятора; 10 – впускной и выпускной патрубок; 11,12 – перегородка переливная и проходная; 13 – пластины; 14 – штуцер для отвода водорода; 15 – соединительная клемма; 16 – сливной патрубок

2.2.3 Активированный раствор коагулянта сульфата алюминия

Использование активированных растворов реагентов позволяет:

- снизить расход коагулянта в среднем на 25 – 30%;
- повысить производительность очистных сооружений в среднем на 19,5 – 22,0%;
- снизить содержание хлорорганических примесей на водопроводных очистных сооружениях не менее чем на 20 – 25%;
- сократить производственную площадь, необходимую для реагентного хозяйства очистных сооружений;
- снизить себестоимость очистки сточных вод от соединений фосфора на 20 – 25%.

2.2.3.1 Технологическая схема очистки воды с указанием места ввода активированных реагентов в комплексе очистных сооружений, включающих отстойник и фильтры (рис 2.4):

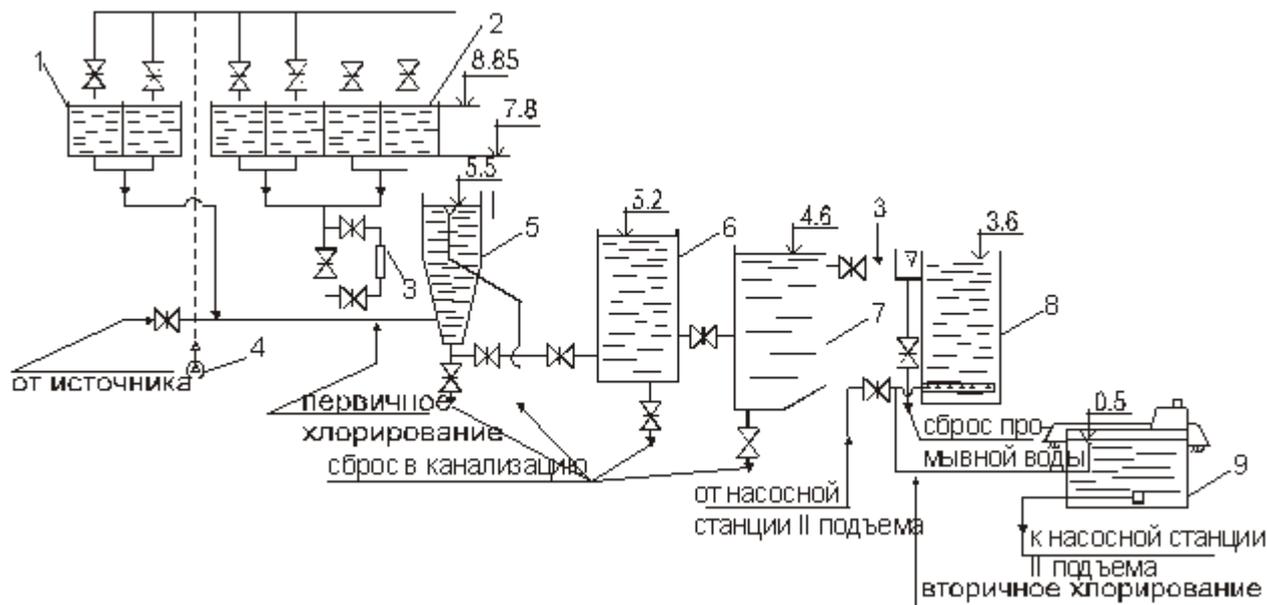


Рисунок 2.4 – Первая технологическая схема:

1 – баки известкового молока; 2 – баки раствора коагулянта; 3 – активатор реагентов; 4 – воздуходувка; 5 – смеситель; 6 – камера реакций; 7 – отстойник; 8 – фильтр; 9 – резервуар чистой воды.

2.2.3.2 Технологическая схема очистки воды с указанием места ввода активированных реагентов в комплексе очистных сооружений, включающих осветлители со взвешенным осадком (рис. 2.5):

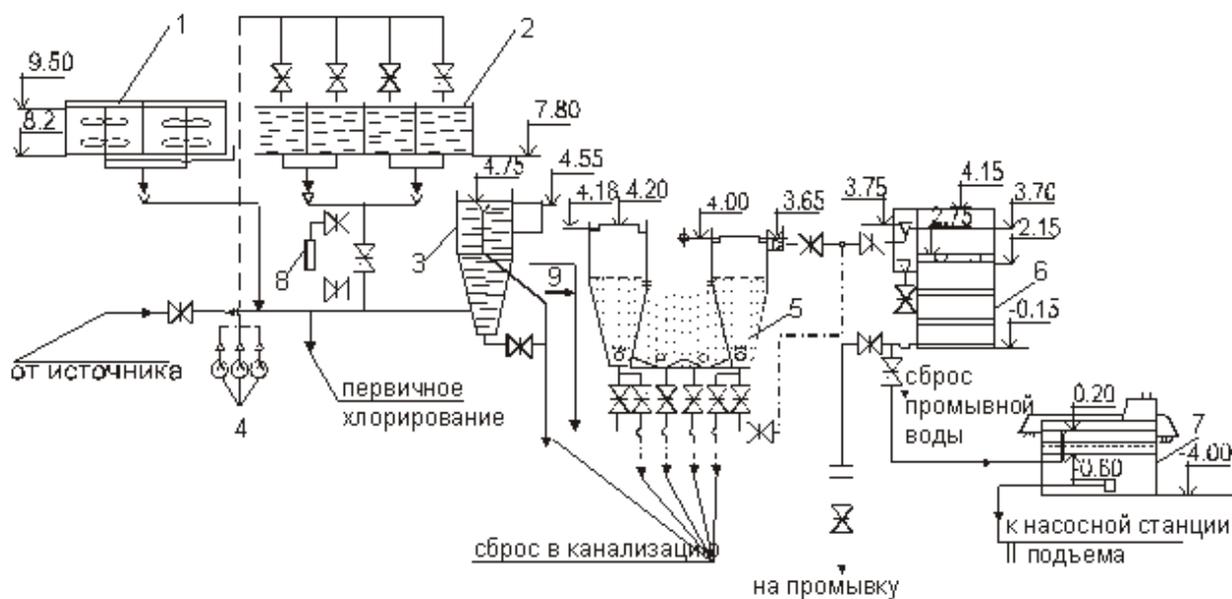


Рисунок 2.5 – Вторая технологическая схема:

1 – баки известкового молока; 2 – баки раствора коагулянта; 3 – смеситель; 4 – воздуходувка; 5 – осветители; 6 – фильтр; 7 – резервуар чистой воды; 8 – активатор реагентов; 9 – ввод активированного раствора коагулянта.

2.2.4 Влияние активированного раствора коагулянта на эффективность осветления воды (рис 2.6)

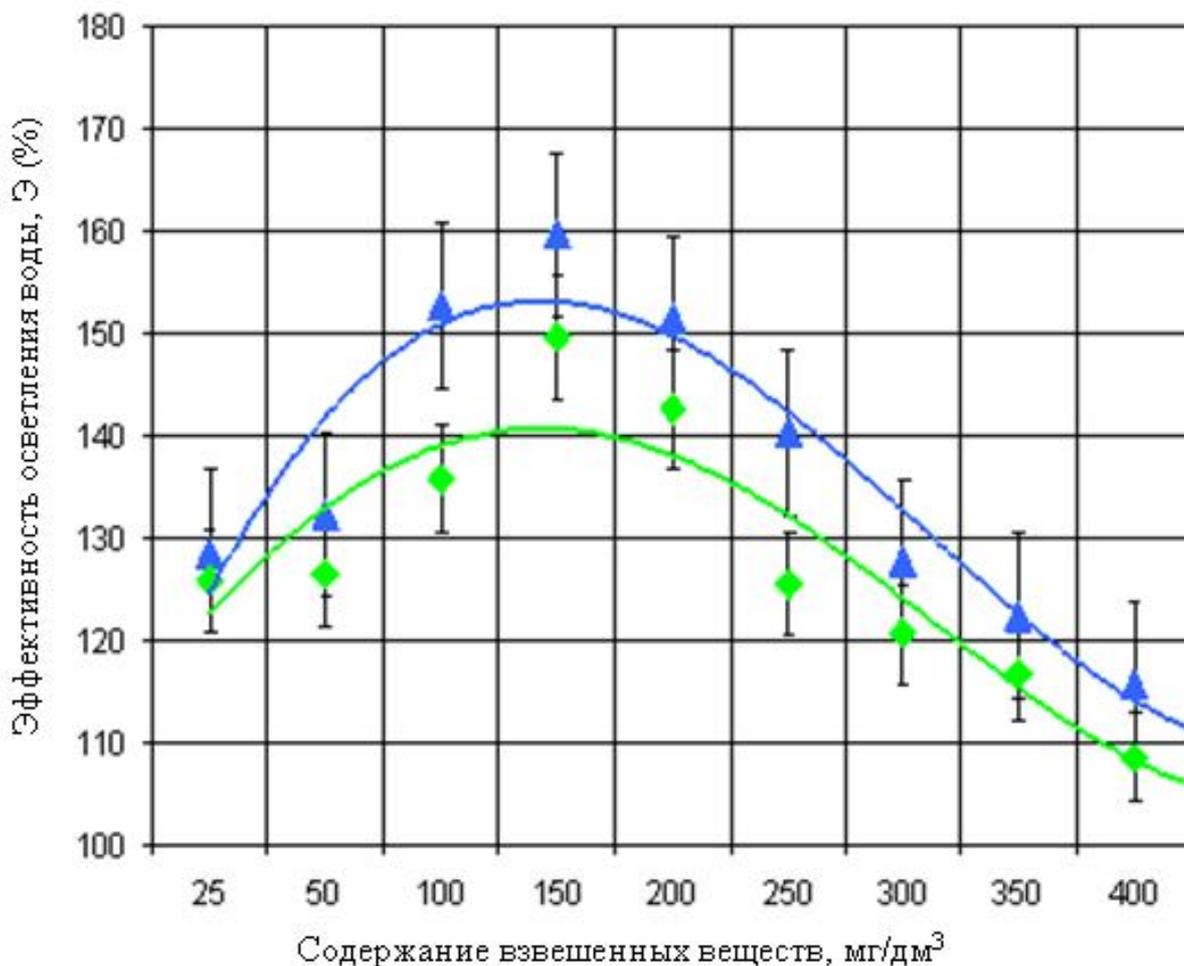


Рисунок 2.6 – Эффективность осветления при применении активированного раствора коагулянта в зависимости от гидравлической крупности осаждаемой взвеси

▲ – Гидравлическая крупность 0,2 мм/с ◆ – Гидравлическая крупность 1,2 мм/с

$$\mathcal{E} = \frac{C}{C_{акт}} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

где \mathcal{E} – эффективность осветления воды, %;

C – остаточное содержание взвешенных веществ при обработке воды обычным раствором коагулянта, мг/дм³;

$C_{акт}$ – тоже самое, но при обработке активированным раствором коагулянта.

2.2.5 Активированный раствор флокулянта

Таблица 2.1 – Повышение производительности фильтров в зависимости от условий использования и типа активированного раствора флокулянта:

Место ввода флокулянта	Вид флокулянта	Параметры активации		Повышение производительности, %
		Напряженность магнитного поля, Н, кА/м	Содержание анодно-растворенного железа, С(Fe), мг/дм ³	
Перед отстойниками	ПАА	150	350	33,0
	Magnafloc LT – 25	100	250	66,0
Модификация загрузки	ПАА	85	450	50,0
	Magnafloc LT – 25	85	300	66,0
Перед фильтрами	ПАА	110	640	50,0
	Magnafloc LT – 25	110	280	83,0

2.3 Использование активаторов реагентов при подготовке питьевой воды

Активатор реагентов успешно применяется на очистных сооружениях водопровода КПП «Краматорский водоканал».

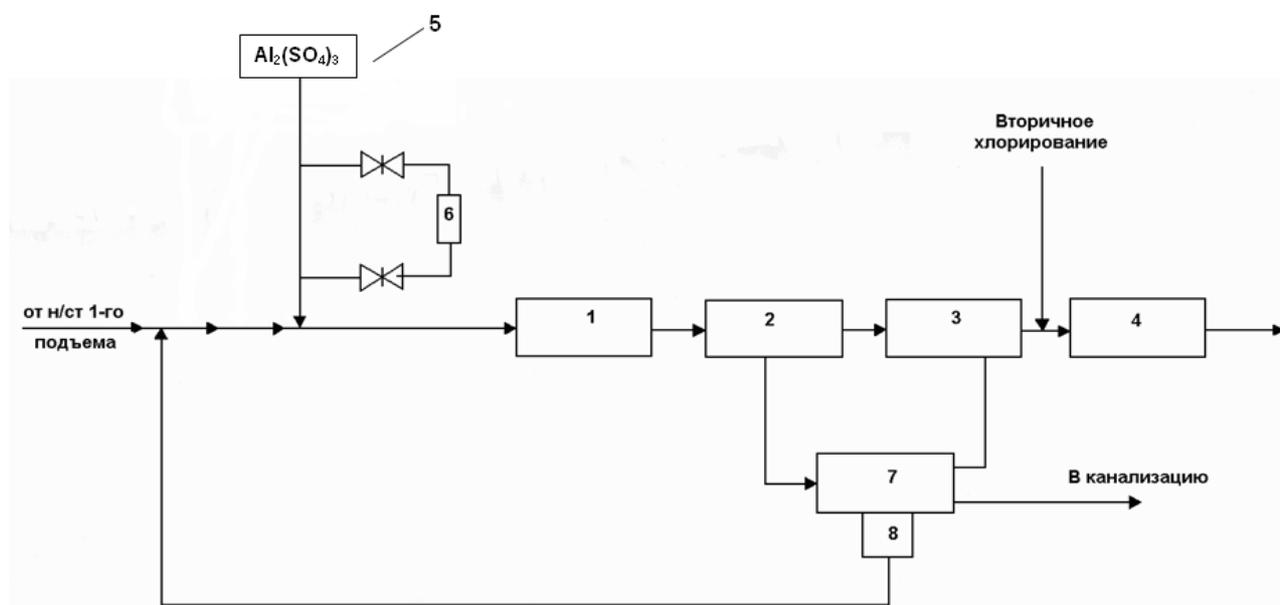


Рисунок 2.7 – Технологическая схема очистных сооружений водопровода КПП «Краматорский водоканал»:

1 – комбинированный смеситель; 2 – горизонтальный отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования; 3 – фильтр; 4 – РЧВ; 5 – реакгентное хозяйство; 6 – активатор коагулянта; 7 – отстойник промывной воды; 8 – насосная станция промывных вод



Рисунок 2.8 – Общий вид производственной установки для активации раствора коагулянта сульфата алюминия

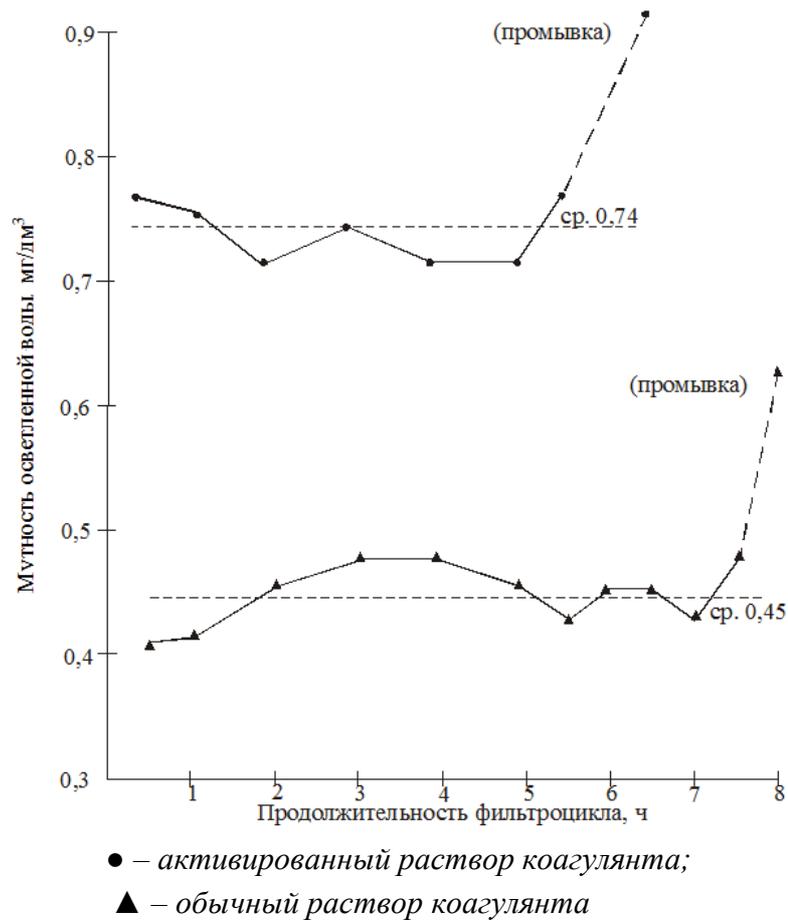


Рисунок 2.9 – Влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на продолжительность фильтроцикла

5. К какому виду флокулянтов относится ПАА?
- А) Анионный; Б) Катионный; В) Неионогенный.
6. Как утилизируют сорбенты?
- А) Сжигают; Б) Сбраживают; В) Закапывают.
7. Параметрами активации растворов реагентов являются:
- А) Напряженность магнитного поля;
Б) Степень структурно-механической гидратации;
В) Гидравлическая крупность взвеси;
Г) Содержание в растворе анодно-растворенного железа.
8. Каким образом изменяют напряженность магнитного поля в активаторе реагентов?
- А) Изменяют напряжение, подаваемое на активатор;
Б) Изменяют силу тока, подаваемую на активатор;
В) Изменяют концентрацию раствора реагента, подаваемую на активатор.

Тема 3 Технологические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения, классификация и характеристика их. Выбор ресурсосберегающих технологий для процессов очистки питьевой воды

Классификация технологических методов

1. Регулирование величины рН воды – подщелачивание;
2. Минеральные замутнители – бентонит;
3. Перемешивание воды с реагентами – возможность экономии коагулянта до 20 %;
4. Фракционированное коагулирование (добавление коагулянта несколькими порциями) – снижение расхода коагулянта до 15 %, повышение качества очистки воды;
5. Концентрированное коагулирование (добавление коагулянта в одну часть воды, затем перемешивание с остальным объемом воды);
6. Прерывистое коагулирование (чередование подачи коагулянта с прекращением подачи раствора коагулянта до 1 часа);
7. Рециркуляция осадка коагулированной взвеси (возврат части осадка в зону ввода коагулянта) – снижение расхода коагулянта до 30 %.

Характеристика технологических методов ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения

Регулирование величины рН воды

Широкое применение получили щелочные реагенты, а среди них известь, получаемая обжигом при температуре 900 – 1200 °С известняков, мела и доломитов.

Гашеную известь дозируют чаще всего в виде известкового молока, содержащего до 15 % СаО, но иногда используют и насыщенные растворы (0,12 – 0,13% СаО).

Известковое молоко, содержащее большое количество твердой фазы, а также молотые или гранулированные карбонат и окись кальция следует использовать при очистке маломутных вод, когда добавление дисперсных материалов способствует ускорению коагуляции. Рекомендуемое в последние годы применение извести в негашеном виде объясняется стремлением избавиться от потерь активной части при гашении, которые достигают 20 %.

Для создания в воде дополнительного щелочного резерва и улучшения коагулирования за счет механических добавок, подщелачивающие реагенты вводят перед коагулянтом.

Минеральные замутнители

При обычно используемых дозах коагулянтов степень пресыщения воды малорастворимыми продуктами гидролиза соответствует метастабильной зоне, где энергия пресыщения может оказаться недостаточной для возникновения зародышей твердой фазы. Поэтому внесение искусственных замутнителей, частицы которых играют роль дополнительных центров конденсации продуктов гидролиза, способствует ускорению коагуляции примесей при очистке маломутных вод. Замутнение резко усиливает флокулирующее действие полиэлектролитов.

Наиболее распространенный замутнитель – глины: монтмориллонит (*бентонит*).

К преимуществам глин как замутнителей относят:

- эффективность при любых значениях рН;
- отсутствие необходимости в дополнительных реагентах;
- отсутствие влияния на органолептические показатели качества воды.

Второй по значению замутнитель – *карбонат кальция*, облегчающий хлопьеобразование не только за счет создания центров конденсации твердой фазы, но и за счет повышения рН, особенно важного для маломинерализованных вод. Карбонат кальция (*кальцит*) дозируют в виде

тонкодисперсного порошка в количествах от 12 – 18 до 240 мг/л.

Измельченный *антрацит* (размер частиц около 500 мкм, удельная поверхность 92 см²/г) рекомендуется добавлять во взвешенный слой осветлителей, откуда он вместе с отработанной коагулированной взвесью непрерывно отделяется, затем очищается в гидроциклоне и возвращается в осветлители.

Перемешивание воды с реагентами

В практике очистки воды коагулянтами различают два режима перемешивания: с большой интенсивностью (*быстрое перемешивание*) и с малой (*медленное перемешивание*). В первом режиме работают устройства, предназначенные для смешения растворов реагентов с водой, во втором – камеры хлопьеобразования.

Помимо равномерного распределения коагулянта в объеме воды, интенсифицирующее действие быстрого перемешивания состоит в его влиянии на численную концентрацию зародышевых частиц коагулированной взвеси, распределение этих частиц по размеру и характер их взаимной фиксации в агрегатах.

Применяют два типа смесителей. Работа смесителей первого типа, называемых иногда *гидравлическими*, основана на использовании кинетической энергии потока самой обрабатываемой воды; работа смесителей второго типа, называемых *механическими*, на использовании средств принудительного перемешивания. Оба этих способа можно объединить под общим названием *механического перемешивания*.

Часто перемешивание воды с раствором коагулянта осуществляют путем воздушного барботажа. Этот способ – *пневматическое перемешивание*.

Камеры хлопьеобразования, в которых осуществляется медленное перемешивание, рассчитываются на время пребывания воды 20 – 60 мин.

Преимущества, достигаемые при использовании медленного перемешивания, отмечены при малой мутности и низкой температуре воды в источнике.

В зарубежных конструкциях преимущественное распространение получили лопастные мешалки, и многочисленные публикации свидетельствуют об их высокой эффективности. К числу преимуществ механического перемешивания перед гидравлическим относят обеспечение лучшего качества осветленной воды, возможность экономии до 40 % коагулянта.

Установлено, что 5 – 7 минутная аэрация воды после добавления сернокислого алюминия дает возможность в 3 – 4 раза сократить потребность в

коагулянте, в 4 раза ускорить формирование и осаждение хлопьев, избавиться от опалесценции очищенной воды.

При расходе воздуха в размере 10 – 20 % от количества обрабатываемой воды оказалось возможным уменьшить расход коагулянта в 1,5 – 2,5 раза.

Фракционированное коагулирование

Фракционированное коагулирование предусматривает добавление расчетного количества коагулянта к воде не одной, а двумя или несколькими последовательными порциями.

Технологический эффект, достигаемый при фракционировании дозы коагулянта, почти всегда объясняют с кинетической точки зрения – образованием в результате гидролиза первых порций коагулянта твердой фазы, выступающей в роли центров хлопьеобразования при гидролизе последующих порций коагулянта.

При обработке воды с разным содержанием взвеси сульфатом алюминия показывает, что этот метод дает возможность на 6 – 20 % увеличить плотность коагулированной взвеси.

В условиях проведенных экспериментов оптимальный режим коагулирования, позволяющий добиться увеличения плотности коагулированной взвеси в 1,5 – 2 раза (без ущерба для ее поверхностных свойств), соответствовал разделению дозы коагулянта на две равные части и длительности диспергирования 30 – 60 сек.

Концентрированное коагулирование

Концентрированное коагулирование заключается в дозировании всего необходимого количества коагулянта лишь в части обрабатываемой воды. После тщательного смешения с раствором коагулянта поток обработанной воды объединяют (обычно в начале камер хлопьеобразования) с потоком остальной – некоагулированной воды.

Преимущества метода концентрированного коагулирования:

- 1) распределение всего коагулянта только в части воды создает условия для ускоренного хлопьеобразования;
- 2) после смешения с необработанной водой хлопья, сформированные в условиях повышенной концентрации коагулянта, хорошо удаляют водные примеси.

При обработке методом концентрированного коагулирования воды достигнуто дополнительное уменьшение ее мутности и цветности, снижено содержание остаточного алюминия. Наилучшие результаты достигнуты при отношении расхода обрабатываемой коагулянтами воды к расходу остальной

воды 1 : 1,5.

Метод концентрированного коагулирования модифицирован Дризом. В небольшую часть (около 1 %) очищаемой воды вводится все потребное количество коагулянта и известковое молоко в количестве, обеспечивающем получение рН воды около 4,5. После часового пребывания в резервуаре-реакторе полученный раствор смешивается с основным потоком обрабатываемой воды. В отстойниках образуются крупные и плотные хлопья, эффект осветления воды.

Прерывистое (периодическое) коагулирование

Этот вид коагулирования основан на более полном использовании свойств продуктов гидролиза коагулянта. Он содержит элементы метода концентрированного коагулирования и состоит в чередовании периодов подачи в обрабатываемую воду увеличенных доз коагулянта с периодами полного прекращения коагулирования.

Применение метода дает возможность значительно сократить потребность в коагулянте, увеличить длительность фильтрационных циклов на фильтрах и контактных осветлителях. Так, при обработке маломутной воды по двухступенчатой схеме за счет совмещения концентрированного коагулирования с периодическим достигнута экономия коагулянта на 30 – 40%. Рекомендуемая Бардиным длительность периода «коагулирования» равна 1 – 3 часа, а соотношение длительностей «коагулирования» и «некоагулирования» – от 3:1 до 0,3 – 1.

Установлено, что прерывистое коагулирование воды при одинаковой длительности периодов «коагулирования» и «некоагулирования» – 0,5; 1 и 2 часа – позволяет при прямоточном фильтровании снизить дозу сульфата алюминия примерно в 2 раза. Еще более высокая экономия коагулянта (50 – 80 %) получена при одноступенчатой очистке воды.

Рециркуляция осадка коагулированной взвеси

Обработка воды с возвратом части отработанного осадка в зону ввода новых порций коагулянта в ряде случаев привела к значительной экономии коагулянта и ускорению осаждения коагулированной взвеси в отстойниках и осветлителях. Наблюдаемые эффекты являются следствием более полного использования свойств коагулянта, ускоренного формирования хлопьев в контакте с ранее выделенным осадком.

Существуют два способа рециркуляции – по внутреннему и наружному контуру. Рециркуляция по внутреннему контуру предусматривает возврат образовавшихся хлопьев в зону добавления раствора реагента без вывода их из

рециркуляционной емкости.

Рециркуляция по наружному контуру включает отвод шламовой жидкости из камер хлопьеобразования, отстойников, осветлителей или фильтров, частичное отстаивание ее (иногда с добавлением реагентов), обеззараживание и возврат осадка в смеситель.

Метод рециркуляции осадка используют главным образом для интенсификации коагулирования маломутных вод, но имеются и примеры, когда с помощью этого метода достигнуто заметное (около 25 %) ускорение осветления воды, содержащей до 20 г/дм^3 тонкодисперсных примесей.

Контрольные вопросы

1. Классификация технологических методов, их характеристика.
2. Регулирование величины рН воды с целью уменьшения дозы реагентов.
3. Область применения и преимущества минеральных замутнителей.
4. Перемешивание воды с реагентами – ресурсосберегающий фактор.
5. Характеристика факторов, улучшающих процесс коагуляции при очистке природных вод.
6. Фракционированное коагулирование, область применения.
7. Концентрированное коагулирование, область применения.
8. Прерывистое (периодическое) коагулирование, область применения.
9. Рециркуляция осадка коагулированной взвеси, область применения.

Тесты для самоконтроля

1. Что показывает рН воды?

- А) Кислотность; Б) Щелочность; В) Основность.

2. Чему равен рН воды?

- А) $-\lg[\text{H}^+]$; Б) $-\lg[\text{OH}^-]$; В) $14 - \lg[\text{OH}^-]$.

3. В качестве минеральных замутнителей используют

- А) Известь; Б) Бетон; В) Кальций; Г) Антрацит.

4. К какому виду перемешивания воды с реагентами относится барбатаж?

- А) Механическое; Б) Пневматическое; В) Гидравлическое.

5. При каком методе коагулирования в часть очищаемой воды вводятся известковое молоко, таким образом снижая ее рН до 4,5?

- А) Фракционное; Б) Концентрированное; В) Прерывистое.

Тема 4 Физические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения. Классификация физических методов ресурсосберегающих технологий, область применения их. Конструктивные особенности оборудования, физических методов ресурсосберегающих технологий

4.1 Физические методы ресурсосберегающих технологий

Физические методы – безреагентные методы ресурсосберегающих технологий, позволяющие интенсифицировать процессы очистки воды, уменьшить расход реагентов, снизить себестоимость очистки воды.

Распространение получили:

- наложение электрического поля;
- наложение магнитного поля;
- электрокоагуляция.

4.1.1 Наложение электрического поля

Распространение получила «коагуляция под током».

Особенности «коагуляции под током»:

1. В поле электрического тока ускоряются процессы формирования и осаждения коагулированной взвеси, полученной при обработке сульфатом алюминия мутных вод; повышается степень очистки воды от органических и неорганических примесей фильтрованием. С увеличением концентрации взвешенных веществ и ростом напряженности электрического поля эффективность обработки воды повышается.
2. Газы, выделяющиеся на электродах, облегчают условия очистки воды за счет окисления органических примесей.
3. В электрическом поле постоянного тока ускоряется обезвоживание осадков. Рекомендуемая плотность тока составляет $0,01 - 0,02 \text{ А/м}^2$, напряжение на электродах – 50 – 60 в.

При наложении электрического поля потребность в коагулянте снизилась на 30 – 40 %.

4.1.2 Наложение магнитного поля

Наиболее полно по этому вопросу выполнены исследования в ХНУГХ им. А. Н. Бекетова. Исследования можно систематизировать следующим образом:

1. В отсутствие гидролизующего коагулянта наибольший эффект выделения взвеси из воды с общим солесодержанием 500 – 600 мг/дм³ и

щелочностью 5,8 – 6,0 мг-экв/дм³ после ее обработки в 12-контурном магнитном генераторе (с чередованием полярности контуров) достигнут при напряженности магнитного поля около 400 А/см в течение 0,6 с.

2. Совместное осаждение карбоната кальция и гидроокиси магния, образующихся в ходе известкового умягчения воды, ускоряется после проведения магнитной обработки воды примерно в 1,5 раза.

Оптимальные условия обработки: напряженность поля 200 – 300 А/см, скорость движения воды в рабочем зазоре генератора 0,5 – 1,0 м/с.

3. Омагничивание изменяет свойства продуктов гидролиза алюминия и железа:

- уменьшается структурно-механическая гидратация и ξ – потенциал частиц;
- на 30 – 40 % возрастает сорбционная емкость продуктов гидролиза коагулянтов по отношению к гуминовым веществам: для Fe(OH)₃ – с 284 до 379 мг/г (после обработки в поле напряженностью 480 А/см), для Al(OH)₃ – с 348 до 494 мг/г (после обработки в поле напряженностью 400 А/см).

4. При очистке вод, содержащих минеральные взвеси, магнитная обработка дает следующие преимущества:

- вызывает увеличение плотности гидравлической крупности хлопьев коагулированной взвеси;
- позволяет повысить производительность отстойников и осветлителей с взвешенным осадком;
- приводит к некоторому снижению мутности осветленной воды.

5. Омагничивание цветной воды позволило увеличить объемный вес (по пикнометру) – с 1,027 до 1,043 г/см³ в случае Fe(OH)₃ и с 1,019 до 1,035 г/см³ в случае Al(OH)₃.

6. Для интенсификации коагуляционного процесса рекомендован следующий режим:

- омагничивание воды за 10 – 60 с до ввода раствора коагулянта;
- скорость воды в рабочем зазоре магнитного генератора равна 1 м/с;
- количество знакопеременных магнитных контуров в генераторе 4 – 6;
- длительность омагничивания 0,6 – 1 с.

7. Расход электроэнергии при магнитной обработке составляет 5 – 8 Вт·час на 1 м³/час производительности водоочистой установки.

4.1.3 Электрокоагуляция

Электрокоагуляция (электрохимическое коагулирование) заключается в

том, что в обрабатываемую воду вводятся вместо коагулянта ионы тяжелых металлов, полученные электрохимическим путем. В основе электрокоагуляции лежит процесс анодного растворения металлов под действием постоянного электрического тока. Перешедшие в раствор катионы Al^{3+} или Fe^{2+} гидролизуются и служат активными коагулянтами для примесей воды.

В отличие от обычного коагулирования солями железа и алюминия при электрокоагуляции вода не обогащается анионами SO_4^{2-} , Cl^- и др., что сказывается благоприятно на обработке вод, содержащих растворенные загрязнения.

Большинство аппаратов для очистки воды электрокоагуляцией представляют собой безнапорные пластинчатые электролизеры горизонтального или вертикального типа, в зазорах между которыми протекает обрабатываемая вода или раствор электролита (рис. 4.1). Для борьбы с пассивацией металлов (в целях снижения затрат электроэнергии), а также для равномерного износа электродных пластин периодически производят смену их полярности.

Помимо электрокоагуляторов с пластинчатыми электродами делались попытки применить для целей очистки воды коагуляторы со стружечными электродами – отходом металлообработки. Преимущество металлической стружки состоит в большей площади поверхности.

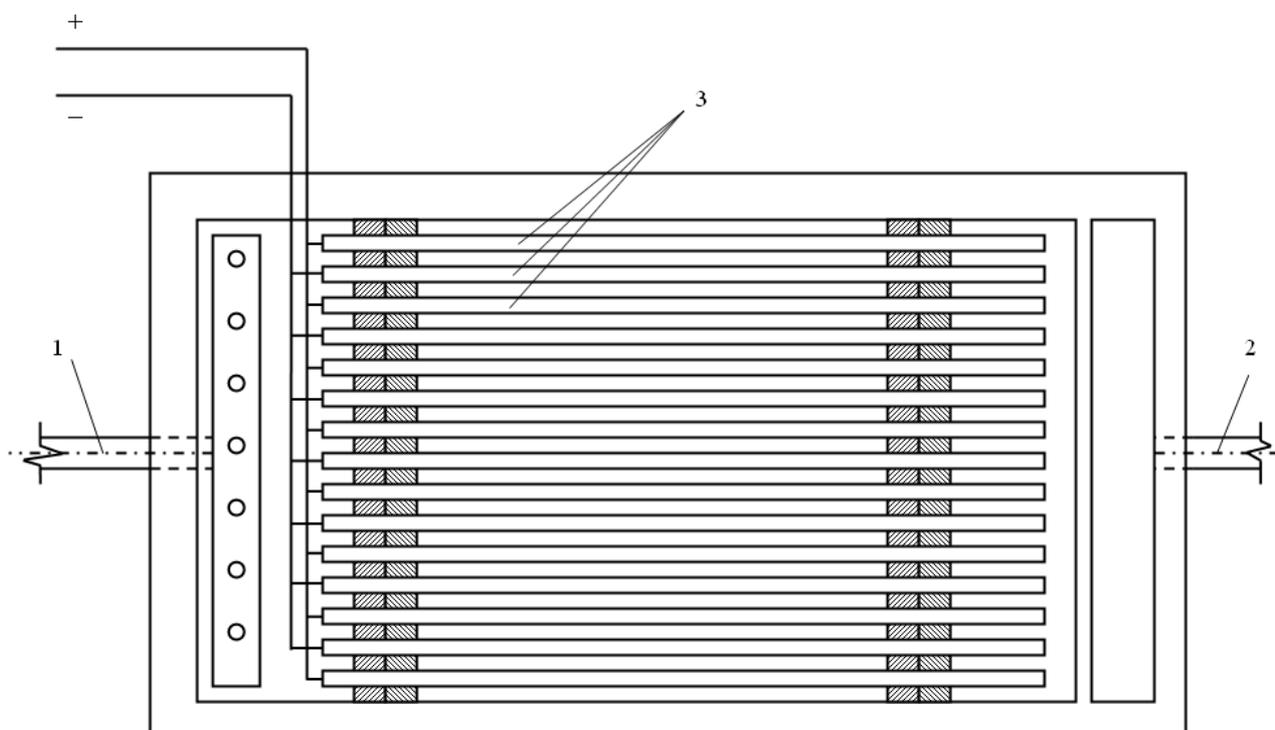


Рисунок 4.1 – Электролизер для анодного растворения алюминия или железа при электрохимическом коагулировании:

1 – поступление воды; 2 – выход воды; 3 – пластины алюминия или железа

Метод электрокоагуляции обеспечивает высокий эффект удаления из воды загрязнений в виде взвесей (минерального, органического и биологического происхождения), коллоидов (соединений железа, веществ, обуславливающих цветность воды, и т.д.), а также отдельных веществ, находящихся в молекулярном и ионном состоянии.

Электрокоагулятор раствора коагулянта (рис. 4.2) состоит из 2-х секций, через которые последовательно пропускается омагниченный раствор коагулянта, который насыщается анодно-растворенным железом. Корпус электрокоагулятора и крышка изготовлены из оргстекла толщиной 20 – 30 мм. Внутри корпуса расположены переливная и проходная переемычки из оргстекла. В крышке корпуса электрокоагулятора имеются штуцера и втулки для отвода водорода и подвода провода для подачи тока на анодные пластины. Траверса электрокоагулятора служит для соединения в пакет металлических анодных пластин и подачи на них электропитания. Склеивание отдельных деталей выполнено дихлорэтаном, анодные пластины 6 штук изготовлены из стали 3 толщиной 5 мм.

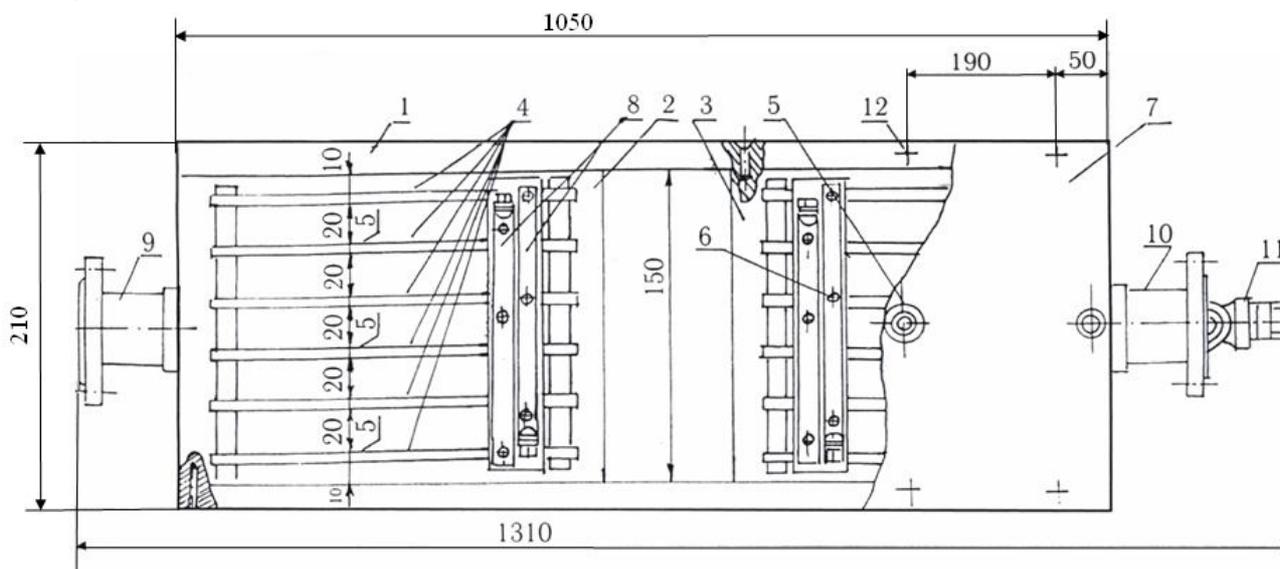


Рисунок 4.2 – Схема электрокоагулятора реагента:

1 – корпус электрокоагулятора; 2, 3 – переемычка переливная и проходная; 4 – пластина; 5 – штуцер для отвода водорода; 6 – втулка; 7 – крышка; 8 – соединительная клемма; 9, 10 – выпускной и впускной патрубков; 11 – сливной кран; 12 – крепежные болты

Однако этот метод имеет существенные недостатки, связанные с повышением расхода электроэнергии и металла на единицу обрабатываемой воды.

Метод электрохимической коагуляции пригоден при обработке малых объемов воды и особенно удобным для небольших объектов и станций малой

производительности.

Для снижения расхода электроэнергии желательно принимать: плотность тока не выше 10 А/м^2 , расстояние между пластинами не более 20 мм и скорость движения воды между пластинами не менее 0,5 м/с (что может потребовать циркуляционной схемы движения воды).

Чтобы предотвратить соприкосновение смежных листов металла и образование в результате этого замыкания, между листами металла устанавливают прокладки из диэлектрика – резины, гитинакса, текстолита и т.п.

4.2 Аппараты для активации водно-дисперсных систем

Для активирования растворов реагентов разработаны специальные установки, предусматривающие последовательную и одновременную активацию исходного раствора коагулянта магнитным полем и насыщение его анодно-растворенным железом.

Конструктивная схема активатора реагентов, предусматривающая одновременное воздействие на исходный раствор магнитного поля и электрокоагуляцию, приведена на рисунке 4.6.

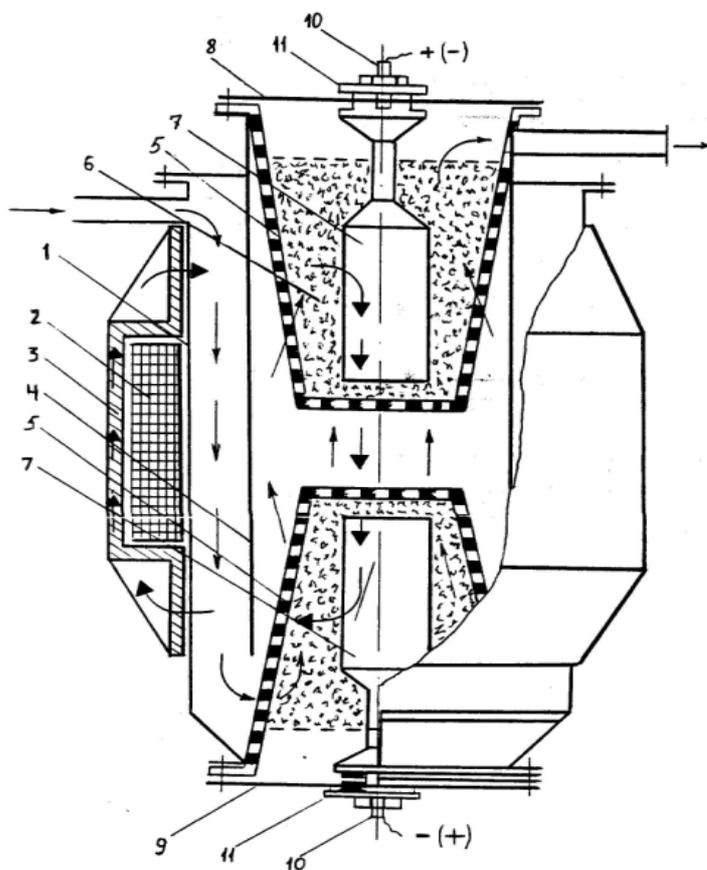


Рисунок 4.6 – Конструктивная схема активатора растворов реагентов:

1 – корпус; 2 – электромагнитная катушка; 3 – кожух магнитопровода; 4 – разделительный диамагнитный цилиндр; 5 – перфорированные стаканы; 6 – стальная стружка; 7 – сердечник-электрод; 8, 9 – верхний и нижний фланец; 10 – клемма; 11 – изолирующая втулка

Устройство состоит из корпуса 1, на котором расположена электромагнитная катушка 2, помещенная в стальной кожух магнитопровода 3. Внутренняя часть корпуса разделена диамагнитным цилиндром 4, в котором размещены 2 перфорированных стакана 5, заполненных стальной стружкой 6. По центру перфорированных стаканов установлены два сердечника 7, являющихся электродами и одновременно магнитопроводом. Электроды установлены на верхнем 8 и нижнем 9 фланцах корпуса устройства. Источник постоянного тока присоединен к выходным стрелкам сердечника 10, изоляция их осуществляется втулками 11. Таким образом, поступающий в устройство раствор проходит между корпусом 1 и разделительным диамагнитным цилиндром 4, подвергается воздействию магнитного поля, создаваемого электромагнитной катушкой 2. Далее он попадает в перфорированный стакан 5, заполненный стальной стружкой 6, где происходит насыщение раствора анодно-растворенным железом вследствие электролитического процесса растворения заполнителя 6 постоянным током, поступающим на сердечник 7. По мере расхода заполнителя под действием магнитных сил происходит самоуплотнение, что обеспечивает постоянный режим степени насыщения обрабатываемого раствора анодно-растворенным железом.

Устройство для активации растворов реагентов, предусматривающее последовательную обработку исходного раствора коагулянта магнитным полем и электрокоагуляцию, приведено на рис. 4.7.

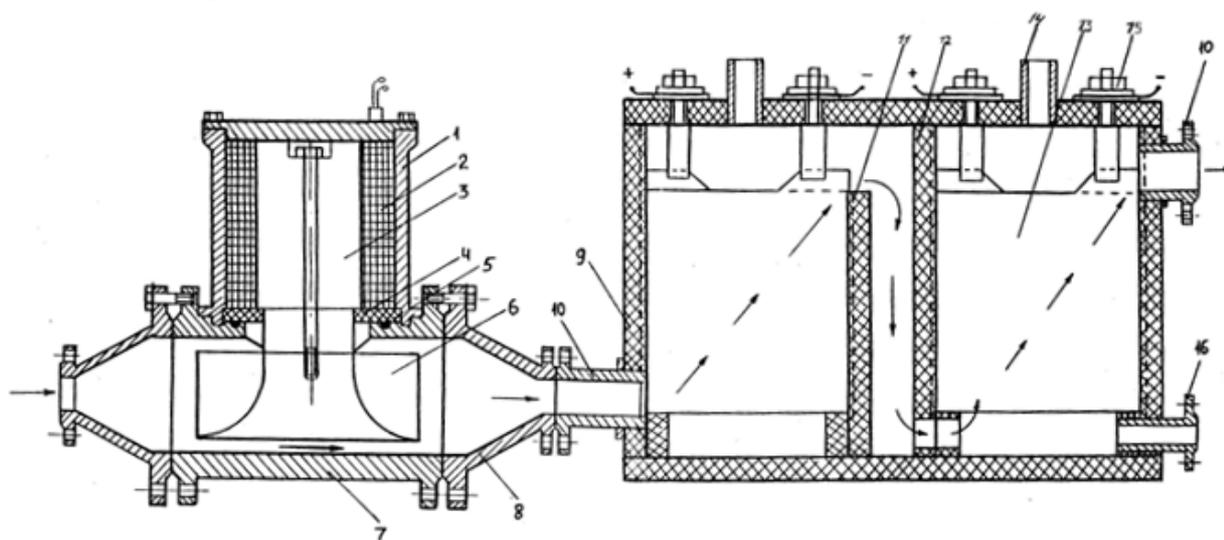


Рисунок 4.7 – Устройство для магнитно-электрической активации растворов реагентов

1 – корпус электромагнитной системы; 2 – катушка; 3 – сердечник; 4 – диамагнитная плита; 5 – гидроизолирующие прокладки; 6 – полюсной наконечник; 7 – корпус магнитопровода; 8 – соединительная муфта; 9 – корпус электрокоагулятора; 10 – впускной и выпускной патрубков; 11, 12 – перегородка переливная и проходная; 13 – пластины; 14 – штуцер для отвода водорода; 15 – соединительная клемма; 16 – сливной патрубок

Устройство состоит из двух последовательно соединенных аппаратов: магнитного активатора и электрокоагулятора. Раствор реагента, проходя в рабочем зазоре между корпусом магнитопровода 7 и полюсным наконечником 6, подвергается воздействию магнитного поля, создаваемого электромагнитной катушкой 2. Далее раствор поступает в электрокоагулятор, где насыщается анодно-растворенным железом. Корпус 1 изготовлен из оргстекла, внутри корпуса расположены переливная 11 и переходная 12 перемычки. В крышке корпуса имеются штуцеры для отвода водорода 14 и соединительные клеммы 15 подвода для подачи тока на пластины 13.

Контрольные вопросы

1. Классификация физических методов очистки воды.
2. Наложение на осветляемую воду электрического и магнитного полей.
3. Электрохимическое коагулирование, использование его в технологии очистки воды.
4. Конструктивные особенности активаторов растворов реагентов.

Тесты для самоконтроля

1. Под действием каких сил происходит очистка воды в отстойниках?
А) Центробежных; Б) Гравитационных; В) Тех и других.
2. При увеличении размера частиц эффекта очистки
А) Снижается; Б) Возрастает; В) Не изменяется.
3. При увеличении производительности отстойника эффект очистки
А) Снижается; Б) Возрастает; В) Не изменяется.
4. С увеличением глубины горизонтального отстойника эффект очистки
А) Снижается; Б) Возрастает; В) Не изменяется.
5. Применение флокулянта эффект очистки:
А) Снижает; Б) Увеличивает; В) Не изменяет.
6. Производительность станции хозяйственно-питьевого назначения 50 тыс. м³/сут. Какой тип отстойника следует применять?
А) Вертикальные; Б) Горизонтальные; В) Радиальные.
7. Производительность станции хозпитьевого назначения 4,5 тыс. м³/сут. Какой тип отстойника следует принимать?
А) Вертикальные; Б) Горизонтальные; В) Радиальные.
8. Как влияет сосредоточенный сбор воды в отстойнике на эффект очистки?
А) Повышает; Б) Снижает; В) Не влияет.

5.1.1 Дренажно-распределительная система скорых фильтров

Для интенсификации работы дренажно-распределительных систем скорых фильтров можно использовать трубофильтры (рис 5.1), это позволяет:

- уменьшить расход промывной воды на 10 – 25 %;
- снизить затраты на ремонт и реконструкцию фильтров;
- интенсифицировать процесс водовоздушной промывки;
- исключить вынос фильтрующей загрузки с очищенной водой в 5 – 10 раз;
- отсутствие поддерживающих слоев гравия позволяет увеличить высоту и объем фильтрующих материалов;
- равномерное распределение промывной воды исключает образование «мертвых» зон непромываемой загрузки;
- увеличить полезную производительности фильтров на 5 – 10 %.

Трубофильтры предназначены для устройства дренажно-распределительных систем фильтров станций водоподготовки и доочистки сточных вод, дренажей иловых и шламовых площадок, систем водопонижения от подтопления грунтовыми и дренажными водами, а также для использования в качестве фильтров в водозаборных скважинах.

Конструктивно трубофильтр представляет собой две вложенные друг в друга трубы с воздушным зазором между ними. Наружная волокнисто-пористая труба изготавливается из полиэтилена высокого давления (ПВД) наносимого методом пневмоэкструзии. Внутренняя перфорированная труба изготавливается из полиэтилена низкого давления (ПНД) или ПВХ. Зазор между трубами поддерживается поперечными кольцевыми вставками. Для крепления трубофильтров в плетень, на торцах трубофильтров предусмотрены присоединительные полиэтиленовые муфты с внутренней и наружной резьбой.

Вода, очищенная при прохождении сквозь слои загрузки фильтра, равномерно собирается и отводится по трубофильтрам на последующие участки технологической схемы очистки. Для регенерации фильтра вода подается по трубофильтрам в обратном направлении и равномерно вымывает загрязнения из загрузки фильтра.



Рисунок 5.1 – Применение трубофильтров в дренажно-распределительной системе скорых фильтров

5.1.2 Использование биопоглопителей при очистке природных вод

- при содержании взвеси до 60 мг/дм³ и цветности до 120 град. – одноступенчатая схема очистки (биопоглопители – песчаный фильтр);
- при содержании взвеси до 90 мг/дм³ и цветности до 70 град. – двухступенчатая схема очистки (пенополистирольный фильтр – биопоглопители – песчаный фильтр).

Таблица 5.1 – Эффект осветления воды от использования биопоглопителей при ее очистке.

Исходная вода	После биопоглопителей
240	<3
460	<3
960	<3

5.1.3 Биоплато для очистки природных вод

Биоплато – это комбинация высшей водной растительности (тростник, камыш, рогоз), водной микрофлоры и грунтово-песчаных фильтров, обеспечивающая использование природных механизмов очистки воды (рис. 5.2).

Биоплато применяется:

- Для очистки природных вод с целью подготовки питьевой воды для поселков и сел, кемпингов и гостиниц, домов индивидуальной застройки, ферм и небольших предприятий.
- Для улучшения экологического состояния прудов и малых рек.

Биоплато используется при:

- содержании взвешенных веществ в исходной воде – до 50 мг/дм³;
- цветности исходной воды – до 50 град.

Эффективность очистки на биоплато составляет:

- снижение содержания взвешенных веществ – в среднем 95,23 %;

- снижение бактериального загрязнения – 99,92 %

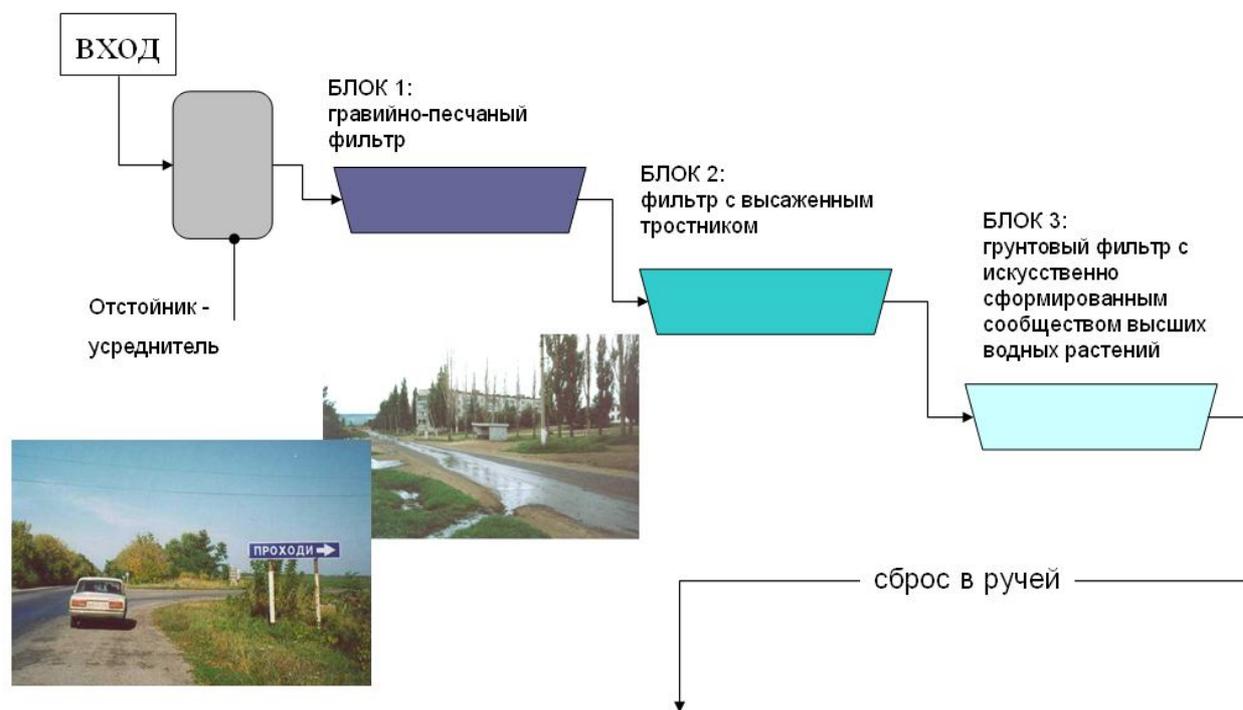


Рисунок 5.2 – Технологическая схема очистки сточных вод на биоплато

5.2 Технологические особенности использования аэрирования для интенсификации очистки вод

5.2.1 Аэрирование как средство интенсификации процесса коагуляции природных вод

При обработке природных вод в процессе гидролиза коагулянта образуется значительное количество свободной углекислоты, содержащейся главным образом в газовой фазе вследствие ее малой растворимости. На начальной стадии коагуляции взвешенных веществ при развитой поверхности твердой и газовой фаз происходит интенсивная адсорбция мельчайших пузырьков углекислоты на поверхность микрохлопьев коагулированной взвеси. В результате образуется осадок непрочной, рыхлой структуры.

Своевременное удаление углекислоты из сферы образования микрохлопьев, достигаемое за счет аэрации воды, значительно интенсифицирует процесс коагуляции. Аэрирование способствует лучшему гидравлическому перемешиванию воды с коагулянтом на стадии скрытой коагуляции. В результате образуются хлопья более прочной и плотной структуры, быстрее осаждающиеся в отстойных сооружениях. Отдувка углекислоты вызывает повышение рН воды, что снижает ее коррозионную активность.

Метод с применением аэрирования может быть рекомендован при обработке воды с повышенной мутностью и цветностью в целях интенсификации работы водоочистных сооружений, экономии коагулянта и повышения качества осветленной воды по органолептическим показателям (запаху, привкусу, насыщению кислородом).

Аэрирование может осуществляться при использовании любых технологических схем обработки воды.

Раствор коагулянта следует вводить в подающий трубопровод или при входе воды в смеситель, а диспергированный воздух - непосредственно в смеситель.

Время аэрирования равно времени пребывания воды в смесителе.

Схема трубчатого аэратора зависит от конструкции смесителя и условий его эксплуатации.

Для обеспечения равномерности распределения воздуха дырчатые трубы аэратора нужно располагать строго горизонтально. На схеме *а* (рис 5.3) представлен кольцевой трубчатый аэратор, который следует применять для смесителей вихревого типа. При больших размерах сечения смесителя (в плане) целесообразно кольцевую трубу дополнить радиальными трубами, как показано на схеме *б*. Схемы *в* и *г* применяют при устройстве аэраторов в перегородчатых смесителях. Аэратор в перегородчатых смесителях надлежит выполнять в виде коллектора с ответвлениями. Расстояние между ответвлениями следует принимать не более 0,7 – 1 м.

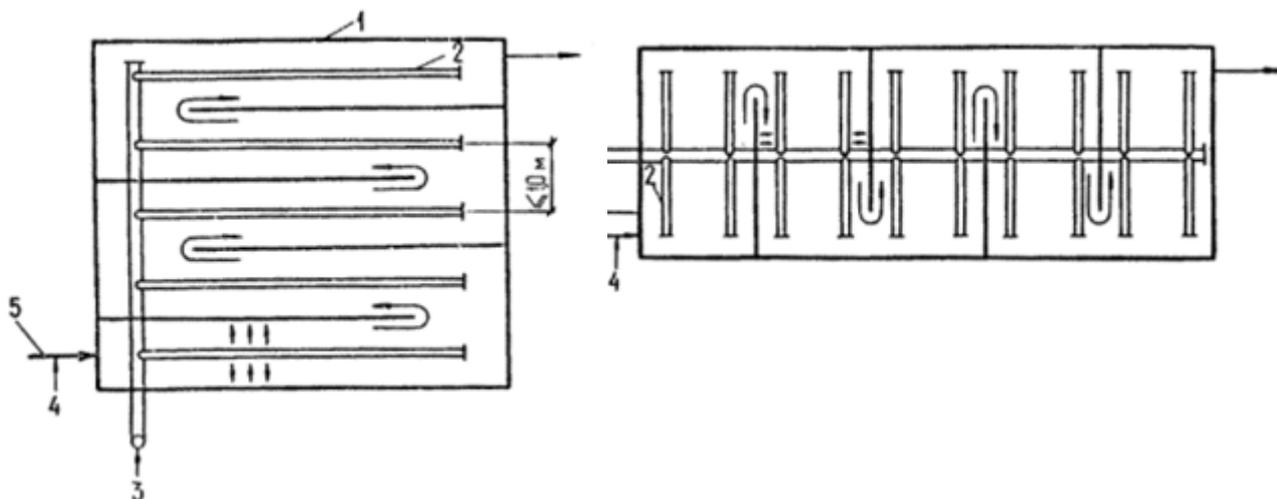


Рисунок 5.3 – Трубчатые аэраторы:

1 – корпус смесителя; 2 – дырчатые ответвления для распределения воздуха; 3 – магистраль (коллектор) для подачи воздуха; 4 – подача коагулянта; 5 – подача воды

Методика пробной обработки воды коагулянтом с применением аэрирования заключается в следующем.

Испытуемую воду наливают в ряд цилиндров вместимостью 500 мл. Дозы коагулянта в цилиндрах такие же, как и в опытах без аэрирования, с интервалом 10 мг/л. После добавления коагулянта производят перемешивание воды в цилиндрах в течение 8 – 10 с, затем осуществляют аэрирование. Расход воздуха варьируют в пределах 10 – 40 % объема воды с интервалом 5 %. Вначале во все цилиндры вводят 10 % воздуха, затем 15 % и т. д. Продолжительность аэрирования составляет 6 – 8 с. После аэрирования производят быстрое смешение содержимого в цилиндрах палочкой с резиновым наконечником в течение 5 с, а затем – медленное, как в опыте без аэрирования.

В цилиндрах воду отстаивают в течение 30 мин и одновременно ведут визуальное наблюдение за эффектом хлопьеобразования, агломерации и осаждения хлопьев.

5.2.2 Аэрационные системы

Основные затраты на биологическую очистку стоков (в аэротенках) приходится на электроэнергию. Заработная плата, ремонт оборудования, расходы на содержание зданий компрессорной, как правило значительно меньше этих затрат. Высокий расход электроэнергии обусловлен большим расходом воздуха на аэрацию. Уменьшение расхода воздуха на 1 куб.м стоков – наиболее эффективный путь снижения себестоимости очистки. Добиться этого с помощью чисто технических решений, путем установки эффективных систем решающие основные задачи аэрации смеси сточной воды и активного ила.

Все известные системы аэрации, которые применяются в любых конструкциях аэротенков должны решать две основные задачи: исключить дефицит кислорода и исключить выпадение активного ила в зоне аэрации.

Аэрация бывает безнапорная и напорная.

Безнапорная – в открытой ёмкости. У метода множество преимуществ, таких, как простота и дешевизна, основной недостаток метода — большие габариты.

Напорная – применяется в комбинации с компрессорами. Аэрация проводится в закрытой ёмкости под давлением, созданным первоначальным нагнетанием воды и компрессором.

Система аэрации глубинно-напорного типа основана на подаче в аэротенк воздуха увлекаемыми струями воды за счет эжекции (разряжения) воздуха в диффузоре аэратора. При этом забор смеси активного ила и сточной жидкости производится непосредственно из аэротенка специальными иловыми насосами с относительно низкой частотой вращения электродвигателя, что позволяет

исключить разрушение структуры хлопьев активного ила.

Насыщение воздухом воды происходит в аэраторе расположенном над поверхностью воды, после чего водо-воздушная смесь подается по трубопроводу в самый низ аэротенка под определенным углом создавая необходимое направление движения жидкости в аэротенке.

Поток энергии образуемый при вовлечении водо-воздушной смеси на дно аэротенка и работа потоконаправляющих мешалок позволяет не только создать объемное перемешивание, но и предотвращает быстрый подъем пузырьков воздуха на поверхность воды, в результате они поднимаются на поверхность слегка горизонтально, таким образом, увеличивается время контакта воды и воздуха.

Блок глубинно-напорной аэрации состоит из:

1. основного рабочего агрегата – погруженного насоса с высоким КПД и низкими энергозатратами на перекачку большого количества жидкости;
2. напорных аэраторов – не менее 4 шт.;
3. глубинных трубопроводом направления потока;
4. потоконаправляющих мешалок.

Учитывая данные исследований по работе системы глубинно-напорной аэрации коэффициент использования массопереноса увеличивается в 1,1–1,25 раза (по сравнению с пневматической системой аэрации) и достигает средняя эффективность работы по растворению кислорода КПД = 40–50%.

5.2.3 Современные аэрационные системы производства «Экотон» и «Экополимер»

Конструктивно аэратор АПКВ представляет собой две вложенные друг в друга трубы с воздушным зазором между ними (рис. 5.4). Наружная волокнисто-пористая труба (диспергатор) изготавливается из полиэтилена высокого давления (ПВД), наносимого методом пневмоэкструзии. Внутренняя перфорированная труба изготавливается из полиэтилена низкого давления (ПНД) или ПВХ. Зазор между ними поддерживается поперечными кольцевыми вставками. Для крепления аэраторов в аэрационную плеть, на торцах аэраторов предусмотрены присоединительные полиэтиленовые муфты с внутренней и наружной резьбой. При необходимости присоединения плети аэраторов к стальному воздухоподводящему стояку, предусмотрен приварной стальной патрубков. По требованию заказчика аэраторы могут изготавливаться с наружным диаметром в пределах от 75 до 220 мм, а также без диспергатора. По

внутренней перфорированной трубке подается воздух, который проникает в пространство между трубками через отверстия. В межтрубном пространстве воздух равномерно распределяется по всей длине аэрационной плети, и далее через диспергатор поступает в обрабатываемую жидкость в виде мельчайших пузырьков воздуха.



Рисунок 5.4 – Аэрационная система АПКФ «Экотон»

Аэраторы АКВА-ПРО-М производства «Экополимер» (рис 5.5) отличаются наличием жёсткого ребристого каркаса, обладают высочайшими прочностными характеристиками. Устойчиво работают в тяжёлых условиях эксплуатации – при обработке любых типов промстоков, при перебоях в подаче воздуха, при значительных колебаниях в расходах сточной воды и воздуха.



Основные параметры: аэратора АКВА-ПРО-М

Наименование параметра	Величина
Длина аэратора, мм	до 2000 мм
Наружный диаметр аэратора, мм	128±2 мм.
Внутренний диаметр опорной трубы, мм	88 мм.
Стандартная эффективность переноса кислорода (SOTE) при глубине погружения 4 м, %	22-24
Рабочий расход воздуха на 1 м аэратора, м ³ /ч	5-25
Потери давления, кПа	1,8-3,0

Рисунок 5.5 – Аэратор АКВА-ПРО-М

Аэраторы АКВА-ТОР-Н (рис. 5.6) оснащены новыми высокотехнологичными мембранами, которые существенно повышают насыщение сточных вод кислородом. Форма аэратора способствует интенсивному перемешиванию ила за счёт дополнительного эрлифтного эффекта.



Основные параметры аэратора АКВА-ТОР-Н

Наименование параметра	Величина
Наружный диаметр, мм	420
Рабочий расход воздуха, м ³ /ч	8-16
Максимальный расход воздуха, м ³ /ч	24
Рабочий диапазон температур, °С	0-80

Рисунок 5.6 – Аэратор АКВА-ТОР-Н

5.3 Очистка сточных вод с помощью мембранных модулей

Мембраны, как и другие фильтрующие материалы, можно рассматривать как полупроницаемые среды: они пропускают воду, но не пропускают, точнее, хуже пропускают некоторые примеси. Однако если обычное фильтрование применяют для удаления из воды относительно крупных образований – дисперсных и крупных коллоидных примесей, то мембранные технологии – для извлечения мелких коллоидных частиц, а также растворенных соединений. Для этого мембраны должны иметь поры очень малого размера.

Основное отличие мембран от обычных фильтрующих сред состоит в том, что они тонкие, и удаляемые примеси задерживаются не в объеме, а только на поверхности мембраны. Грязеемкость поверхности, очевидно, гораздо меньше, чем у объема. Казалось бы, мембрана должна из-за этого очень быстро засориться и перестать пропускать воду. Так бы оно и было, если бы в мембранном фильтре не происходило постоянного самоочищения мембраны.

Контрольные вопросы

1. Дренажно-распределительная система НПФ «Экополимер» и «Экотон».
2. Аэрирование как средство интенсификации процесса коагуляции природных вод.
3. Трубчатые аэраторы.
4. Биоплато для очистки природных вод, эффективность работы «Биоплато».
5. Схема комплекса очистки природных вод «Биоплато», эффективность работы его.

Тесты для самоконтроля

1. В каком из сооружений фильтрование, в основном, пленочное?
А) Скорые фильтры; Б) Медленные фильтры; В) Контактные осветители.
2. В каком из сооружений фильтрование, в основном, объемное?
А) Скорые фильтры; Б) Медленные фильтры; В) Контактные осветители.
3. По истечению времени защитного действия загрузки происходят
А) Ухудшение качества фильтра; Б) Улучшение качества фильтра;
В) Потери напора недопустимо велики.
4. При увеличении эквивалентного диаметра зерен загрузки происходит
 T_3 – время защитного действия загрузки
 T_H – время достижения предельно допустимого напора
А) Увеличение T_3 Б) Снижение T_3 В) Увеличение T_H Г) Снижение T_H
5. При увеличении высоты слоя загрузки происходит
А) Увеличение T_3 Б) Снижение T_3 В) Увеличение T_H Г) Снижение T_H
6. При увеличении мутности исходной воды происходит
А) Увеличение T_3 Б) Снижение T_3 В) Увеличение T_H Г) Снижение T_H
7. При увеличении скорости фильтрования происходит
А) Увеличение T_3 Б) Снижение T_3 В) Увеличение T_H Г) Снижение T_H
8. При вводе флокулянтов перед фильтрами происходит
А) Увеличение T_3 Б) Снижение T_3 В) Увеличение T_H Г) Снижение T_H
9. Загрузка какой крупности (мм) применяется для скорых фильтров хозяйственного водоснабжения при осветлении воды?
А) 0,1-0,5; Б) 0,5-2,0; В) 1,0-3,0; Г) 2,0-5,0.
10. Какой из видов загрузки считается более эффективным?
А) Кварцевый песок; Б) Антрацит; В) Керамзит.
11. С увеличением загрузки фильтров высота слоя должна быть
А) Увеличена; Б) Уменьшена; В) Оставлена прежней.
12. В какой размерности обычно выражают скорость фильтрования?
А) см/с; Б) см/ч; В) м/с; Г) м/ч.
13. В какой размерности обычно выражают интенсивность промывки?
А) см/с; Б) см/ч; В) м/с; Г) м/ч.
14. Какой из типов дренажей наименее надежен?
А) Трубчатый гравийный; Б) Колпачковый;

- В) Щелевой; Г) Полимер-бетонный.
15. Какой из типов дренажей самый дешевый?
 А) Трубчатый гравийный; Б) Колпачковый;
 В) Щелевой; Г) Полимер-бетонный.
16. Какой из типов дренажей самый дорогой?
 А) Трубчатый гравийный; Б) Колпачковый;
 В) Щелевой; Г) Полимер-бетонный.
17. Интенсивность водяной промывки фильтров с кварцевой загрузкой (л/с·м²) находится в пределах
 А) 8 – 12; Б) 12 – 18; В) 18 – 22.
18. Площадь фильтра с кварцевой загрузкой 100 м². Каков должен быть расход промывной воды?
 А) 500 – 600; Б) 800 – 1000; В) 1200 – 1700; Г) 1900 – 2100.
19. В каком из способов промывки требуется наибольший объем промывной воды?
 А) Водная; Б) Водовоздушная; В) Поверхностная; Г) Чередующаяся.
20. В каком из способов промывки требуется наименьший объем промывной воды?
 А) Водная; Б) Водовоздушная; В) Поверхностная; Г) Чередующаяся.
21. Какие из способов промывки наиболее сложны при эксплуатации?
 А) Водная; Б) Водовоздушная; В) Поверхностная; Г) Чередующаяся.
22. Какие из способов промывки требуют наиболее сложную конструкцию фильтра?
 А) Водная; Б) Водовоздушная; В) Поверхностная; Г) Чередующаяся.
23. Какие из способов промывки обеспечивают перемешивание загрузки?
 А) Водная; Б) Водовоздушная; В) Поверхностная; Г) Чередующаяся.
24. Какие системы отвода промывной воды применяют чаще при водяной промывке?
 А) Желоба; Б) Горизонтального отвода; В) Пористая стенка.
25. Какие системы отвода промывной воды применяют чаще при водовоздушной промывке?
 А) Желоба; Б) Горизонтального отвода; В) Пористая стенка.
26. Фильтр имеет кварцевую загрузку высотой 1 м, промывается водой. На каком расстоянии (м) от верха загрузки должна находиться корма желоба?

- утечки на внутренних присоединениях, при отсутствии на них водосчетчиков или при недостаточной чувствительности водосчетчиков;
- утечки из водоразборных колонок;
- утечки при авариях и при разрывах труб в результате замерзания или повреждения;
- хищение воды

Вода, учтенная измерительными приборами, но израсходованная бесполезно

- потери воды на внутренних присоединениях и сетях при неисправности санитарных приборов;
- нерациональные расходы воды промышленными предприятиями (использование воды для производственных целей без ее оборота и др.).

Борьба с утечками и потерями воды предусматривает:

1. Организацию учета воды как поданной в сеть, так и реализованной потребителям. Сюда относится правильное ведение водосчетного хозяйства, ремонт и проверка приборов учета, наладка работы абонентного отдела, учет расхода воды при отсутствии водосчетчиков и т. д.

2. Выявление и ликвидацию фактических утечек и потерь воды из водопроводной сети, а также принятие мер для предупреждения утечек и непроизводительных потерь воды.

Безводомерный учет воды

В случае отсутствия приборов учета воды или при их неисправности учет поданной и реализованной воды ведется следующим образом:

- на насосных станциях – по числу часов работы насосов и их производительности;
- у абонентов – по нормам водопотребления.

При учете количества поданной воды по числу часов работы насосов необходимо особо тщательное ведение журнала на насосной станции с указанием времени включения и выключения каждого насоса.

Для обеспечения точности учета воды необходимо не реже одного раза в год производить проверку производительности насосов.

Проверка осуществляется:

- объемным способом;
- солевым способом;
- по потребляемой мощности электродвигателей и т.д.

Определение производительности насоса (или группы насосов) объемным способом производится путем измерения времени наполнения или

опорожнения резервуара при работе каждого насоса в отдельности и при их различных сочетаниях.

Работа производится в следующем порядке:

- отключаются все насосы, как подающие воду в резервуар, так и забирающие ее;
- по рейке фиксируется уровень воды в резервуаре, по часам – время начала измерения;
- в работу включается испытуемый насос (или группа насосов). Работа продолжается 1,5 – 2 ч;
- по истечении установленного времени испытуемый насос (или группа насосов) выключается из работы. По рейке фиксируется новый уровень воды в резервуаре;
- подсчитывается объем воды, поступившей в резервуар за время испытания.

Производительность насоса определяется по формуле:

$$q = \frac{Q}{t} \quad (6.1)$$

где Q – объем воды, поступившей в резервуар за время испытания, м³;

t – время испытания, ч.

Необходимо учитывать, что в случае одновременной работы двух насосов в одну и ту же линию общая подача их не равна суммарной производительности обоих насосов, а будет значительно меньше. Поэтому для правильного определения суммарной подачи воды для каждой группы насосов она должна быть проверена указанным выше объемным способом.

Солевой способ определения производительности насосов основан на определении степени разбавления в насосе концентрированного раствора поваренной соли.

Работа ведется в следующем порядке:

- на всасывающей линии насоса делается приспособление для присоединения шланга, служащего для ввода в трубопровод солевого раствора, шланг хорошо промывается и присоединяется ко всасывающему трубопроводу;
- в емкости объемом 10 л готовится крепкий раствор поваренной соли (1–1,5 кг на 10 л воды). Полученный раствор вымеряется по объему, перемешивается, после чего производится определение в нем хлоридов. Содержание хлоридов в растворе соли определяется после разбавления пробы в 200 раз;

- с целью исключения ошибки анализ повторяется дважды для получения сходных результатов;
- свободный конец шланга погружается в десятилитровую емкость с чистой водой, при этом под действием вакуума вода засасывается к насосу и еще раз промывает шланг;
- через 5 – 6 мин после промывки шланга производится 2 – 3 кратное определение хлоридов в подаваемой воде (после насоса) до получения сходных результатов;
- свободный конец шланга переносится в емкость с готовым раствором соли. Под действием вакуума солевой раствор засасывается к насосу. Одновременно с помощью секундомера фиксируется время сработки вымеренного объема раствора;
- на протяжении всего периода впуска раствора в насос в напорной линии с интервалами 20 – 30 с берутся пробы воды (5 – 7 проб), в которых определяется содержание хлоридов. В основу дальнейшего расчета принимаются анализы с наибольшей схожестью.

Все анализы на содержание хлоридов производятся титрованием азотнокислым серебром в присутствии двуххромовокислого калия;

Расчет производительности насоса Q в л/сек ведется по формуле проф. С. Х. Азерьера:

$$Q = (Aq) : (B-b)T \quad (6.2)$$

где A – содержание хлоридов в растворе соли, мг/л;

B – содержание хлоридов в пробе воды за насосом;

b – содержание хлоридов в подаваемой воде до ввода солевого раствора;

q – количество введенного раствора в л за время T в сек.

Проверка производительности насосов по потребляемой мощности электродвигателей рекомендуется для средне- и высоконапорных насосов; проверка дает погрешность в пределах 5 – 7%. Этот способ удобен для определения количества подаваемой воды при разных режимах работы насосов.

Расчет полезной мощности электродвигателя $N_{\text{пол}}$ в квт ведется по формуле:

$$N_{\text{пол}} = \frac{QH}{102\eta} \quad (6.3)$$

где Q – производительность насоса, м³/ч;

H – полный напор, определяемый по манометру и вакуумметру, м;

η – коэффициент полезного действия агрегата;

102 – переводной коэффициент.

Меры борьбы с утечками на водопроводной сети

Для обеспечения бесперебойной работы водопроводной сети и борьбы с утечками воды необходимо соблюдение следующих условий:

Сеть должна быть закольцована, тупиковые линии могут сохраняться только в виде исключения;

На сети должны быть установлены в необходимом количестве:

- задвижки для выделения отдельных участков сети на время ремонта или при повреждении. Они устанавливаются в колодцах, желательна установка на пересечении линий. К задвижкам должен быть обеспечен свободный доступ;
- вантузы, служащие для выпуска воздуха из сети. Они устанавливаются на самых высоких точках сети, а также в верхних точках профиля труб;
- предохранительные клапаны для предотвращения гидравлических ударов в сети;
- на водоводах при наличии стальных труб должны быть врезаны специальные штуцера для измерения давления. На сети должны быть установлены пожарные гидранты на расстоянии один от другого, не превышающем 100 м;
- водопроводная сеть и вся сетевая арматура должны содержаться в образцовом техническом и санитарном состоянии.

Меры борьбы с хищениями воды

Хищения воды могут происходить главным образом через задвижки на обводных линиях и через гидранты на заводских территориях, поставленные на транзитных линиях.

Хищения воды могут иметь место при самовольном присоединении абонентов.

Основными мероприятиями по борьбе с хищениями воды является усиление надзора за сетью. Все задвижки на обводных линиях и прочие устройства, через которые может осуществляться хищение воды, должны быть в обязательном порядке опломбированы.

Все пожарные гидранты, состоящие на транзитных городских магистралях, проходящих по территории абонента, должны быть опломбированы.

При срыве пломбы на задвижке или гидранте с абонента должна взиматься плата за воду не по водосчетчику, а по пропускной способности трубопровода при работе его полным сечением при имеющемся напоре в сети.

Для определения количества воды Q , похищенной при самовольном открытии задвижки, пользуются формулой:

$$Q = \mu F \sqrt{2gH} \quad (6.4)$$

где μ – коэффициент расхода воды через задвижку, равный 0,60;

F – площадь сечения задвижки в m^2 ;

g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек;

H – напор воды, определяемый манометром, в м.

Меры уменьшения неучтенных расходов воды

Имеются расходы воды, совершенно необходимые и рациональные, но не учитываемые водопроводными хозяйствами в связи со сложностью их учета. К таким относятся расходы на пожаротушение, на испытание пожарных гидрантов, на пожарные учения.

Все эти расходы не оплачиваются потребителем, но они должны учитываться и приниматься во внимание при подведении итогов работы водопровода за месяц.

Привлечение внимания работников водопроводов и широкой общественности ко всем вопросам борьбы с потерями воды позволит правильно организовать борьбу с непроизводительными расходами воды, значительно улучшить эксплуатацию водопровода, а также обеспечить увеличение подачи воды населению наших городов.

6.2 Способы экономии воды

Учет воды должен быть поквартирным, поскольку именно в этом случае начинают работать психологические факторы. Если же такого учета нет, то водопотребление резко возрастает. Не дают нужный эффект счетчики воды на вводах в дома. Так, в Одессе после массовой установки квартирных счетчиков воды за 10 лет подача воды в город уменьшилась на 35 – 45 %.

Повышение тарифов на воду

Это наименее популярная, но очень действенная мера, судя по опыту Европейских стран.

Снижение напоров в сети

В многоэтажных домах это особенно важно. Так, в десятиэтажном доме разница давлений в верхнем и нижнем этажах составляет 35 – 40 м. Выход из положения – это установка поэтажных регуляторов напора. Требуемое при этом некоторое увеличение капиталовложений компенсируется заметным снижением водопотребления. Так, по данным НИИ КВОВ снижение напора на 10 м обеспечивает экономию воды на 5 – 8 %.

Регулятор давления

Редуктор давления воды – прибор, который стабилизирует и уменьшает давление в водопроводной сети, защищая тем самым от высокого давления и гидроудара как сам трубопровод, так и подключённое к нему бытовое оборудование. Редуктор давления представляет собой компактное устройство в герметичном металлическом корпусе, имеющем два резьбовых отверстия на входе и выходе. Иногда для удобства подключают манометр и винт для регулировки давления.

Редуктора бывают мембранного и поршневого типа (рис. 6.1 и 6.2)

Работа такого редуктора построена на принципе выравнивания усилий *диафрагмы* и *настроечной пружины*. При открытии крана в водопроводе выходное давление редуктора уменьшается, что приводит к снижению давления на диафрагму. Усилие пружины при этом оказывается большим, и, выравнивая его, она одновременно открывает рабочий клапан до тех пор, пока рабочее давление на выходе не станет равным заданному значению. При этом давление на входе редуктора, а также его скачки никак не влияют на открытие или закрытие клапана. Установленный на входную трубу редуктор понижает до нужного уровня и стабилизирует давление во всей системе водопровода дома или квартиры.



Рисунок 6.1 – Редуктор давления мембранный

поддерживает заданное давление на выходе независимо от скачков давления в сети, мембранный редуктор менее восприимчивым к качеству воды и более надежным, чем регуляторы давления поршневого типа.



Рисунок 6.2 – Поршневой редуктор давления

используется в сетях горячего и холодного водоснабжения, давление на выходе прибора поддерживается на уровне не выше настроечного значения.

Технические характеристики (рис. 6.1):
Номинальное давление на входе - 25 бар;
Диапазон регулирования давления на выходе - от 0,5 до 7 бар;
Заводская настройка - 3 бара.

Технические характеристики (рис. 6.2):
Номинальное давление на входе - 25 бар;
Диапазон регулирования давления - от 1 до 4 бар;
Заводская настройка - 2 бара;

Использование водосберегающей арматуры

Эта арматура дороже обычной, однако, по данным фирм – производителей, она обеспечивает экономию 20 – 30 % воды, что позволяет гарантировать окупаемость системы за достаточно короткий срок.

Схема оборотного водоснабжения жилого дома

Сравнительно новым, но весьма эффективным способом экономии воды является повторное ее использование в жилых домах, дело в том, что значительная часть водопотребления – это смывные бачки (до 40% общего расхода), для которых не нужна дорогая питьевая вода. Здесь могут быть использованы, так называемые, «серые» стоки – это не очень загрязненная вода после умывальников, душей (ванн).

При оборотном водоснабжении понадобятся дополнительные сети.

1. Сбор «серых» стоков от умывальников и ванн (K01).
2. Подача очищенной воды в смывные бачки (B01).

Кроме того, нужно дополнительное оборудование – установка очистки сточных вод K01.

Стоки из системы K01 нуждаются в очистке от крупной взвеси, волос и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), поскольку они могут забивать отверстия маленького диаметра в смывных бачках, а СПАВы – давать отложения на поверхности унитазов или в трубах. Кроме того, воду в системе B01 нужно постоянно или периодически обеззараживать. Технологическая схема очистной установки приведена на рисунке 6.3.

Работает установка следующим образом: сточная вода из системы K01, пройдя сетчатый фильтр (волосоулавливатель) 1, поступает в бак – накопитель сточной воды 2, затем перекачивается в сорбционный фильтр 3, а оттуда – в бак – накопитель очищенной воды 4. Затем вода по мере необходимости перекачивается в систему B01, питающую смывные бачки. Периодически система очистки и сеть B01 обеззараживается.

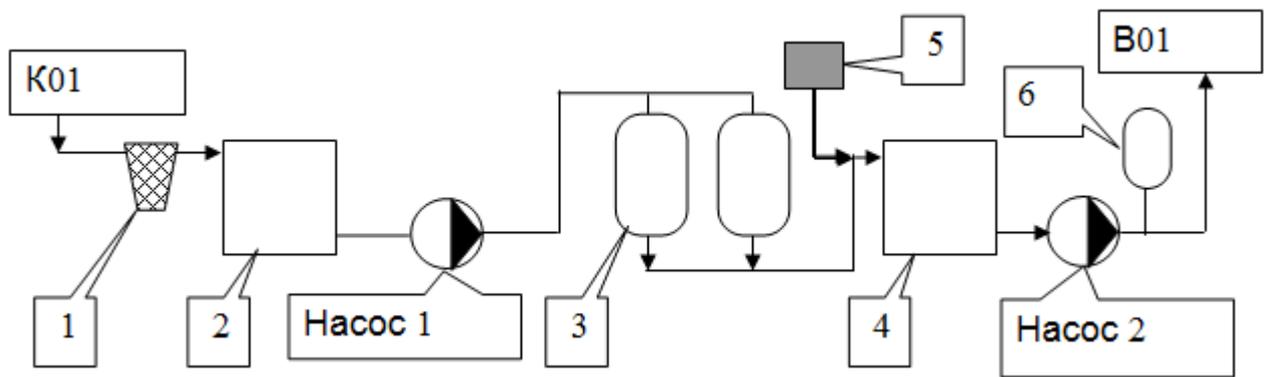


Рисунок 6.3 – Схема оборотного водоснабжения:

1 – сетчатый фильтр – волосоуловитель; 2 – бак – накопитель сточной воды; 3 – сорбционный фильтр, либо ультрафильтрационный модуль; 4 – бак – накопитель очищенной воды; 5 – блок обеззараживания; 6 – мембранный бак.

Дополнительные преимущества:

- с точки зрения экологии – сокращается забор воды из источника и уменьшается сброс сточных вод в водоемы;
- снижается стоимость водозаборных, очистных сооружений, систем подачи и распределения воды, а также их эксплуатации.
- уменьшается нагрузка на канализационные и водопроводные сети.

Результаты внедрения оборотной системы

- 9-ти этажный жилой дом, 144 квартиры, г. Ильичевск;
- годовая экономия в доме – 187 тыс. грн на дом или 1300 грн на квартиру;
- срок окупаемости – 1,7 года.

6.3 Гидравлические испытания водопроводных сетей

Гидравлические испытания уложенного трубопровода производится два раза: предварительное – до установки линейной арматуры и засыпки труб и окончательное – после засыпки трубопровода.

Допускаемые величины утечек на напорных трубопроводах при их гидравлическом испытании не должны выходить за пределы, указанные в таблице 6.1.

Давление в трубах при гидравлическом испытании быть:

- для чугунных труб – рабочее давление +5 атм, но не менее 10 атм;
- для стальных труб – рабочее давление $N \times 1,25$, но не менее 10 атм;
- для напорных железобетонных труб – рабочее давление +3 атм.

Таблица 6.1 – Допустимые величины утечек на напорных трубопроводах при испытаниях

Внутренний диаметр трубопровода, мм	Допускаемая величина утечек на участок длиной 1 км, л/мин			
	при испытательном давлении			при рабочем давлении
	Трубы			
	стальные	чугунные	асбестоцементные	железобетонные
100	0,28	0,7	1,4	-
125	0,35	0,9	1,56	-
150	0,42	1,05	1,72	-
200	0,56	1,40	1,98	-
250	0,70	1,55	2,22	-
300	0,85	1,70	2,42	-
400	1,0	1,95	2,80	-
450	1,05	2,10	2,96	-
500	1,10	2,20	3,14	3,20
600	1,20	2,40	3,44	3,40
700	1,30	2,55	3,70	3,70
800	1,35	2,70	3,96	3,90
900	1,45	2,90	4,20	4,20
1000	1,50	3,00	4,42	4,40

6.4 Определение технологических потерь из водопроводной сети

К технологическим потерям воды относят:

- технологические расходы воды при ее транспортировке;
- потери и не учтенные расходы воды из системы подачи и распределения воды;
- расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды работников водопроводного хозяйства;
- расходы воды на содержание территории зон санитарной охраны и сооружений в надлежащем санитарном состоянии.

Технологические расходы на транспортирование воды включают расходы воды на водопроводных насосных станциях, на хлорирование и промывку водоводов, водопроводной сети и резервуаров чистой воды в сети согласно с Правилами технической эксплуатации систем водоснабжения и канализации населенных пунктов Украины, в т.ч. на хлорирование и промывку сети и водоводов после проведения ремонтных работ.

К технологическим расходам на вспомогательных объектах систем водоснабжения относятся такие расходы, как расходы воды на нужды лаборатории, мойку автомашин, включая спецавтотранспорт и др.

Эти расходы составляют 0,05% расхода воды, подаваемой в сеть.

Технологические потери на неучтенные расходы воды могут быть определены по формуле:

$$W=W_p+W_{н.р.}, \quad (6.5)$$

где W_p – норматив физических потерь при транспортировании воды к абонентам, м³/год;

$W_{н.р.}$ – норматив не учтенных расходов воды, потерянной предприятием при реализации и использовании воды на противопожарные мероприятия, м³/год.

Потери воды в системе водоснабжения определяют по формуле:

$$W_B=W_1+W_2+W_3+W_4, \quad (6.6)$$

где W_1 – расходы воды из-за повреждения водоводов и водопроводной сети, при которых вода выходит на поверхность земли из-за разрывов труб, разгерметизации стыков или коррозионных повреждений труб, а также через скрытые утечки;

W_2 – потери воды через опорожнение труб для проведения различных ремонтных работ;

W_3 – утечки из водоразборных колонок;

W_4 – утечки из резервуаров на распределительной сети.

Неучтенные расходы воды из системы водоснабжения определяют по формуле:

$$W_{н.р.}=W_5+W_6+W_7, \quad (6.7)$$

где W_5 – недоучет воды счетчиками потребителей через их нечувствительность к малым расходам воды (например, в ночные часы) и из-за ухудшения метрологических характеристик счетчиков воды в процессе эксплуатации;

W_6 – противопожарные расходы воды (на тушение пожаров, пожарные учения, проверку действия гидрантов);

W_7 – коммерческие потери предприятия.

Расходы воды на поддержание зон санитарной охраны и сооружений водоснабжения рассчитывают согласно площади твердых покрытий и зеленых насаждений за нормами ДБН В.2.5-74:2013.

В таблице 6.2 приведены средние статистические технологические расходы воды в системе коммунального и промышленного водоснабжения г. Харькова.

Таблица 6.2 – Технологические расходы

№ п/п	Наименование технологических расходов	Расходы и потери воды из системы водоснабжения от объема воды, подаваемой в сеть, %
1.	Технологические расходы воды:	
1.1	– на подъем	0,29
1.2	– на транспортирование воды	1,9
1.3	– вспомогательные объекты	0,06
	Всего:	2,25
2.	Потери воды из системы водоснабжения	
2.1	– через повреждения трубопроводов	29,3
2.2	– через опорожнения труб для ремонта	0,08
2.3	– из водоразборных колонок	1,22
2.4	– из резервуаров	0,07
	Всего:	30,67
3.	Не учтенные расходы воды из системы водоснабжения	
3.1	– на приборах учета	3,75
3.2	– на противопожарные цели	0,13
3.3	– коммерческие потери	1,0
	Всего:	4,88
4.	Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды сотрудников водопровода	0,07
5.	Расходы воды на содержание ЗСО	0,12
6.	Итого:	37,99

Таким образом, технологические расходы питьевой воды в системе водоснабжения г. Харькова составляют 379,9 м³ на каждую тысячу куб. метров, воды подаваемой в город.

Контрольные вопросы:

1. Классификация утечек.
2. Борьба с утечками и потерями воды.
3. Безводомерный учет воды.

4. Меры борьбы с утечками на водопроводной сети.
5. Подготовка водопроводной сети к зиме.
6. Меры борьбы с хищениями воды.
7. Меры уменьшения неучтенных расходов воды.
8. Гидравлические испытания водопроводных сетей.
9. Обратная система водоснабжения жилого здания.

Тесты для самоконтроля

1. Укажите формулу, по которой определяют производительность насоса при объемном способе?

А) $q = \frac{Q}{t}$; Б) $Q = (Aq : B - b)T$; В) $Q = \frac{102N\eta}{H}$.

2. Определение производительности насоса объемным способом определяется в следующем порядке

А) В работу включается испытуемый насос (или группа насосов). Работа продолжается 1,5 – 2 ч;

Б) Подсчитывается объем воды, поступившей в резервуар за время испытания;

В) По рейке фиксируется уровень воды в резервуаре, по часам – время начала измерения;

Г) По истечении установленного времени испытуемый насос (или группа насосов) выключается из работы. По рейке фиксируется новый уровень воды в резервуаре;

Д) Отключаются все насосы, как подающие воду в резервуар, так и забирающие ее.

3. Согласно данным НИИ КВОВ снижение напора на 10 м обеспечивает экономию воды на

А) 1 – 2 %; Б) 5 – 8 %; В) 6 – 9 %.

4. Редуктор давления воды – это

А) прибор, который увеличивает давление водопроводной сети;

Б) прибор защиты водопроводной сети от гидроудара;

В) прибор, который стабилизирует и уменьшает давление в водопроводной сети, защищая тем самым от высокого давления и гидроудара как сам трубопровод, так и подключённое к нему бытовое оборудование.

5. Какой тип редуктора поддерживает давление на выходе от 0,5 до 7 бар?

А) Мембранный;

Б) Поршневой.

6. По какой формуле определяют потери воды в системе водоснабжения?

А) $W_{н.р.} = W_5 + W_6 + W_7$; Б) $W_{в.} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$; В) $W = W_{п.} + W_{н.р.}$;

Тема 7 Пути ресурсосбережения в системах водоотведения.

7.1 Основные правила пользования системами централизованного коммунального водоснабжения и водоотведения в населенных пунктах Украины

Правила пользования системами централизованного коммунального водоснабжения и водоотведения в населенных пунктах Украины (Приказ Министерства по вопросам жилищно-коммунального хозяйства Украины от 27.06.08 г. N 190)

7.1.1 Общие положения

- производитель обслуживает уличные, квартальные и дворовые сети водоснабжения и водоотведения, сооружения и оборудование, а также технологические приборы и устройства на них, которые находятся у него на балансе;
- прием сточных вод от предприятий, учреждений, организаций к системе централизованного водоотведения осуществляется в соответствии с правилами приема сточных вод предприятий в коммунальные и ведомственные системы канализации населенных пунктов Украины;
- за состояние водопроводных сетей, которые проходят в технических подвалах и к которым присоединены внутридомовые сети, являются ответственными предприятия и организации, в которых они находятся на балансе;
- производитель отвечает за техническое состояние сетей горячего водоснабжения только в случае пребывания таких сетей у него на балансе;
- границей уличной сети водоотвода, которую обслуживает производитель, является контрольный колодец на ней включительно, а границей дворовой сети водоотвода – первый от дома колодец включительно;
- в случае отсутствия контрольного колодца на выпуске водоотведения чертой домовой сети является ее присоединения к уличной сети.

7.1.2 Договорные отношения

- договорные отношения относительно пользования системами централизованного коммунального водоснабжения и водоотведения осуществляются исключительно на договорных началах в соответствии с законами Украины «про питьевую воду и питьевое водоснабжение» и «про жилищно-коммунальные услуги»;
- расчеты за потребленную питьевую воду и сброс сточных вод осуществляются на основе показаний средств учета;

- водопользование считается безучетным, если потребитель самовольно присоединился к системам централизованного коммунального водоснабжения и водоотведения или самовольно пользуется ими;
- в случае безучетного водопользования производитель выполняет расчет расхода воды по пропускной способности трубы ввода при скорости движения воды в ней 2,0 м/сек и действием ее полным сечением в течение 24 часов за сутки.
- расчетный период при безучетном водопользовании устанавливается со дня начала такого пользования, если срок начала безучетного водопользования обнаружить невозможно, расчетный период составляет один месяц;
- потребители, которые передают объект централизованного водоснабжения и водоотведения на баланс новому балансодержателю или собственнику, должны в семидневный срок после передачи уведомить об этом производителя. новый балансодержатель также в семидневный срок после принятия объекта должен письменно уведомить изготовителя о принятии на себя обязательств относительно водопользования и водоотведения и оформления договора;
- плата за воду, которая используется на полив дворов, улиц, зеленых насаждений, газонов, уборку общественных и дворовых туалетов и т.д, оплачивается потребителями в соответствии с показаниями средств учета воды или норм водопотребления;
- объем питьевой воды, поданной в тепловых пунктах (котельных), фиксируется средствами учета, установленным на границе балансовой принадлежности;
- потребители, имеющие собственные водозаборы и сбрасывают сточные воды к сетям централизованного водоотведения, при отсутствии приборов учета сточных вод подают производителю данные о объеме и показатели качества сточных вод согласно условиям договора;
- вода, используемая на полив улиц и зеленых насаждений населенных пунктов, заполнение водоемов и заливку катков, в расчетах за сточные воды не учитывается при наличии средства учета на водопроводном трубопроводе, который подает воду на эти нужды;
- для присоединения к системам централизованного водоснабжения и водоотведения заказчику необходимо получить технические условия;

- запрещается любое присоединение объектов водопотребления к действующим системам централизованного водоснабжения и водоотведения;
- подключение новых объектов к системам централизованного водоснабжения и водоотведения осуществляется при наличии проектов, разработанных и согласованных в соответствии с нормами проектирования и Правилами;

Срок рассмотрения представленной на согласование проектной документации и ее согласование, при условии отсутствия отклонений от технических условий присоединения и соответствующих нормативных документов, не может превышать пятнадцати рабочих дней со дня получения производителем;

Система учета водоснабжения и водоотведения

Необходимо уделять должное внимание учету воды в системах водоснабжения и водоотведения как важной составляющей ресурсосберегающих технологий, а именно:

- оборудованию узла учета (осуществляется за счет потребителей);
- установке средств учета;
- средствам учета в местах их присоединения к трубопроводам, которые должны быть опломбированы представителем производителя и защищены от несанкционированного вмешательства в их работу;
- Поверке, ремонту и обслуживанию средств учета, принадлежащих потребителям, потребитель отвечает за целостность и сохранность приборов учета, пломб и деталей пломбирования;

В случае снятия показаний средств учета представитель производителя обязан проверять целостность пломб на средствах учета, гидрантах, запорной арматуре и других водопроводных устройствах, находящихся в ведении потребителя, а также убедиться в отсутствии утечки воды в сети потребителя. Для контроля расхода воды у потребителей, не имеющих приборов учета, а также для проверки показаний установленных приборов учета производитель имеет право устанавливать на вводах контрольные средства учета. Продолжительность работы контрольных средств учета должен быть не менее чем 15 дней:

В случае отсутствия приборов учета сточных вод их учет осуществляется следующими методами:

- с помощью средств учета на водозаборах;

- по паспортной производительностью насосов на водозаборах;
- по паспортному дебиту всех скважин и проектной мощностью поверхностного водозабора.

В случае недостаточного давления в сети централизованного водоснабжения для снабжения водой верхних этажей домов по проекту, согласованным с производителем, предусматриваются насосы для повышения давления воды, а при постоянном избыточном давлении свыше 1 кг/см^2 – регуляторы давления "после себя". Насосные станции подкачки холодной воды и регуляторы давления, размещенные в жилых домах или пристройках к ним, находящихся на балансе потребителей и обслуживаются ими.

Уличные водоразборы (колонки) предназначены для коллективного водопользования. Место их установки определяется по предложению местных органов самоуправления и по согласованию производителя. Не разрешается возле водоразбора стирать белье, мыть автомашины, телеги, посуду, домашних животных, присоединять к водоразборным колонкам трубы и шланги, а также совершать другие действия, противоречащие санитарным требованиям.

Эксплуатация и ремонт водоразборов осуществляются производителем или потребителями, на балансе которых находятся эти водоразборы. Они обязаны:

- следить за состоянием водоразборов, целостностью их частей, придерживаться санитарных требований;
- не допускать нецелевого использования воды, образования луж и намерзания льда;
- сохранять неповрежденными водостоки и подступы к водоразборам;
- выполнять дезинфекцию и окраску приборов водоразбора в срок, определенный договором.

Использование питьевой воды из систем централизованного водоснабжения для охлаждения оборудования по прямоточной схеме запрещается. С этой целью должны устраиваться системы обратного водоснабжения.

7.1.4 Дворовые системы водоотведения

- Для приема сточных вод с внутридомовой сети водоотведения используются дворовые сети водоотведения, а для выпуска их в уличную сеть водоотведения – канализационные соединительные линии;
- Канализационные соединительные линии и дворовые сети водоотведения строятся потребителями за собственный счет;

- Местные станции перекачки сточных вод сооружаются в отдельном помещении подземного или наземного типа (в зависимости от глубины заложения сети водоотведения), территория которого должна быть ограждена. Машинный зал, резервуар и грабельное помещение, как правило, размещают в одном здании;
- Прием сточных вод от районов, в которых нет централизованной системы водоотведения, осуществляется через сливные станции.

7.1.5 Профилактика сетей водоотведения

Колодцы, установленные на сетях водоотведения, принадлежащих потребителям, должны быть всегда доступны для осмотра, свободны от завалов грунтом, строительным мусором и тому подобное. Запрещается оставлять колодцы с неплотно прикрытой, разбитыми или сдвинутыми с него люками, отверстиями в стенках колодцев. Зимой потребители обязаны очищать крышки колодцев от снега и льда.

К зимнему периоду потребители должны:

- ликвидировать все имеющиеся и скрытые утечки воды;
- заменить или отремонтировать аварийные участки трубопроводов и оборудования;
- отключить все временные водопроводные линии, оборудованные на летний период;
- защитить узел учета и подводящие к нему трубопроводы от замерзания, при этом необходимо обеспечить беспрепятственное снятие показаний средств учета;
- в холодных помещениях, где проложены водопроводные трубы, произвести их тепловую изоляцию, вставить стекла, отремонтировать двери и обеспечить их плотное закрытие;
- обеспечить ремонт дверей и исправную работу систем отопления на лестничных площадках, где проложены трубы, а там, где нет отопления, – достаточную тепловую изоляцию водопроводных труб;
- произвести достаточное утепление водонапорных баков и трубопроводов, проложенных на чердаках;
- обеспечить устройство двойных люков или утепление люков в водомерных камерах;
- обеспечить утепление пожарных гидрантов и обозначить место их расположения световыми показателями согласно ГОСТ 12.4.026-76* (действующий, с поправками согласно ДСТУ ISO 6309:2007).

7.2 Правила приема сточных вод потребителей в канализационную сеть г. Харькова

(Решение исполнительного комитета Харьковского городского совета от 08.09.2010 № 321)

7.2.1 Права и обязанности КП «Харьковводоканал» и Потребителей

КП «Харьковводоканал» имеет право:

- Контролировать качество, количество и режим сброса сточных вод Потребителей;
 - Осуществлять внезапный (в любое время суток), не согласованный с Потребителем заранее, отбор проб для контроля качества сбрасываемых сточных вод;
 - Требовать от Потребителей строительства локальных очистных сооружений при систематическом сбросе сверхнормативных загрязнений;
 - Запретить сброс сточных вод потребителей в канализационную сеть при угрозе выхода из строя сетей и нарушении технологического режима работы очистных сооружений по вине Потребителя;
 - Предъявлять Потребителям к оплате в установленном порядке расчетные документы.
 - КП «Харьковводоканал» обязан:
 - Обеспечить прием, отведение и очистку сточных вод Потребителя в соответствии с условиями заключенного Договора на услуги водоотведения;
 - Проводить отбор проб для химического анализа сточных вод Потребителей с целью определения соответствия фактических концентраций загрязняющих веществ в сточных водах Потребителей установленным допустимым концентрациям.
 - Потребители имеют право:
 - Проверять расчеты допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах своего предприятия и оспаривать их;
 - Выполнять анализы качества сточных вод своего предприятия в лабораториях, аттестованы в государственной метрологической системе.
- Потребители обязаны:
- Выполнять в полном объеме требования настоящих Правил и Договора на услуги водоотведения, оплачивать предоставленные услуги КП «Харьковводоканал» в 7-дневный срок после получения платежного документа или в 17-дневный срок со дня его отправления;

- Оплачивать начисления за сброс сверхнормативных загрязнений при нарушении установленных показателей ДК в 7-ми дневный срок после получения Потребителем платежного документа;
- Выполнять предварительную очистку загрязненных сточных вод на локальных очистных сооружениях с обязательной утилизацией или вывозом образованных при этом осадков, если сточные воды Потребителя не удовлетворяют требованиям Правил;
- Принимать участие в ликвидации аварий и замене аварийных сетей своими силами и средствами, а также в возмещении капитальных затрат на восстановление системы городской канализации в случае ухудшения технического состояния и аварийных разрушений системы городской канализации по вине Потребителя;
- Обеспечить в срок не позднее 30 минут с момента уведомления возможность проведения службами КП «Харьковводоканал» в любое время суток контрольного отбора пробы сточной воды, включая предоставление соответствующего персонала;
- Содержать контрольные колодцы в надлежащем состоянии, в случае необходимости огородить их и обеспечить доступ к ним (очищать колодцы от снега, льда и не загромождать мусором, строительными материалами, транспортом, и т.п.);
- По требованию КП «Харьковводоканал» реконструировать, разрабатывать и строить локальные очистные сооружения, установки по доведению качества сточных вод до установленных ДК, устанавливать приборы учета, контроля и регулирования сброса сточных вод.

7.2.2 Условия приема сточных вод потребителей в канализационную сеть:

- КП «Харьковводоканал» принимает сточные воды Потребителей в канализацию г. Харькова при условии, если канализационная сеть и очистные сооружения канализации имеют резерв пропускной способности;
- Подключение новых Потребителей к канализационной сети (или после реконструкции объектов) разрешается лишь при наличии проекта присоединения к канализационной сети г. Харькова, разработанного в соответствии с действующими нормами проектирования и согласованного с КП «Харьковводоканал» в установленном порядке;
- Неотъемлемой частью настоящего Договора являются Технические условия на прием сточных вод Потребителя в городскую

канализационную сеть (далее - Технические условия). В случае, если на момент заключения Договора Потребитель не имеет Технических условий, он, по договоренности с КП «Харьковводоканал», должен их получить и выполнить в сроки, которые оговариваются в Договоре;

- В Технических условиях фиксируется количество, состав и качество сточных вод, которые Потребитель имеет право сбрасывать в канализационную сеть, предусматривается обязательное оборудование на выпуске контрольного колодца (КК) и выполнения других условий и мероприятий, направленных на обеспечение безаварийной и безопасной работы системы водоотведения города;
- Объемы сточных вод, сбрасываемых Потребителем в городскую канализацию, определяются согласно «Правилам пользования системами централизованного коммунального водоснабжения и водоотвода в населенных пунктах Украины» с учетом данных Паспорта водного хозяйства;
- Контрольные колодцы, а также колодцы, установленные на канализационной сети Потребителя или на сети городской канализации, которая проходит через территорию Потребителя, должны всегда быть доступны для осмотра, свободны от завалов грунтом, строительным мусором. Запрещается оставлять колодцы с неплотно прикрытыми, разбитыми или со сдвинутыми крышками. Зимой крышки колодцев необходимо очищать от снега и льда. Место расположения колодцев должно быть обозначено специальными табличками с привязкой на местах. При исчезновении или поломке крышек колодцев Потребитель обязан установить новые;
- При проведении КП «Харьковводоканал» планово-предупредительных и других ремонтных работ на городских сетях водоотведения, а также работ по присоединению новых Потребителей, КП «Харьковводоканал» отключает Потребителей от городской сети канализации, заблаговременно предупредив их письменно или телефонограммой не менее чем за 5 суток до начала работ.
- Сточные воды, которые подлежат приему к городской канализационной сети не должны иметь:
 - температуру выше 40°;
 - рН ниже 6.5 или выше 9.0;
 - ХПК выше БПК₅ более чем в 2,5раза;не должны содержать:

- загрязняющие вещества с превышением допустимых концентраций;
- вещества, способные засорять трубы, колодцы, решетки или отлагаться на стенках труб, колодцев, поверхности решетки (строительный мусор, мочало, солому, пищевые и твердые производственные отходы, абразивные порошки и другие абразивные грубодисперсные взвеси, окалина, известь, песок, гипс, смола, мазут, канига, и тому подобное);
- вещества, оказывающие разрушающее действие на материал труб, элементы сооружений канализации и ядовитый влияние на работающий персонал, а именно:
 - горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси;
 - агрессивные газы с разрушающим коррозионным воздействием на канализационные сети и сооружения и опасные для жизни человека;
 - вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в воде водоемов рыбохозяйственного и других видов водопользования, а также вещества, для определения которых не разработаны методов аналитического контроля;
 - токсичные вещества, препятствующие биологической очистке сточных вод;
 - опасные бактериальные, вирусные, токсичные и радиоактивные загрязнения;
 - нерастворимые масла;
 - биологически жесткие синтетические поверхностно-активные вещества, которые трудно разрушаются;
 - только неорганические вещества или вещества, которые не поддаются биологическому разложению.
- Категорически запрещается сбрасывать в городскую канализационную сеть:
 - кислоты, растворители, растворы, вещества, содержащие или образующие при смешивании со сточными водами сероводород, сероуглерод, оксид углерода, цианистые соединения, летучие углеводороды и другие токсичные, горючие и взрывоопасные вещества (бензин, диэтиловый эфир, дихлорэтан, бензол и их производные, и тому подобное);
 - концентрированные маточные и кубовые растворы;
 - дренажные воды, конденсаты и нормативно-чистые производственные сточные воды;

- организованный сброс поверхностных (ливневых) вод с территорий промышленных предприятий;
 - осадки после локальных очистных сооружений;
 - грунт, строительный и бытовой мусор, отходы производства;
 - сверхлимитные (превышающие договорные) объемы сточных вод;
 - сточные воды, в которых содержатся радиоактивные, токсичные вещества, соли тяжелых металлов и бактериальные загрязнения, в том числе сточные воды инфекционных лечебных учреждений и отделений;
 - промышленные сточные воды, взаимодействие с которыми может привести к образованию эмульсий, токсичных или взрывоопасных газов, а также большого количества нерастворимых веществ;
- Потребители несут установленную законодательством ответственность за нарушение этих Правил и за аварийные ситуации, которые могут возникнуть на городских канализационных сетях и очистных сооружениях в результате сброса Потребителем в канализацию загрязнений, количественно и качественно не отвечают требованиям данных Правил.

7.2.3 Установление платы за сброс сточных вод в канализационную сеть

Размер платы за сброс сточных вод в городскую канализационную сеть (P_c) рассчитывается по формуле:

$$P_c = T \cdot V_{дог} + 5T V_{п.дог} + V_{ПЗ} K_K H_{П} \quad (7.1)$$

где T – тариф, установленный за предоставления услуг водоотведения Потребителям, грн/м³;

$V_{дог}$ – объем сброшенных Потребителем сточных вод в пределах, оговоренных Договором, м³;

$V_{п.дог}$ – объем сброшенных Потребителем сточных вод сверх объемов, обусловленных Договором, м³;

$V_{ПЗ}$ – объем сброшенных сточных вод со сверхнормативными загрязнениями, м³;

K_K – коэф. кратности, который учитывает уровень опасности сброшенных загрязнений для технологических процессов очищения сточных вод и экологического состояния водоема;

$H_{П}$ – установленный норматив платы за сброс сверхнормативных загрязнений в систему канализации города, грн/м³.

При установлении причастности Потребителя к загазованности коллекторов, которая может привести к разрушению канализационной сети и несет угрозу жизни и здоровью обслуживающего персонала, КП

«Харьковводоканал» устанавливает для него плату за сброс сверхнормативных загрязнений с коэффициентом кратности $K_k=5$ к устранению причин загазованности.

Контрольные вопросы

1. Общие положения правил пользования системами централизованного коммунального водоснабжения и водоотвода в населенных пунктах Украины.
2. Договорные отношения относительно пользования системами централизованного коммунального водоснабжения и водоотведения.
3. Система учета водоснабжения и водоотведения.
4. Дворовые системы водоотведения.
5. Профилактика сетей водоотведения.
6. Права и обязанности КП «Харьковводоканал» и Потребителей.

Тесты для самоконтроля

1. Какой температуры должны быть сточные воды, которые подлежат приему к городской канализационной сети?

- А) не ниже $60\text{ }^{\circ}\text{C}$; Б) не выше $40\text{ }^{\circ}\text{C}$; В) примерно $45 - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Верно ли утверждение, что в случае отсутствия контрольного колодца на выпуске водоотведения чертой домовой сети является ее присоединения к уличной сети.

- А) Верно; Б) Не верно.

3. Уличные водоразборы (колонки) предназначены для

- А) коллективного водопользования; Б) для индивидуального водопользования

4. Можно ли использовать питьевую воду из систем централизованного водоснабжения для охлаждения оборудования по прямоточной схеме?

- А) Частично; Б) Да; В) Нет.

5. По какой из приведенных формул рассчитывают размер платы за сброс сточных вод в городскую канализационную сеть?

- А) $P_c = T \cdot V_{дог} + 5T V_{ндог} + V_{ПЗ} K_k H_{П}$; Б) $P_c = V_{дог} + 5T V_{ндог} + V_{ПЗ} K_k$;

В) $P_c = T \cdot V_{дог} + 5 V_{ндог} + V_{ПЗ} H_{П}$.

6. Верно ли утверждение, что в городскую канализационную сеть разрешается сбрасывать сточные воды, в которых содержатся радиоактивные, токсичные вещества, соли тяжелых металлов и бактериальные загрязнения, в том числе

сточные воды инфекционных лечебных учреждений и отделений?

А) Частично;

Б) Да;

В) Нет.

Тема 8 Организация ресурсосберегающих методов использования воды на промышленных предприятиях. Санитарно-гигиенические требования к воде, используемой на производственные нужды. Обратные и бессточные системы водоснабжения. Реагентные и безреагентные методы интенсификации процессов очистки воды. Надежность работы промышленного водоснабжения.

При использовании воды в промышленном производстве последняя может быть:

- теплоносителем, охлаждая продукт через стенку, не соприкасаясь с ним или защищая детали конструкций машин и аппаратов от разрушения из-за перегрева. В том и другом случаях вода лишь нагревается и практически не загрязняется;
- средой (при непосредственном контакте с сырьем или продуктом), поглощающей и транспортирующей механические или растворенные примеси;
- средой и теплоносителем комплексно при непосредственном контакте с сырьем или продуктом; при этом вода загрязняется и нагревается.
- В системе промышленного водоснабжения должны быть выполнены следующие основные требования:
- вода должна быть безвредной для здоровья обслуживающего персонала;
- вода не должна обладать отрицательными органолептическими свойствами (запах);
- вода не должна ухудшать качества продукции;
- вода не должна вызывать коррозии аппаратуры, трубопроводов и сооружений;
- вода не должна давать карбонатных и других солевых отложений и не способствовать развитию биологических обрастаний;
- качество воды не должно снижать технико-экономических показателей производственного процесса и создавать аварийные режимы.

8.1 Санитарно–гигиенические требования к воде:

– вода должна быть безопасной в физиологическом отношении;

– вода должна быть безвредной для здоровья человека в токсикологическом отношении;

– вода должна обладать соответствующими органолептическими свойствами.

Для хозяйственно-питьевых целей воду используют однократно по прямоточной схеме. Для производственных целей ее можно использовать по прямоточной схеме однократно или последовательно много раз, а также по схеме с оборотом воды. Могут быть и смешанные схемы, включающие прямоточное и последовательное или обратное использование воды.

При прямоточном водоснабжении всю подаваемую и отработавшую воду сбрасывают в канализацию, а по ней в водоем.

При последовательном водоснабжении подаваемую и отработавшую воду в одном каком-либо производственном процессе или агрегате передают для вторичного использования в других производственных процессах аппаратах без промежуточной обработки ее.

При обратном водоснабжении подаваемую и отработавшую воду подвергают той или иной подготовке (очистке, охлаждению, обработке) и снова подают на те же цели без выпуска в водоем.

Обратное водоснабжение возможно по трем основным схемам:

1. Когда вода нагревается, не загрязняясь. В этом случае отработавшую воду подвергают только охлаждению (в пруде, брызгательном бассейне или на градирне) и вновь подают на то же производство.

2. Когда вода только загрязняется, не нагреваясь. В этом случае отработавшую воду подвергают очистке от полученных ею загрязнений (в пруде-осветлителе и шламонакопителе, отстойнике, фильтрах и др.) и вновь подают на то же производство.

3. Когда вода и нагревается, и загрязняется. В этом случае отработавшую воду подвергают последовательно очистке от полученных ею загрязнений и охлаждению, после чего вновь подают на то же производство.

8.2 Ресурсосберегающие методы

Оценку эффективности использования воды промышленностью можно осуществлять тремя методами; в каждом из которых исходят из эффективности использования оборотной воды.

По первому методу определяют процент оборота воды:

$$P_{об} = \frac{W_{об}}{W_{об} + W_u} 100\% \quad (8.1)$$

где $W_{об}$ – расходуемое количество последовательно используемой и оборотной воды на предприятии, $м^3/ч$ или за другое время;

W_u – расходуемое количество воды, забираемое предприятием (производством, цехом или установкой) из источника, $м^3/ч$ или за другое время;

$W_{об} + W_u$ – общее количество воды, расходуемое предприятием.

$$P_{исп} = \frac{W_u - W_{об}}{W_u} \quad (8.2)$$

где $W_{сб}$ – сброс предприятием в водоем всех производственных сточных вод (без хозяйственно-бытовых), $м^3/ч$ или за другое время.

По второму методу необходимо определить кратность использования воды:

$$n = \frac{W_{об} + W_u + W_c}{W_u + W_c} > 1 \quad (8.3)$$

где W_c – приход воды в систему из сырья.

По третьему методу оценки рациональности использования воды определяют величину потери использования воды:

$$P_n = \frac{W_u - W_{об}}{W_{об} + W_u} 100\% \quad (8.4)$$

$P_{об} = 60 - 70 \%$ (максимальное значение – 100%); $P_{исп} = 0,75 - 0,85$

Надежность и бесперебойность работы системы промышленного водопровода обеспечиваются:

1. Наличием не менее двух резервных насосных агрегатов независимо от числа рабочих агрегатов в каждой группе насосов;
2. Электроснабжением насосных станций не менее чем двух независимых источников электроэнергии или подстанций;
3. Резервными паровыми приводами у насосных агрегатов (в системах оборотного водоснабжения) в случае перерыва электропитания или наличием водонапорной башни с запасом воды на 30 мин.
4. Подводом воды по двум параллельно работающим водоводам с переключениями на них и обратными клапанами на вводах в случае аварии одного из водоводов;
5. Устройством блокировки водоводов между смежными цехами с самостоятельными циклами водоснабжения;
6. Автоматизацией и телемеханическим управлением работой оборудования и сооружений;

7. Содержанием сооружений и оборудования в исправном состоянии

Мощность водопровода принято характеризовать его производительностью, выражаемой в кубических метрах в час, в сутки или литров в секунду – W . Мощность или производительность водопровода по лимитирующему элементу называют располагаемой мощностью или производительностью W_p . Однако каждый водопровод можно использовать не полностью и фактически подавать какое-то количество воды W_ϕ , которое меньше чем W_p . Отношение фактической мощности водопровода W_ϕ к располагаемой мощности W_p называют коэффициентом использования мощности водопровода $K = 0,90 – 0,98$:

$$K = \frac{W_\phi}{W_p}. \quad (8.5)$$

8.3 Хозяйственная характеристика и коэффициент экономичности водопровода

Себестоимость продукции водопровода, например 1 м^3 воды, поданного потребителям, складывается из стоимости израсходованной электроэнергии \mathcal{E} , стоимости эксплуатационных материалов M , содержания эксплуатационного персонала – заработной платы Z , стоимости ремонтов P , отчислений на амортизацию и другие нужды A , суммы налогов H , хозяйственных расходов (цеховых и эксплуатационных) X . Если воду получают (покупают) со стороны, например из районного водопровода, то должна быть учтена отпускная стоимость такой воды B .

В основном себестоимость воды зависит от следующих факторов:

- от технического совершенства водопровода и расхода электроэнергии \mathcal{E} и эксплуатационных материалов M ;
- от количества и стоимости занятой рабочей силы Z ;
- от отчислений A на амортизацию, которые в свою очередь зависят от стоимости сооружений и оборудования водопровода.

Общие годовые эксплуатационные расходы S прямо пропорциональны подаче воды W :

$$S = Sx + (\mathcal{E} + M)W \quad (8.6)$$

и распадаются на две части: постоянную Sx , не зависящую от подачи воды, которую составляют главным образом расходы на заработную плату обслуживающему персоналу, на ремонты, хозяйственные (общецеховые и заводские расходы), а также налоги и процентные отчисления, и переменную

4. С помощью какой формулы определяют величину потери использования воды?

А) $P_{об} = \frac{W_{об}}{W_{об} + W_u} 100\%$; Б) $n = \frac{W_{об} + W_u + W_c}{W_u + W_c} > 1$; В) $P_n = \frac{W_u - W_{об}}{W_{об} + W_u} 100\%$.

5. Коэффициент K_3 – это

А) кратность использования воды;

Б) Коэффициентом использования мощности водопровода;

В) коэффициент экономичности работы водопровода.

6. Вода должна быть безвредной для здоровья человека в токсикологическом отношении.

А) Верно;

Б) Не верно;

В) Частично верно.

Тема 9 Ретехнологизация сооружений очистки природных и сточных вод. Этапы работы по ретехнологизации очистных сооружений. Неудовлетворительная работа технологических схем очистки сточных вод. Основные элементы ретехнологизации, их влияние на процесс очистки сточных вод.

Ретехнологизация это комплекс действий по замене части существующих водоочистных технологий, морально и (или) физически устаревших, на современные технологии в целях качественного изменения показателей очистки».

Как правило, ретехнологизация связана с экологическими требованиями. В ряде случаев существующие сооружения очистки воды не могут выполнить природоохранных требований в рамках запроектированных и построенных технологий. Но существует возможность провести ретехнологизацию этих сооружений и тем самым добиться качественно новых показателей очистки.

Охрана окружающей среды требует внедрения высокоэффективных систем защиты водоемов от загрязнений, в том числе совершенствования способов очистки сточных вод.

Основными факторами влияющие на ретехнологизацию очистных станций является: рост населения или промышленности в пределах существующего района, подключение новых канализационных районов, повышение требований к качеству очистки сточных вод, высокие эксплуатационные расходы, физический износ оборудования и сооружений.

9.1 Цели и задачи ретехнологизации

Целью ретехнологизации очистных сооружений водоснабжения и водоотведения является достижение нормативных показателей качества очистки воды, сбрасываемой в водный объект. При этом имеется в виду, что, если требования относятся к контрольному створу водного объекта, они все равно должны быть приведены непосредственно к сточным водам, чтобы иметь возможность управлять конечными параметрами.

При этом основной задачей ретехнологизации является улучшение качества очистки сточных вод при максимальном использовании действующих сооружений. Этапы работ по ретехнологизации, позволяющие решить указанные задачи, приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Этапы работ по ретехнологизации

Этапы ретехнологизации	Содержание этапа, инструменты и методы
Кабинетное обследование	Анализ опросных листов, изучение проектной документации, проверочные расчеты сооружений, выявление узких мест и избыточных объемов.
Полевое обследование	Анализ используемых методов анализа сточных вод и осадков в лаборатории очистных сооружений, изучение лабораторных журналов и статическая обработка данных, внешний осмотр и фиксация состояния сооружений, определение объектов, подлежащих ремонту и реконструкции.
Углубленное обследование	Анализ качества воды по отдельным сооружениям, исследование эффективности работы существующих сооружений.
Выявление предельных возможностей реконструкции и ретехнологизации действующих сооружений	Расчет пропускной способности сооружений, гидравлические расчеты, технологические расчеты, составление балансовой схемы очистки для действующих сооружений.

9.2 Элементы программы ретехнологизации

1. Описание существующего положения, характеристики потоков, сооружений и оборудования.
2. Определение существующих проблем, которые должны быть решены путем реконструкции, включая проблемы производительности, устаревшего оборудования и сооружений. Выделение проблем, которые могут быть решены путем ретехнологизации.
3. Оценка будущих нагрузок, потоков и требований к качеству очищенных сточных вод на ближайшие 5–20 лет. Согласование с генеральным планом развития населенного пункта.

4. Оценка проблем обработки осадков сточных вод и способов их утилизации.
5. Оценка рассмотренных альтернатив для решения основных проблем.
6. Определение новых объектов строительства.
7. Характеристика предлагаемых технологических решений по узлам (варианты биологической очистки, способы доочистки, обеззараживания, обезвоживания осадка и т.д.) и в целом по сооружениям.
8. Выбор вариантов конкретного оборудования, определение эксплуатационных параметров (расход воздуха, электроэнергии и т.д.).
9. Рассмотрение экологических последствий ретехнологизации, решение проблем качества воды.
10. Оценка капитальных и эксплуатационных затрат, в том числе энергетических и затрат на реагенты. Снижение экологических платежей.

9.3 Составление балансовых схем очистки сточных вод

Материальный баланс – главный инструмент для понимания функционирования станции и возможностей ее ретехнологизации. В процессе работы материальный баланс нужен для проведения предварительного количественного анализа технологической схемы, выявления узких мест и возможности повышения эффективности очистки. При разработке технических рекомендаций материальный баланс должен быть первым проектным документом, созданным, чтобы гарантировать общность понимания, последовательное использование расчета и стандартной системы взглядов для разработчиков и технических специалистов заказчика. Материальный баланс также является основой для контроля и управления.

Различают следующие материальные балансы при обосновании технологических схем сточных вод:

- баланс гидравлических потоков (баланс по воде);
- материальный баланс первичных отстойников;
- материальный баланс по активному илу.

Баланс гидравлических потоков (баланс по воде)

Для большинства очистных сооружений такой баланс можно составить, хотя и со значительной долей погрешности. К объемам на применим принцип сохранения вещества, поэтому такая схема называется балансовой схемой гидравлических потоков. Однако такая схема необходима, так как

концентрации загрязнений выражаются в объемных величинах ($\text{кг}/\text{м}^3$), и материальные балансы по отдельным видам загрязнений вычисляются из объемных расходов соответствующих потоков.

При составлении балансовой схемы гидравлических потоков следует учитывать, что расход поступающих сточных вод обычно измеряется перед первичными отстойниками (в некоторых случаях – после вторичных отстойников), а масса или объем обезвоженного осадка измеряются условно, в зависимости от метода удаления осадков из отстойников, технологии обезвоживания и способа утилизации осадка. Так как масса образующихся осадков зависит от химических и биохимических превращений исходных веществ, то абсолютное корректное их определение на первой стадии составления балансовой схемы без ее детализации невозможно.

Материальный баланс первичных отстойников

При расчете материального баланса первичных отстойников, как правило, известны концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости после песколовок и после первичных отстойников, расход сточных вод после песколовок и расход первичного осадка (по откачке насосами). Имеются также данные анализа сырого осадка: влажность, зольность, плотность, содержание песка в сухом осадке.

Материальный баланс по активному илу

Материальный баланс по активному илу может быть составлен разными методами.

Баланс активного ила на основе экспериментальных данных составить невозможно, так как количество избыточного ила получают путем конверсии органического вещества.

Ретехнологизации подвергаются следующие узлы:

- узел механической очистки;
- узел «нормализации» сточных вод;
- узел биологической очистки;
- узел доочистки сточных вод;
- узел обработки и утилизация осадка сточных вод.

Узел механической очистки

Эффективная работа всего комплекса предопределяется механической очисткой сточных вод от нерастворенных минеральных и органических веществ.

Механическая очистка позволяет удалить минеральные компоненты

сточных вод и с наибольшей эффективностью провести биологическую очистку.

Предварительная механическая очистка – ключевой элемент технологической цепочки очистки сточных вод, во многом определяющий эффективность работы ОС в целом. К узлу механической очистки сточных вод относят решетки, песколовки и первичные отстойники.

Реконструкция решеток и песколовок в обязательном порядке включается в программу ретехнологизации.

Рекомендуемая величина прозоров между прутьями – 3 – 6 мм. При использовании таких решеток значительно повышается эффективность удаления отбросов, всплывающие вещества, уловленные в первичных отстойниках, могут подаваться на механическое обезвоживание в смеси с другими осадками.

Для предотвращения выпадения песка с органическими примесями в осадке первичных отстойников применяются аэрируемые песколовки. В них песок отмывается от органики за счет вихревого движения воды. Расчетная эффективность задержания песка крупностью 0,2 мм достигает 95 %. Аэрируемые песколовки задерживают и более мелкие фракции песка – крупностью 0,125 – 0,16 мм.

Песок при этом не содержит органических загрязнений и может быть вывезен на полигон твердых бытовых отходов.

Добавление реагентов перед отстойником улучшает седиментацию.

Первичные отстойники служат для удаления взвешенных частиц и плавающих веществ. Однако при содержании взвешенных частиц менее 150 мг/дм³ от первичного отстаивания можно отказаться, при этом функцию удаления плавающих частиц необходимо перенести на песколовки или вторичные отстойники.

Узел «нормализации» сточных вод

«Нормализация» позволяет повысить эффективность биологической очистки путем сглаживания неравномерности поступления сточных вод по количеству и составу, корректировки рН, удаления специфических загрязняющих примесей, затрудняющих работу отдельных сооружений и оборудования и/или добавления примесей, обеспечивающих протекание окислительных процессов.

Для проведения эффективной биологической очистки необходимо проведение ряда мероприятий, направленных на усреднение состава и расхода воды:

- усреднение по объему и составу;
- коррекция температуры и величины рН;
- удаление примесей, затрудняющих протекание биологических процессов очистки сточных вод.

Узел биологической очистки

Биологическая очистка сточных вод в аэротенках – основное звено ретехнологизации очистных сооружений.

Для интенсификации процессов окисления органических веществ и выведения из системы соединений азота и фосфора наибольшее распространение получила технология нитри-денитрификации и биологического удаления фосфора.

Узел доочистки сточных вод

Для достижения нормативных показателей качества воды в водоеме после узла биологической очистки применяются сооружения естественной доочистки (биопруды), искусственной доочистки (сетчатые, мембранные или зернистые фильтры) или их комбинации. На этих сооружениях происходит удаление избыточного количества ХПК, БПК, взвешенных частиц и др.

Узел обработки и утилизация осадка сточных вод

На станциях очистки сточных вод используются самые разнообразные технологии и оборудование для обработки сырого осадка и избыточного активного ила. Уплотнение осадка в илоуплотнителях и обезвоживание осадка на иловых площадках. Кроме того, эксплуатируется метантенки, центрифуги, центрипрессы, вакуум-фильтры и ленточные фильтр-прессы.

9.4 Основные недостатки существующей технологической схемы очистки сточных вод

- Устаревшие проектные решения, которые не способны обеспечить все более возрастающие требования, предъявляемые к качеству очистки сточных вод.
- Устаревшие конструкции и оборудование, некачественное строительство ОС. Конструкционные недостатки отдельных сооружений, препятствующие достижению проектных показателей и ограничивающие возможности реконструкции, в первую очередь, аэротенков, отстойников и сооружений доочистки. Износ технологического оборудования.
- Несоответствие условий эксплуатации требованиям проекта: недогруженные очищаемыми сточными водами сооружения,

недогруженные или перегруженные сооружения загрязняющими веществами в поступающей на очистку сточной воде.

- Гидравлическая неравномерность подачи сточных вод на станцию и отдельные сооружения, несогласованная пропускная способность сооружений и коммуникаций, неравномерное распределение потоков между параллельно работающими сооружениями: отстойниками, аэротенками и др.
- Специфический состав сточных вод. Отсутствие локальной очистки на ряде предприятий города. Несоблюдение требований сброса промышленных сточных вод в городскую канализацию.
- Отсутствие эффективной механической очистки (на решетках и в песколовках).
- Проблемы с активным илом, которые определяют недостатки работы сооружений биологической очистки – вспухание ила.
- Трудности, связанные с обезвоживанием осадка, недостаточной степенью очистки сточных вод, негативным влиянием фугатов и фильтратов, промывных и иловых вод, имеющих высокие концентрации биогенных элементов, взвесей и органических загрязнений, на процессы биологической очистки.
- Отсутствие эффективных приборов контроля и учета технологических параметров.
- Для решения указанных проблем применяются мероприятия, реализация которых необходима для ретехнологизации ОС, а именно:
- Интенсификация механической очистки сточных вод. Механическая очистка решеток тонкой очистки.
- Очистка в горизонтальных аэрируемых песколовках. На этих сооружениях происходит отмывание песка от органических примесей, задержание минеральных примесей (песка) и всплывающих веществ.
- «Нормализация»: сглаживание неравномерности поступления сточных вод на очистку, гидравлической нагрузки на сооружениях (в первую очередь на отстойниках)
- Нитрификация и денитрификация в аэротенках. Изменение способа подачи сточных вод.
- Реагентное удаление избыточного количества фосфатов.
- Уплотнение избыточного активного ила.
- Ретехнологизация сооружений механического обезвоживания осадка с реагентной обработкой.

Контрольные вопросы:

1. Определение ретехнологизации, предпосылки ее.
2. Факторы, влияющие на реконструкцию очистных сооружений.
3. Характеристика показателей сточных вод, от которой зависит ретехнологизация.
4. Этапы работ по ретехнологизации очистных сооружений.
5. Основные элементы программы ретехнологизации.
6. Характеристика технологической схемы очистных сооружений сточных вод.
7. Причины неэффективной очистки сточных вод на сооружениях.
8. Составление балансовой схемы очистки сточных вод.
9. Номенклатура балансов, назначение их.
10. Основные недостатки существующих технологических схем очистки сточных вод.
11. Основные мероприятия, необходимые для ретехнологизации, анализ их.
12. Анализ основных узлов очистки сточных вод на ОС.

Тесты для самоконтроля

1. Ретехнологизация – это

А) комплекс действий по замене части существующих водоочистных технологий, морально и (или) физически устаревших, на современные технологии в целях качественного изменения показателей очистки;

Б) комплекс по замене части существующих технологий, морально устаревших, на современные технологии в целях качественного изменения показателей очистки;

В) Охрана окружающей среды.

2. Какая цель ретехнологизации очистных сооружений водоснабжения и водоотведения?

А) Охрана водных ресурсов;

Б) достижение нормативных показателей качества очистки воды, сбрасываемой в водный объект;

В) Охрана окружающей среды.

3. Во сколько этапов обычно выполняются работы по ретехнологизации?

А) 2;

Б) 4;

В) 6.

4. Материальный баланс – это

А) комплекс по замене части существующих технологий, морально устаревших, на современные технологии в целях качественного изменения

показателей очистки;

Б) достижение нормативных показателей качества очистки воды, сбрасываемой в водный объект;

В) главный инструмент для понимания функционирования станции и возможностей ее ретехнологизации.

6. Какая рекомендуемая величина прозоров между прутьями решеток?

А) 1 – 5 мм;

Б) 2 – 5 мм;

В) 3 – 6 мм.

Тема 10 Ретехнологизация очистки сточных вод при удалении фосфора и биогенных элементов. Анализ технологических схем дефосфотизации сточных вод. Использование активированных растворов реагентов при дефосфотизации сточных вод

Распространение получили следующие методы ретехнологизации:

1. Физико-химические методы удаления фосфора из сточной жидкости;
2. Биологические методы удаления фосфора из сточной жидкости;
3. Комбинированные методы удаления фосфора из сточной жидкости;
4. Применение активированных растворов коагулянта.

10.1 Физико-химические методы удаления фосфора из сточной жидкости

К физико-химическим методам удаления фосфора относятся: адсорбционный, гальванокоагуляция, метод кристаллизации, в магнитном поле и реагентый. Наиболее доступным и легко осуществимым для очистки больших объемов сточных вод на действующих очистных сооружениях является последний, предусматривающий использование реагентов на различных стадиях очистки.

При адсорбционном методе очистки фосфор поглощается поверхностью адсорбента.

При гальванокоагуляции соединения фосфора удаляются из сточных вод при использовании алюминиевых и железных электродов.

Метод кристаллизации основан на выращивании кристаллов фосфатов в сточных водах на центрах кристаллизации с последующим их удалением из системы. Кристаллизация осуществляется на фильтрах или во взвешенном слое. В качестве затравочного материала предлагается использовать минералы, содержащие фосфат кальция, костяной уголь, шлак доменных печей и др.

При удалении соединений фосфора в магнитном поле фосфаты

связывают реагентом в нерастворимые соединения, после чего вводят магнитный материал и воздействуют магнитным полем, в результате чего выделяется фосфатосодержащий осадок.

При использовании химических методов обработки сточных вод ионы реагента взаимодействуют с растворимыми солями ортофосфорной кислоты, вследствие чего происходит образование мелкодисперсного коллоидного осадка фосфата.

Основные технологические схемы с использованием реагентов

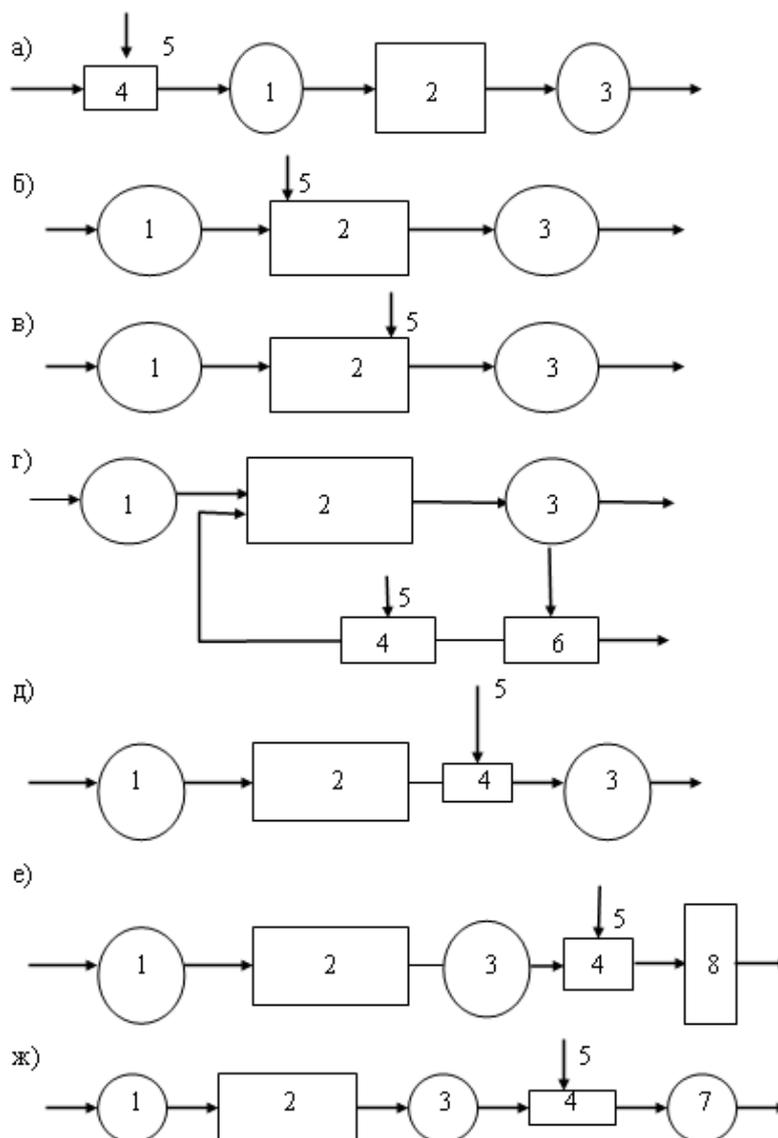


Рисунок 10.1 – Основные технологические схемы:

1 – первичный отстойник; 2 – аэротенк; 3 – вторичный отстойник; 4 – смеситель; 5 – реагенты; 6 – насосная станция; 7 – отстойник физико-химической очистки; 8 – фильтр.

Технологическая схема физико-химической очистки сточных вод перед биологической очисткой (реагент вводится перед первичным

отстойником) (а). Благодаря этому снижается нагрузка на аэрационные сооружения, за счет коагуляции и сорбции удаляются тяжелые металлы, нефтепродукты, повышается эффективность нитрификации. Но в данной технологии образуется большое количество осадка, затрудняется процесс денитрификации из-за недостаточного содержания углерода, а также очень трудно дозировать реагент из-за отсутствия измерительных приборов при измерении содержания фосфора.

Другая технология применения реагентов – *симультанное осаждение* (б, в, г). Благодаря циркуляции с активным илом повышается степень использования реагента. Качество очищенной воды по общему фосфору зависит от содержания взвешенных веществ. По данной схеме фосфор удаляется также за счет микробиальной ассимиляции.

При использовании реагента перед вторичными отстойниками (д) его требуется примерно на 30 % меньше, чем при введении в аэротенк. По данной схеме фосфор удаляется до 80 – 85 %. Однако при введении реагента перед вторичными отстойниками наблюдается повышенное содержание ионов железа, превышающие допустимые концентрации для сброса в водоемы.

Технологическая схема с использованием реагентов непосредственно перед фильтром с повышенной грязеемкостью (е). В этом случае реагент может дозироваться непосредственно в трубопровод, подающий воду на фильтр. Такая схема позволяет обеспечить высокое качество очищаемого стока, меньшее количество реагента, но данная схема требует значительных затрат на устройство узла фильтрования и приготовление регенерационных растворов.

Технологическая схема с применением извести в сочетании с флокулянтами для интенсификации процесса осаждения (ж). В этом случае обеспечивается достаточно высокий эффект очистки по фосфору, требуемое количество реагента меньше по сравнению с предыдущими схемами. К недостаткам данной схемы относится необходимость устройства отдельной стадии обработки.

Удаление фосфора химическими и физико-химическими способами в настоящее время ограничено. Эти методы имеют ряд недостатков: высокая стоимость реагентов, необходимых для применения этих методов; вторичные загрязнения, образующиеся после применения коагулянта.

Биологические методы удаления биогенных элементов из сточных вод по сравнению с физико-химическими методами являются экологически чистыми и более дешевыми, так как исключают применение реагентов.

10.2 Биологические методы удаления фосфора из сточной жидкости

Основное внимание в настоящее время уделяется процессам, которые способны одновременно удалять из сточных вод и фосфор, и азот. С учетом экологических факторов таким методом является биологический метод удаления азота и фосфора. Суть биологического метода удаления азота и фосфора состоит в том, что на стадии биологической очистки сточная жидкость проходит последовательно три зоны: анаэробную, бескислородную и аэробную.

Одним из основных методов биологического изъятия фосфора является метод с анаэробной обработкой возвратного рециркулирующего активного ила, применение такой технологии позволяет извлекать фосфаты с эффективностью примерно 90 %. В данной системе удаление фосфора происходит с избыточным илом и иловой водой, образующейся в сооружении для анаэробной обработки ила.

Сегодня на практике применяются различные схемы, сочетающие в себе биологический процесс и химическое осаждение. Такое совмещение процессов позволяет добиться более высокого качества очищаемой воды, чем при применении одного из них.

10.3 Комбинированные методы удаления фосфора из сточной жидкости

На станции предусмотрены очистка сточных вод от плавающих загрязнений и песка, усреднение сточных вод, обработка их известью, хлорным железом и анионным флокулянтom при $pH = 11,5$, отделение от воды основной массы скоагулированных загрязнений в осветлителях при корректировке pH до 9 – 8,5 путем добавления серной кислоты, отделение неосевших в осветлителях загрязнений при фильтровании через антрацитопесчаные фильтры, изъятие растворенных органических загрязнений при фильтровании воды через слой активного угля, отделение остаточных взвешенных веществ путем фильтрования через антрацитопесчаные фильтры, удаление соединений азота в процессе фильтрования сточной воды через ионообменный материал - криноптилолит, обеззараживание воды хлором.

Аммонийный азот по данной схеме удаляется ионообменным способом путем фильтрования сточной воды через криноптилолит. Полученная после регенерации аммиачная вода (1%-ный раствор) может использоваться в качестве удобрения.

Комбинированный способ очистки бытовых сточных вод, разработанный в НИИ КВОВ АКХ применительно к сооружениям небольшой пропускной

способности, включает две стадии обработки стоков:

1. коагуляция взвешенных и коллоидных загрязнений путем введения в сточную воду реагентов (минеральных коагулянтов и ПАА), хлопьеобразование, осветление;
2. изъятие растворенных органических загрязнений в результате биохимического окисления их при фильтровании осветленной сточной воды через пористую загрузку.

В качестве пористой загрузки могут быть использованы керамзит, шлаки и другие пористые материалы.

Комбинированный метод основан на способности микроорганизмов активного ила в анаэробных условиях выделять в окружающую среду фосфор.

По этой схеме сточная жидкость проходит полную биологическую очистку, а большая часть иловой смеси, обогащенная фосфат ионами, направляется в сооружение (чаще всего илоуплотнитель), где находится в анаэробных условиях в течение 10-30 часов.

Для интенсификации процессов илоразделения в илоуплотнителе предусматриваются перемешивающие устройства. При сгущении циркулирующего активного ила в анаэробных условиях иловая вода обогащается фосфат ионами, а активный ил теряет фосфор.

Достоинства комбинированного метода:

- высокий эффект очистки;
- возможность применения на действующих с дополнительным строительством отдельных узлов и вновь строящихся станциях любой производительности;
- количество реагентов по сравнению с физико-химическим методом значительно меньше, так как расход иловой воды сокращается в 3 – 4 раза;
- в результате очистки сточной воды образуется кальций-фосфорсодержащий осадок, который может быть использован в качестве удобрения.

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: выше описанные методы применяются на практике и имеют ряд проблем, которые требуют своего разрешения. Они требуют определенных финансовых вложений, как на реконструкцию существующих сооружений, так и строительство новых реакторов.

10.4 Применение активированных растворов коагулянта

При использовании химических методов обработки сточных вод ионы коагулянта взаимодействуют с растворимыми солями ортофосфорной кислоты, вследствие чего происходит образование мелкодисперсного коллоидного осадка фосфата. В то же время химический реагент реагирует со щелочами, содержащимися в воде, образуя осадок из крупных хлопьев. Этот осадок вызывает коагуляцию мелкодисперсного коллоидного осадка фосфата и взвешенных веществ, а также адсорбирует некоторую часть органических соединений, содержащих фосфор.

В ХНУГХ им. А. Н. Бекетова разработан метод интенсификации процессов дефосфатизации сточных вод с помощью активированного раствора коагулянта.

Эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ, а, соответственно, от соединений фосфора, при использовании активированного раствора коагулянта зависит в значительной степени от параметров активации раствора коагулянта (Реагенты – сульфат алюминия и хлорид железа (III)): напряженности магнитного поля и содержания анодно-растворенного железа в растворе коагулянта.

При изучении влияния активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на процесс удаления соединений фосфора из биологически очищенных сточных (рис. 10.2) вод параметры активации находятся в пределах: напряженность магнитного поля – 175 – 1250 кА/м, содержание анодно-растворенного железа в растворе коагулянта – 10,5 – 23,3 мг/дм³.

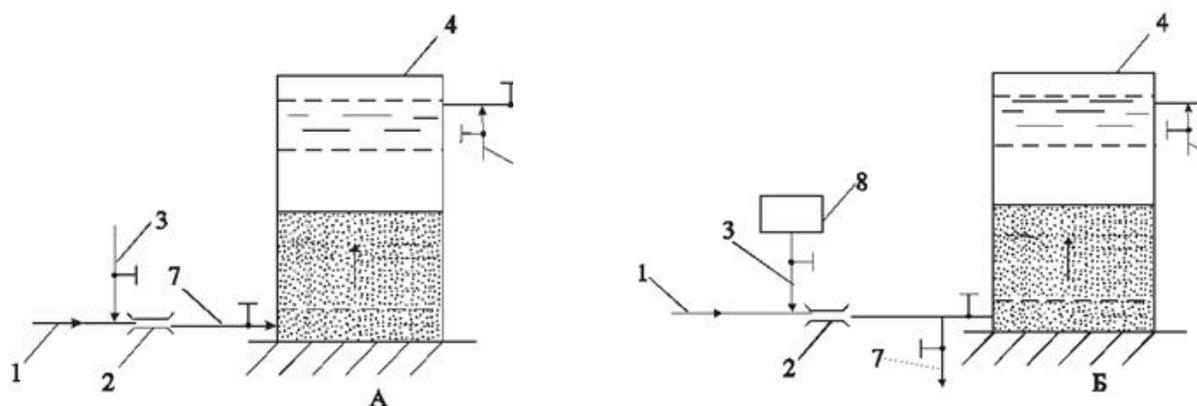


Рисунок 10.2 – Схема пилотной установки доочистки сточных вод от биогенных элементов:

А – I технологическая линия; Б - II технологическая линия 1 – биологически очищенная сточная вода после вторичных отстойников; 2 – смеситель; 3 – трубопровод раствора коагулянта; 4 – контактный осветлитель; 5 – отвод фильтрата; 6 – подвод промывной воды; 7 – отвод промывной воды; 8 – активатор коагулянтов

При изучении влияния активированного раствора коагулянта хлорида железа (III) на процесс удаления соединений фосфора из биологически очищенных сточных вод оптимальные параметры активации находились в таких пределах: напряженность магнитного поля – 150 – 1150 кА/м, содержание анодно-растворенного железа в растворе коагулянта – 12,2 – 34,8 мг/дм³.

Улучшение показателей работы контактных осветлителей пилотной установки при применении активированных растворов коагулянтов приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Повышение эффективности работы контактных осветлителей при заданных параметрах активации

Улучшение показателей, %

№ п/п	Наименование показателей	Раствор сульфата алюминия	Раствор хлорида железа (III)
1	Параметры активации: – напряженность магнитного поля, кА/м; – содержание анодно-растворенного железа в растворе коагулянта, мг/дм.	825	725
		18,6	28,6
2	Снижение дозы коагулянта (считая по товарному продукту)	21,8	24,7
3	Качество фильтрата: – по мутности; – по содержанию фосфатов.	32,8	30,3
		25,1	25,1
4	Увеличение продолжительности фильтроцикла	30	30
5	Повышение производительности контактных осветлителей	20-25	20-25

Контрольные вопросы:

1. Классификация методов дефосфатизации сточной жидкости.
2. Физико-химические методы удаления фосфора из сточной жидкости.
3. Биологические методы удаления фосфора из сточной жидкости.
4. Комбинированные методы удаления фосфора из сточной жидкости.
5. Основные технологические схемы дефосфатизации сточной жидкости с использованием реагентов.
6. Принцип работы пилотной установки для удаления биогенных элементов.

9. Для интенсификации процессов илоразделения в илоуплотнителе не предусматриваются перемешивающие устройства.

А) верно;

Б) не верно;

В) частично верно.

Тема 11 Техничко-экономическая оценка внедрения ресурсосберегающих технологий в водопроводно-канализационном хозяйстве

11.1 Основные экономические показатели:

ЧДД (чистый денежный доход) – это разница между приведенной к теперешней стоимости путем дисконтирования суммы нахождения от реализации проекта и суммы инвестиционных расходов.

$$ЧДД = \sum ДГП_t - (\sum ИВ + B_{ин}) \quad (11.1)$$

где $\sum ДГП_t$ – сумма дисконтированного денежного потока за весь период эксплуатации инвестиционного проекта. Срок эксплуатации принимается до 5 лет;

$\sum ИВ + B_{ин}$ – сумма инвестиций на реализацию проекта и других расходов.

ДП (денежный поток) – это сумма чистого дохода от эксплуатации объекта и годовая сумма амортизационных начислений на основные фонды.

$$ДП = Пр + А, \quad (11.2)$$

где $Пр$ – чистый доход (прибыль) от эксплуатации объекта;

$А$ – годовая сумма амортизационных начислений на основные фонды.

Дисконтированный денежный поток, $ДДП_t$ – года

$$ДДП_t = ДП_t * K_{dt} \quad (11.3)$$

Дисконтированный множитель денежного потока t – года (K_{dt})

$$K_{dt} = \frac{1}{(1 + E_k)^t} \quad (11.4)$$

E_k – дисконтная ставка процента;

t – период эксплуатации проекта (срок службы основных фондов).

ИД (индекс доходности) – показывает отношение доходности (прибыльности) проекта – дисконтированную стоимость чистого денежного потока от проекта на единицу инвестиций (Вложение, проценты)

$$ИД = \frac{\sum ДДП}{\sum ИВ}, \quad (11.5)$$

где $\sum ДДП$ – дисконтированный (приведенный) денежный поток;

$\sum ИВ$ – инвестиции.

ПО (период окупаемости) – отношение суммы инвестиций к средне

годовой сумме дисконтированного чистого денежного потока.

$$ПО = \frac{\sum IB}{\sum ДДП_p}, \quad (11.6)$$

где $ДДП_p$ – средняя за год сумма дисконтированного чистого денежного потока.

$$ДДП^p = \frac{\sum ДДП}{t}, \text{ где } t \text{ – срок эксплуатации объекта инвестирования.}$$

ВНД (внутренняя норма дохода) – размер ставки процента, при котором чистая приведенная стоимость проекта равняется нулю, т.е. приведенная стоимость ожиданий денежного притока равняется приведенной стоимости оттоков.

Определяется дисконтной ставкой, по которой будущая чистая стоимость денежного потока от инвестиций будет приведена к теперешней стоимости:

$$ЧДД = \sum \frac{ДДП}{(1 + ВНД)^t} - IB = 0 \quad (11.7)$$

Показатель ВНД можно интерпретировать как:

1. Как нижний гарантированный уровень прибыльности инвестиционного проекта;
2. Как такой размер дисконтной ставки – E_k , при котором теперешняя стоимость чистого денежного потока ЧДД за срок эксплуатации проекта –t путем дисконтирования (приведения) будет приведена к сумме инвестиций ИВ;
3. Как размер максимальной ставки платежа за услуги финансирования, при которой проект остается безубыточным.

11.2 Пример расчета экономической оценки внедрения ресурсосберегающих технологий ВКХ

Для оценки эффективности внедрения активированных растворов коагулянта в процессах очистки воды на очистных сооружениях определяли:

- экономический эффект от внедрения разработанной технологии по результатам опытно-промышленных испытаний;
- потенциальный эффект от внедрения технических решений на очистных сооружениях хозяйственно-питьевого водопровода с учетом реконструкции и расширения.

Исходные данные для расчета экономической эффективности от внедрения активированного раствора коагулянта сульфата алюминия по результатам опытно-промышленных испытаний на очистных сооружениях водопровода приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

Показатели	Символ	Ед. изм.	Вариант 1	Вариант 2
Средняя доза коагулянта	Д	г/м ³	40	30
Производительность	П	м ³ /сут	30000	30000
Удельные капиталовложения	К _{уд}	тыс.грн/т/ч	4	10
Мощность активатора	N	кВт/ч	–	2,9
Расход электроэнергии	М _к	кВт/ч/кг	3,4	5,0
Номинальная численность рабочих	Ч _р	чел/смену	7	6
Часовая тарифная ставка	Т _с	грн	8,5	8,5
Цена коагулянта	Ц _к	грн.т	2450	2450
Затраты на охрану труда	З _о	грн.чел	395	395
Тариф за потребленную электроэнергию	Т _э	грн/кВт/ч	1,075	1,075
Премия	З _{пр}	%	40	40
Коэф. экон. эффективн. кап. вложений	Е _к		1	1

1) по первому варианту (обычный раствор):

$$Z_2 = C_k + C_{1зп} + C_{1ам} + C_{1эл} + E_H K_1$$

2) по второму варианту (активированный раствор):

$$Z_2 = C_k + C_{2зп} + C_{2ам} + C_{2эл} E_H K_1$$

где C_k – стоимость коагулянта, грн/т;

C_x – стоимость жидкого хлора, грн/т;

$C_{зп}, C_{2зп}$ – затраты по оплате труда, включая налоги и начисления на зарплату, по вариантам, грн.;

$C_{1ам}, C_{2ам}$ – амортизационные отчисления по вариантам, грн;

$C_{1эл}, C_{2эл}$ – затраты по электроэнергии на производственные нужды по двухставочному тарифу, грн;

K_1, K_2 – единовременные затраты соответственно по первому и второму вариантам, грн.

Расчет эксплуатационных расходов по экономическим элементам затрат проводим в следующей последовательности.

3) Затраты на оплату труда:

$$C_m = T_3 + Z_{пр} + Z_{дон} + Z_0 + Z_{наль}$$

где T_3 – тарифный фонд заработной платы, грн.;

- $Z_{пр}$ – премиальный фонд, грн.;
- $Z_{доп}$ – фонд дополнительной зарплаты, грн.;
- Z_0 – затраты на охрану труда, грн.;
- $Z_{нал}$ – сумма налогов на фонд оплаты труда, грн.

4) Расчет тарифного фонда заработной платы:

$$T_3 = \mathcal{C}_я \cdot \mathcal{C}_{см} \cdot 365 \cdot T \cdot K_я \cdot T_c,$$

где $\mathcal{C}_я$ – норматив явочной численности рабочих, чел/смену;

$\mathcal{C}_{см}$ – число смен работы, смены;

365 – число календарных дней в году;

T – продолжительность рабочей смены, ч;

$K_я$ – коэффициент восполнения явочной численности;

T_c – средняя часовая тарифная ставка, грн/ч.

5) Премиальный фонд и фонд дополнительной зарплаты:

$$Z_{пр} + Z_{доп} = T_3 \cdot 0,4 + T_3 \cdot 0,2$$

6) Затраты на охрану труда:

$$Z_0 = \mathcal{C}_я \cdot K_я \cdot Z_{но},$$

где $Z_{но}$ – норматив затрат на охрану труда, (395 грн/чел).

Начисления на фонд оплаты труда производят от общей суммы тарифного фонда зарплаты, премий, доплат и затрат на охрану труда – 34,5 %.

Амортизационные отчисления рассчитываем по нормам амортизации от суммы капитальных вложений.

7) Расчет капитальных вложений (единовременных затрат) производят умножением годовой производительности установки (D) на удельные капитальные вложения ($K_{уд}$):

$$K_1 = \frac{D \cdot 8760 \cdot K_{1од}}{1000}$$

$$K_2 = \Pi \cdot K_{2уд}$$

где $K_{1уд}$, $K_{2уд}$ – удельные капиталовложения, грн/т/ч, грн/м /ч;

D , Π – производительность (доза) установок, кг/ч, м /ч.

8) Амортизационные отчисления:

$$C_{1ам} = K_x \cdot H_{1а}$$

$$C_{1ам} = K_2 \cdot H_{2а}$$

где $H_{1а}$, $H_{2а}$ – норма амортизации по вариантам, %.

9) Затраты на электроэнергию, ($C_{эл}$):

$$C_{эл} = D \cdot 8760 \cdot M_n \cdot T_n$$

где D – часовой расход реагента в соответствии с производительностью установки, кг/ч;

M_n – удельная норма расхода электрической энергии на единицу производительности установок, кВт ч/кг/ч, кВт ч/м /ч;

T_n – тариф за 1 кВт ч, потребленной электроэнергии, грн/кВт ч.;

Оплата заявленной (установленной) электрической мощности:

$$C_y = M_y \cdot T_y,$$

где M_y – установленная (заявленная) мощность электрического привода, кВт;

T_y – тариф оплаты установленной мощности, грн/кВт ч.

1) Тарифный фонд заработной платы:

$$T_{X3} = 7 \cdot 8,5 \cdot 365 \cdot 3 = 65152,5 \text{ тыс. грн.}$$

$$T_{23} = 6 \cdot 8,5 \cdot 365 \cdot 3 = 55845 \text{ тыс. грн.}$$

2) Премияльный фонд и фонд дополнительной зарплаты:

$$З_{1пр} = 65152,5 \cdot 40/100 = 26061 \text{ тыс. грн.}$$

$$З_{2пр} = 55845 \cdot 40/100 = 7110 \text{ тыс. грн.}$$

3) Затраты на охрану труда:

$$З_{1о} = 7 \cdot 365 \cdot 3 = 8295 \text{ тыс. грн.}$$

$$З_{2о} = 6 \cdot 8,5 \cdot 365 \cdot 3 = 7110 \text{ тыс. грн.}$$

4) Начисления на зарплату по социальному страхованию:

$$З_{1нал} = (65152,5 + 26061) \cdot 0,345/100 = 33530,08 \text{ тыс. грн.}$$

$$З_{2нал} = (55845 + 22338) \cdot 0,345/100 = 28740,07 \text{ тыс. грн.}$$

5) Общие затраты по оплате труда, включая начисления:

$$З_{1нач} = (65152,5 + 8295 + 26061 + 33530,08)/100 = 133,0386 \text{ тыс. грн.}$$

$$З_{2нач} = (55845 + 7110 + 22338 + 28740,07)/100 = 114,0331 \text{ тыс. грн.}$$

6) Расчет капвложений по вариантам:

$$K_1 = \frac{625 \cdot 8760 \cdot 40 \cdot 4}{1000} = 0,876 \text{ тыс. грн.}$$

$$K_2 = \frac{625 \cdot 8760 \cdot 30 \cdot 10}{1000} = 1,642 \text{ тыс. грн.}$$

7) Амортизационные отчисления:

$$C_{1ам} = 0,876 \cdot 0,05 = 0,0438 \text{ тыс. грн.}$$

$$C_{2ам} = 1,642 \cdot 0,05 = 0,082 \text{ тыс. грн.}$$

8) Затраты на электроэнергию:

$$C_{1эл} = \frac{13,4 + 1,075 \cdot 8760}{1000} = 32,01178 \text{ тыс. грн.}$$

9) Общая сумма затрат на обработку воды:

$$З_1 = 536,55 + 133,0386 + 0,876 + 0,0438 + 32,01178 = 702,53 \text{ тыс. грн.}$$

$$З_2 = 402,4125 + 114,0331 + 1,642 + 0,082 + 74,3943 = 592,56 \text{ тыс. грн.}$$

Таблица 11.2 – Расчет денежного потока

Наименование	Ед. изм	2 вариант
Доход	тыс. грн	109,96
Амарт. отч.	тыс. грн	0,0821
Денежный поток	тыс. грн	110,04

Таблица 11.3 – Расчет дисконтированного денежного потока(ДДП)

Год	ДП	$K_{дт} = 15\%$	ДДП
1	110,04	0,8696	95,69
2	110,04	0,7561	83,21
Σ ДДП			178,90
Среднегодовой денежный поток			89,45

Таблица 11.4 – Расчет дисконтированного денежного потока(ДДП)

Год	ДП	$E_k = 88\%$			$E_k = 89\%$		
		$K_{дт}$	ДГП	ЧДД	$K_{дт}$	ДГП	ЧДД
0	-89,45	1		-89,45	1		-89,45
1	110,04	0,532	58,53	30,92	0,529	58,22	31,23
2	110,04	0,283	31,135	-0,22	0,28	0,28	0,42

Таблица 11.5 – Показатели эффективности

Показатель	Значение
Денежный поток, тыс. грн	110,04
Чистый дисконтированный доход, тыс. грн	20,59
Индекс доходности	1,23
Период окупаемости, лет	1,3
Внутренняя норма доходности, %	88,34

В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что внедрение данного проекта является экономически эффективным. Таким образом, чистый дисконтированный доход от внедрения разработанной технологии на очистных сооружениях водопровода равен 20,59 тыс. грн, а период окупаемости равен 1,3 года.

Контрольные вопросы

1. Объясните понятие ЧДД, ДП, ДДП, ИД, ПО, ВНД.
2. Методика определения экономической эффективности от внедрения активированного раствора коагулянта на очистных сооружениях г. Светловодска.
3. Затраты на оплату труда, расчет тарифного и премиального фонда зарплаты при внедрении активированного раствора коагулянта.

4. Удельные кап. вложения и амортизационные отчисления при определении экономического эффекта от внедрения активатора реагентов.
5. Расчет денежного потока ДДП при внедрении активатора реагентов.

Тесты для самоконтроля

1. ЧДД (чистый денежный доход) – это

А) разница между приведенной к теперешней стоимости путем дисконтирования суммы нахождения от реализации проекта и суммы инвестиционных расходов;

Б) сумма дисконтированного денежного потока за весь период эксплуатации инвестиционного проекта;

В) сумма инвестиций на реализацию проекта и других расходов.

2. Формула для определения ЧДД

А) $ЧДД = (\sum ИВ + V_{ин})$;

Б) $ЧДД = \sum ГП_t - (\sum В + V_{ин})$;

В) $ЧДД = \sum ДГП_t - (\sum ИВ + V_{ин})$.

3. ПО (период окупаемости) – это

А) отношение суммы инвестиций к среднегодовой сумме дисконтированного чистого денежного потока;

Б) сумма дисконтированного денежного потока за весь период эксплуатации инвестиционного проекта;

В) срок эксплуатации объекта инвестирования.

4. Как обозначаются в формулах инвестиции?

А) $\sum ИВ$;

Б) $\sum ДДП$;

В) ИВ.

5. Верно ли утверждение, что показатель ВНД можно интерпретировать как нижний гарантированный уровень прибыльности инвестиционного проекта?

А) Верно;

Б) не верно;

В) частично верно.

6. ВНД (внутренняя норма дохода) – это

А) дисконтированный (приведенный) денежный поток;

Б) размер ставки процента, при котором чистая приведенная стоимость проекта равняется нулю, т.е. приведенная стоимость ожиданий денежного притока равняется приведенной стоимости оттоков;

В) разница между приведенной к теперешней стоимости путем дисконтирования суммы нахождения от реализации проекта и суммы инвестиционных расходов.

ОТВЕТЫ

на тесты для самоконтроля

Тема 1	1	2	3	4	5
	Б	В	А, Б	В	Б, В
	6	7			
	А	Д			
Тема 2	1	2	3	4	5
	А, В	Б	Б	Б	В
	6	7	8		
	А	А	Б		
Тема 3	1	2	3	4	5
	А	А, В	А, В, Г	Б	Б
Тема 4	1	2	3	4	5
	Б	Б	А	А	Б
	6	7	8	9	10
	Б	А	А	Б	В
	11	12	13	14	15
	Б	А	А	Б	А
	16	17	18	19	
	Б	Б	А	А	
Тема 5	1	2	3	4	5
	А	А,В	А	Б,В	А,Г
	6	7	8	9	10
	Б,Г	Б,Г	А,Г	Б	В
	11	12	13	14	15
	А	Г	В	А	А
	16	17	18	19	20
	Б	Б	В	В	Б
	21	22	23	24	25
	Б,В	Б,В	Б,Г	А	Б,В
	26	27	28	29	30
	А	В	А,Б,В	А,В	Г
	31	32	33		
А	А,Б	Б			
Тема 6	1	2	3	4	5
	А	Д,В,А,Г,Б	Б	В	А
	6				
	Б				
Тема 7	1	2	3	4	5
	Б	А	А	В	А
	6				
	В				

Тема 8	1	2	3	4	5
	Б	А	Б	В	В
	6				
	А				
Тема 9	1	2	3	4	5
	А	Б	Б	В	В
Тема 10	1	2	3	4	5
	В	А	А	Б	А
	6	7	8	9	
	А	В	А	Б	
Тема 11	1	2	3	4	5
	А	В	А	А	А
	6				
	Б				

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водный кодекс Украины. [Электронный ресурс] Кодексы Украины. – Режим доступа. – <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/main/t21>
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10 : Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Электронный ресурс] Законы Украины. – Режим доступа. – <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
3. Душкин С. С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды: монография / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная ; Харьков. нац. акад. город. хоз-ва. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – 95 с.
4. Душкин С. С. Физические методы водоподготовки: учеб. пособие / С. С. Душкин. – Киев : УМКВО, 1989. – 151 с.
5. Эпоян С. М. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды : монография / С. М. Эпоян, Г. И. Благодарная, С. С. Душкин, В. А. Сташук ; Харьков. нац. акад. гор. хоз-ва. – Харьков : ХНАГХ, 2013. – 190 с.
6. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабенков. – М. : Наука, 1977. – 356 с.
7. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод : монография / С. С. Душкин, А. Н. Коваленко, М. В. Дегтярь, Т. А. Шевченко ; Харьков. нац. акад. город. хоз-ва. – Харьков : ХНАГХ, 2011. – 146 с.
8. Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – М. : АСВ, 2004. – 704 с.
9. Дренажные системы «ЭКОТОН» [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://www.ekoton.com/>
10. Экополимер. Водоснабжение коммунальных предприятий [Электронный ресурс] : Режим доступа: <http://www.ecopolymer.com/>
11. Бредихин М. Н. Мембранные методы очистки воды [Электронный ресурс] Журнал «Инновации. Технологии. Решения» : Режим доступа : <http://www.sibai.ru/membrannyye-metodyi-ochistki-vodyi.html>
12. Утечки воды из водопроводной сети и меры по обеспечению надежности водораспределительной системы : учеб. пособие / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная, Н. М. Яковенко, О. Н. Кудлач. – Харьков, 2012. – 176 с.
13. Инструкция по борьбе с утечками и потерями воды на городских водопроводах / ред. Бальян Л. Г. – М. : Стройиздат, 1988. – 80 с.
14. Мешенгиссер Ю. М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / Ю. М. Мешенгиссер. – М. : ООО Издательский Дом «Вокруг цвета», 2012. – 211 с.
15. Душкин С. С. Улучшение технологии очистки природных и сточных вод / С. С. Душкин. – Киев: Вища школа, 1988. – 148 с.

Навчальне видання

ДУШКІН Станіслав Станіславович
ДУШКІН Станіслав Сергійович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни

**«РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ОЧИЩЕННІ
ПРИРОДНИХ І СТІЧНИХ ВОД»**

*(для студентів всіх форм навчання
освітнього рівня «магістр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна
інженерія спеціалізації (освітньої програми) «Водопостачання і
водовідведення»)*

(рос. мовою)

Відповідальний за випуск *В. О. Ткачов*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *С. С. Душкін*

Комп'ютерне верстання *С. С. Душкін*

План 2017, поз. 85Л

Підп. до друку 29.06.2017
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 4,2
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.