

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(институт)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование института полностью)

08.04.01 «Строительство»

(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Совершенствование обработки природной воды от
органического загрязнения»

Студент

В.П. Дмитриева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.А. Селезнев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

к.т.н., доцент В.М.Филенков

(ученая степень, звание, И.О.Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент В.М.Филенков

(ученая степень, звание, И.О.Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	6
1.1 Качество воды поверхностных источников водоснабжения	6
1.2 Технологии очистки природных вод от органического загрязнения	21
1.3 Современные технологии подготовки питьевой воды	31
1.4 Выводы по 1 главе	43
ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ООО «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ»	44
2.1 Состояние поверхностного источника водоснабжения (Куйбышевское водохранилища)	44
2.2 Забор и очистка воды Куйбышевского водохранилища на ООО «АвтоградВодоканал»	52
2.3 Реагенты и условия их применения	55
2.4 Сооружения, использующие для смешивания реагентов	62
2.5 Выводы по 2 главе	74
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	75
3.1 Сравнение применения коагулянтов СА и ОХА для очистки питьевой воды	75
3.2 Технико-экономическое сравнение реагентов	78
3.3 Рекомендации для усовершенствования схемы технологии питьевой воды	80
3.4 Выводы по 3 главе	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	85

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы: Очистка воды от техногенных загрязнений является одной из наиболее важных и трудно решаемых задач современности.

Питьевая вода – вода по своему качеству в естественном состоянии или после обработки, предназначенная для питьевых и бытовых нужд человека, либо для производства пищевой продукции, должна отвечать требованиям, которые установлены нормативами. К сожалению, сейчас становится все труднее найти чистую природную воду, которая пригодна для питья.

Природные водоемы на территории РФ, которые используются как источник водоснабжения, характеризуются малой мутностью вод, высокой цветностью, а так же низкими среднегодовыми температурами.

В снабжении населения питьевой воды, существует две основных проблемы – ее количество и качество. Питьевая вода требует не только знания о химических веществах, и необходимых для жизни примесей, но и радикальные способы очистки воды, особенно от вредных веществ.

На станциях водоочистки поверхностные воды проходят традиционную технологию очистки воды. Она включает в себя реагентную обработку, отстаивание, осветление, фильтрование.

Органические вещества, находящиеся в водах, резко ухудшают органолептические показатели воды, вызывая тем самым различного рода запахи, повышая цветность, и оказывая неблагоприятное воздействие на организм человека и животных.

Куйбышевское водохранилище – одно из важных климатообразующих компонентов ландшафта, и имеет большое эстетическое предназначение. Кроме того, для г. Тольятти, Куйбышевское водохранилище является дополнительным источником водоснабжения. В связи с этим отслеживание состояния экологичной системы водоема является актуальной задачей.

В данной магистерской работе будет рассмотрена схема по водоподготовке воды для питьевых нужд населения, использующая на ООО «Автоград-Водоканале». В рамках диссертационной работы предложена схема усовершенствования очистки питьевой воды от органических загрязнений.

Объект исследования: Системы водоподготовки природной воды.

Предмет исследования: Очистка воды от взвешенных, коллоидных и органических загрязнений.

Цель работы: Выбор методов очистки воды от взвешенных, коллоидных и растворенных органических веществ.

Для достижения цели поставлены следующие научно-технические задачи:

- 1) Оценка и анализ качества воды источника водоснабжения (Куйбышевское водохранилище)
- 2) Анализ существующих технологий очистки природной воды от органических загрязнений
- 3) Разработка предложения по совершенствованию методов очистки воды от органических веществ на Куйбышевском водохранилище

Научная новизна заключается:

- 1) В проведение теоретического анализа существующих методов очистки воды;
- 2) В описании применения схем очистки воды и оценки их эффективности;
- 3) В разработке рекомендаций по применению усовершенствованной обработки природной воды.

Практическая значимость работы заключается

В оценке эффективности и совершенствования схемы обработки воды от органических загрязнений на Куйбышевском водохранилище, которые приведут к повышению качеству воды для питьевого водоснабжения.

Личный вклад автора: заключается в обосновании темы, целей и задач, в выборе объекта исследования, в анализе существующих схем очистки воды, в сравнении экономических показателей реагентов, в разработке и обосновании методике исследования.

На защиту выносятся: Схема обработки воды от органических загрязнений.

Апробация работы:

1. Чануквадзе В.П., Селезнев В.А.. Очистка воды от органических загрязнений // XV Международная научно-практическая конференция. Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. 2007. С. 99 – 103.

2. Дмитриева В.П., Селезнев В.А. Оценка и анализ качества воды источника водоснабжения на примере Куйбышевского водохранилища //Сборник статей ТГУ, 2018

3. Дмитриева В.П., Селезнев В.А. Совершенствование технологической схемы для очистки природной воды // Наука среди нас. №4 (8). 2018. С.188 – 191.

4. Основные положения по совершенствованию технологической схемы по очистке органических загрязнений были доложены на научно-практической конференции «Студенческие дни науки в ТГУ». Г.Тольятти, Тольяттинский государственный университет, Архитектурно-строительный институт, 2018.

Структура и объем диссертации:

Диссертация состоит из введения, трех основных глав, общих выводов, библиографического списка из 74 наименований. Общий объем работы 91 страница, включая 29 иллюстраций и 10 таблиц.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

1.1 Качество воды поверхностных источников водоснабжения

Основополагающим моментом при организации населённых мест водой питьевого назначения является выбор источника водоснабжения и обеспечение его надлежащего качества питьевой воды.

Выбор источника водоснабжения должен осуществляться в соответствии с ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические и технические требования и правила выбора».

«Так же необходимо выделить несколько существующих стандартов на питьевую воду:

- Российский стандарт, который определяется соответствующими нормами и ГОСТ;
- Стандарт Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)
- Стандарт США и Стандарт стран Европейского союза»

«В качестве основного критерия при выборе источника, выше указанный нормативный документ, указывает на их санитарную надёжность, под которой понимается защищённость от загрязнений» [8].

«Согласно этому критерию, в первую очередь должны использоваться межпластовые напорные (артезианские) воды. Только в случае их отсутствия или недостаточности запасов рекомендуется переходить к другим источникам водоснабжения в порядке снижения их санитарной надёжности: межпластовые безнапорные воды, грунтовые воды, поверхностные водоемы (реки, водохранилища, озера, каналы)» [8].

«Из-за недостаточности запасов подземных вод в практике водоснабжения часто используют поверхностные водоисточники, которые

подвергаются загрязнению за счет спуска хозяйственных, фекальных и промышленных сточных вод и т.д.» [8].

«Отличиями качества поверхностных водоисточников, по сравнению с подземными, является более низкий уровень минерализации, большее количество взвешенных веществ, высокая цветность и высокий уровень микробного загрязнения» [8].

В связи с этим, воды этих источников не отвечают тем требованиям, которые предъявляются к воде питьевого назначения, и поэтому перед подачей в распределительную водопроводную сеть ее необходимо подвергать очистке и обеззараживанию.

«Качество воды природных источников определяют по наличию в ней веществ неорганического и органического происхождения и характеризуют различными физическими, химическими, биологическими и бактериологическими показателями» [36].

По требованиям, которые изложены в санитарных нормах питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и рациональном отношении, безвредна по химическому составу, и иметь приятные органолептические свойства.

«Требования, которым должна соответствовать вода, изложены в санитарных нормах и правилах РФ (СанПиН) и международных нормативах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)» [36].

К физическим показателям качества воды относятся: температура, запах, вкус, цветность, мутность.

Химическими показателями являются: «общее количество растворенных веществ или сухой остаток, активная реакция или рН воды, окисляемость, щелочность, наличие различных компонентов» [9]

Биологические показатели определяются наличием водных организмов, которые находятся на поверхности (планктон) и в толще (нейстон) воды.

Бактериологические, или санитарные показатели, характеризуют содержанием в воде бактерий кишечной палочки, а также общую бактериальную загрязненность.

Требования к качеству природных вод зависят от их целевого предназначения. Различают воду, используемую для хозяйственно-бытовых целей, сельскохозяйственных и технологических целей и охлаждения.

«Для подготовки воды питьевого качества могут быть приняты только те методы, по которым получены положительные гигиенические заключения» [9]

«Выбор технологической схемы обработки воды необходимо проводить согласно рекомендациям, а также классификаторов технологий очистки природных вод» [16]

Воды источников водоснабжения подразделяются [48]:

а) в зависимости от расчетной максимальной мутности (ориентировочно количество взвешенных веществ) на:

маломутные – до 50 мг/л;

средней мутности – св. 50 до 250 мг/л;

мутные – св. 250 до 15000 мг/л;

высокомутные – св. 1500 мг/л;

б) в зависимости от расчетного максимального содержания гумусовых веществ, обуславливающих цветность воды, на:

малоцветные – до 35⁰;

средней цветности – св. 35 до 120⁰

высокой цветности – св. 120⁰

«Под цветностью понимается естественная окраска природной питьевой воды. Цветность косвенно характеризует наличие в воде некоторых органических растворенных веществ и является одним из важных показателей, который позволяет правильно выбрать систему водоподготовки. Главными «виновниками» цветности воды, являются вымываемые из почвы органические вещества (в основном гуминовые и фульвовые кислоты)» [65].

Показатель, характеризующий интегральную загрязненность воды, т.е. содержание в воде окисляющихся органических примесей, которые в определенных условиях окисляются сильным химическим окислителем, называется окисляемостью. Другими словами, это «количество миллиграмм кислорода, эквивалентное количеству реагенту (окислителя), пошедшее на окисление веществ, содержащихся в 1 л воды. Различают несколько видов окисляемости воды: перманганатную, бихроматную, иодатную» [65].

Величина бихроматной окисляемости обычно используется для определения такого важного показателя как ХПК – химическая потребность в кислороде. ХПК используется для характеристики загрязненных природных поверхностных вод. Бихроматная окисляемость позволяет получить наиболее полно характеризующее присутствие органических загрязнителей.

На практике для определения характеристики питьевой воды используется перманганатная окисляемость. Соответственно, чем больше данное значение, тем выше концентрация загрязнителей.

Для проектирования сооружений станций водоподготовки расчетные максимальные значения мутности и цветности следует определять по данным анализов воды за последние 3 года.

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1, т.е [48]:

$$\frac{C_{факт}^1}{C_{доп}^1} + \frac{C_{факт}^2}{C_{доп}^2} + \dots + \frac{C_{факт}^n}{C_{доп}^n} \leq 1 \quad (1.1)$$

где $C_{факт}^1, C_{факт}^2, C^n$ – концентрации индивидуальных химических веществ первого и второго класса опасности, фактическая (факт.) и допустимая (доп.).

Качество воды источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения должно соблюдать регламенты на питьевую воду. В связи с этим установлены нормативные требования. Эти стандарты предусматривают подразделения подземных и поверхностных источников водоснабжения.

Классификация подземных источников водоснабжения подразделяется на три класса [19]:

1 класс – качество воды по всем показателям удовлетворяет требованиям ГОСТ 2874 (вода не требует обработки);

2 класс – качество воды имеет отклонения по некоторым показателям от требований, представленных в ГОСТ 2874. Эти отклонения устраняются аэрированием, фильтрованием, обеззараживанием;

3 класс – качество воды не соответствует требованиям ГОСТ. Доведение качества воды достигается методами обработки, предусмотренными во 2-ом классе, с применением дополнительных методов: фильтрование с предварительным отстаиванием, использованием реагентов и т.д.

Поверхностные источники водоснабжения делятся так же на три класса [19]:

1 класс – для получения воды, соответствующей ГОСТ 2874, требуется обеззараживание, фильтрование с коагулированием или без него;

2 класс - для получения воды, соответствующей ГОСТ 2874, требуется коагулирование, отстаивание, фильтрование, обеззараживание; при наличии фитопланктона – микрофильтрование;

3 класс - доведение качества воды до требований ГОСТ 2874, достигается методами обработки, предусмотренными во 2-ом классе, с применением дополнительных – дополнительной степени осветления, применение окислительных и сорбционных методов.

Показатели качества воды, представлены в табл. 1.1, согласно [19].

Таблица 1.1 – Показатели качества воды источников водоснабжения

Наименование показателя	Показатели качества воды источника по классам		
	1	2	3
Подземные источники			
Мутность, мг/дм, не более	1,5	1,5	10,0
Цветность, градусы, не более	20	20	50
Водородный показатель	6-9	6-9	6-9
Железо, мг/дм, не более	0,3	10	20
Марганец, мг/дм, не более	0,1	1	2
Сероводород, мг/дм, не более	отсутствие	3	10
Окисляемость перманганатная, мго/дм, не более	2	5	15
Число бактерий группы кишечных палочек, в 1 дм, не более	3	100	1000
Поверхностные источники			
Мутность, мг/дм, не более	20	1500	10000
Цветность, градусы, не более	35	120	200
Запах при 20 и 60 ⁰ С, баллы, не более	2	3	4
Водородный показатель	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Железо, мг/дм, не более	1	3	5
Фитопланктон, мг/дм, не более	1	5	50
Окисляемость перманганатная, мго/дм, не более	7	15	20
Число лактозоположительных кишечных палочек, в 1 дм, не более	1000	10000	50000

Воды, имеющие загрязнения в виде органических загрязнений пагубно влияют на состояние водоемов и организм человека.

Сегодня проблема качества питьевой воды волнует многих людей. Существует множество причин загрязнения воды питьевого назначения. Часто водопроводная вода берётся из доступных поверхностных источников. Вследствие употребления воды низкого качества человек страдает от различных заболеваний.

«Состав источников, из которых происходит водоснабжение населения, напрямую влияет на здоровье человека. В совершенстве, в воде не должны содержаться примеси, которые оказывают негативное воздействие на

здоровье. Однако, природные воды должны содержать достаточное количество микроэлементов, участвующих в обменных процессах живых организмов» [9].

«Содержание в природной воде нефтепродуктов и других органических веществ вызывает хроническую патологию в работе организма человека, онкологические заболевания, а также нарушение репродуктивной функции организма» [9].

«Одним из наиболее опасных компонентов питьевой воды являются тяжелые металлы. Они способны накапливаться в тканях и тем самым, вызывать острые отравления и тяжелые хронические заболевания. Основным источником поступления тяжелых металлов в окружающую среду являются предприятия черной и цветной металлургии, автомобильный транспорт, а также бытовые химические источники тока» [36].

Органические вещества, которые обуславливают повышенное значение перманганатной окисляемости, отрицательно влияют на центрально-нервную систему человека, печень, почки, а также на иммунную систему в целом

В таблице 2 представлены нормативные показатели предельно-допустимой концентрации примесей, а также их влияние на здоровье человека.

Природная вода представляет собой многокомпонентную динамическую систему, в состав которой входят газы, микроорганизмы, минеральные и органические вещества, находящиеся в истинно растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях.

Из растворенных в природных водах газов наиболее важными для оценки качества воды являются CO_2 , O_2 , H_2S , N_2 и CH_4 . Их содержание в воде зависит от природы и парциального давления газа, температуры, состава водной среды и других факторов.

Таблица 1.2 – Влияние компонентов питьевой воды на здоровье человека

Компонент питьевой воды	Норматив (ПДК), не более мг/л	Влияние на организм человека
Алюминий	0,5	Воздействие на функции нервной системы
Барий	0,1	Нарушение сердечно-сосудистой системы
Железо	0,3	Аллергические реакции
Бор	0,5	Нарушение функций пищевой, сердечно-сосудистой и нервной систем организма
Магний	20	Недостаток приводит к нарушению функций нервной системы и мышц сердца, а избыток – развитие болезней желудочно-кишечного тракта
Марганец	0,1	Недостаток приводит к нарушению крови, избыток – воздействие на центральную нервную систему и на легкие
Фтор	1,5	Образование кариеса
Хром	0,5	Недостаток – уменьшение скорости роста, избыток – аллергические реакции

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства (вкус и привкус, запах, цветность, мутность и др.).

Качество воды должно соответствовать гигиеническим нормативным требованиям перед поступлением в распределительную сеть.

Факторы, определяющие качество природной воды представлены на рисунке ниже.



Рисунок 1.1 – Факторы, определяющие качество природной воды

«Значительным поставщиком органических веществ в природную воду является почвенный гумус, продукты жизнедеятельности и разложения растительных и животных организмов, сточные воды бытовых и промышленных предприятий» [49].

Наличие в воде взвешенных веществ свидетельствует о ее загрязненности твердыми нерастворимыми примесями (частички глины, песок, илистые вещества, водоросли и другие вещества минерального и органического происхождения) во время весенних и осенних паводков, а также в результате размыва русел рек.

«Наименьшая мутность наблюдается зимой, когда водоемы покрыты льдом, наибольшая – весной в период паводка, а также летом, вследствие выпадения дождей, развития мельчайших плавающих живых организмов и водорослей. Повышение мутности воды может быть связано так же выделением некоторых карбонатов, гидроксидов алюминия, марганца,

высокомолекулярных органических примесей гумусового происхождения, появлением фито- и зоопланктона» [36].

«Взвешенные вещества попадают в воду в результате смыва твердых частичек (глины, песка, илистых веществ) верхнего покрова земли дождями или талыми водами во время весенних и осенних паводков, а также в результате размыва русел рек. Общее количество взвешенных веществ, которые содержатся в воде, характеризуются мутностью и прозрачностью (величина, обратная мутности)» [9]. Соответственно, наименьшая мутность наблюдается зимой, когда водоемы покрыты льдом, наибольшая – весной, в следствии периодов паводков, и летом – в период выпадения дождей и развития мельчайших плавающих живых организмов и водорослей.

Повышение мутности может быть вызвано выделением некоторых карбонатов, гидроксидов алюминия, марганца, присутствием в воде органических загрязнений гумусового происхождения, появлением фито-зоопланктона, сбросом неочищенных производственных сточных вод и др.

Органические вещества, которые присутствуют в природных водах, оказывают влияние на органолептические показатели, вызывая различного рода запахи, повышает цветность и оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека и животных. Самыми значительными поставщиками органических веществ в природную воду являются почвенный и торфяной гумус, продукты жизнедеятельности и разложения растительных и животных организмов, сточные воды бытовых и промышленных предприятий [56].

Наличие в воде взвешенных и органических веществ препятствуют использованию ее для хозяйственных целей. В журнале «Chemical Abstracts» описано свыше 15 млн. органических соединений, все они в большей или меньшей степени могут находиться в воде. Однако, прямой исчерпывающий анализ всех органических соединений в пробе воды остается невыполнимой задачей. Тем не менее различают две крупные категории примесей:

- «искусственные» органические микро загрязнители, порожденные деятельностью человека (пестициды, углеводороды и т.д.), содержание

которых находится на уровне нескольких микрограммов на литр (отсюда их название);

- природные органические вещества (ПОВ), которые составляют примерно 80-90% в пробе воды от содержания органических веществ.

Природные органические вещества не опасны для здоровья человека, в отличие от «искусственных» микро загрязнителей. Однако, они представляют собой помеху для всех технологий обработки питьевой воды.

Поэтому для технологии очистки воды наибольший интерес представляют гумусовые вещества, окрашивающие природные воды в различные оттенки желтого и бурого цветов.

«Гумусовые вещества (от лат. Humus – земля, почва)» [36], впервые были выделены из торфа немецким ученым Ахардом в 1786 году. Они разделяются на гумусовые кислоты и гумин.

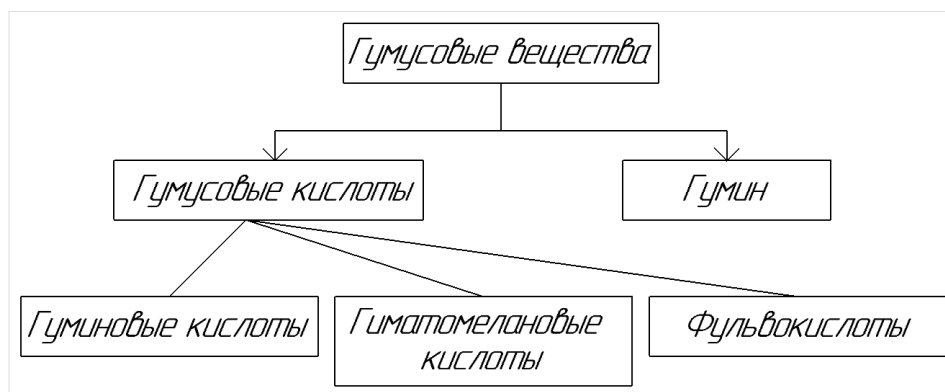


Рисунок 1.2 – Состав гумусовых веществ

«Гумусовые кислоты представляют собой сложные смеси биохимически устойчивых высокомолекулярных соединений, которые подразделяются на три основные группы: гуминовые кислоты, гиматомелановые кислоты и апокреновые (фульвокислоты)» [36].

Гуминовые и фульвокислоты могут находиться в почве в свободном состоянии, в виде солей с катионами щелочных и щелочно-земельных металлов, комплексных и внутрикомплексных соединений с железом,

алюминием, марганцем, медью и, наконец, в виде адсорбционных органо-минеральных соединений.

Таблица 1.3 – Средний элементарных состав гумусовых кислот выделенных из разных природных материалов

Источник	C	H	N	O
Каменные угли	66	4,4	1,8	27,8
Бурые угли	66	4,6	1,3	28,1
Торфы	56	5,5	2,2	33,3
Сапропели	58	6,3	4,8	30,9
Подзолы	53	4,4	4,2	38,4
Черноземы	58	4,3	4,1	33,6

«Гуминовые кислоты содержат 46-62% углероды, 3-6% азота, 3-5% водорода и 32-38% кислорода. Для фульвокислот характерно 36-44% углерода, 3-4,5% азота, 3-5% водорода и 45-50% кислорода, т.е. они отличаются от гуминовых кислот пониженным содержание углерода и повышенные – кислороды, они более окислены, чем другие гуминовые кислоты» [36].

Обобщенно различия между гуминовыми и фульвокислотами можно представить в виде таблицы 4.

Химический состав и свойства гуминовых и фульвокислот определяют их дисперсное состояние, процентное содержание и соотношение в поверхностных водах.

Таким образом, «разнообразие гумусовых кислот по молекулярной массе, количеству и виду функциональных групп, различная растворимость их в воде требует применения комплексной технологии очистки воды» [36].

Таблица 1.4 – Характеристики гумусовых кислот

Показатель	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты
Элементарный состав		
С	46-62%	36-44%
Н	3-5%	3-5%
N	3-6%	3-4,5%
O	32-38%	45-50%
Тип	Амфотерный полиэлектrolит	Амфотерный полиэлектrolит
Молекулярная масса: Диапазон	1000 – 1000000	100 – 50000
Средняя масса	10 000	5000
Функциональные группы	Аминные, амидные, фенольные, карбоксильные	Аминные, амидные, фенольные, карбоксильные
Водородный показатель, рН	3; 4,77; 10,0	4,3; 8,0; 9,3
Растворимость в воде		
Кислот	Нерастворимы	Растворимы
Солей натрия	Растворимы	Растворимы
Комплексы: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} и др.	Нерастворимы	Растворимы
Содержание в реках, % от цветности	0-20	80-100
Удельная цветность, град/мг	12,2	3,1
Удельная перманганатная окисляемость на мг кислот	0,79	0,45
Удельная перманганатная окисляемость на град цветности	0,065	0,145

«Способность гумусовых веществ образовывать растворимые комплексы с алюминием приводит к неудовлетворительному качеству воды по многим показателям, в том числе: цветности, мутности, содержанию органических веществ и содержанию растворенного алюминия. В период паводков, как было сказано выше, повышается цветность и содержание взвешенных веществ. Попытки увеличить дозу коагулянта при

водоподготовке не дают требуемого эффекта, а, наоборот, в воде повышается концентрация остаточного алюминия» [9].

В таблице 5 представлены данные качества воды, которые составлены на основании материалов, которые изложены Министерством природных ресурсов и экологии РФ. Анализ производился по ряду крупных рек в Европейской части России и в Сибири, которые используются в качестве источника водоснабжения.

В таблицу включены показатели природного и антропогенного загрязнения поверхностных источников водоснабжения по мутности, содержанию органических веществ, выражаемых цветностью, перманганатной окисляемостью, БПК и ХПК. В качестве сравнения приведены так же предельно-допустимые концентрации.

«Анализ данных показывает, что большинство основных рек Европейской территории России (Волга, Северная Двина, Дон) и Сибири (Обь, Иртыш, Томь, Лена) характеризуются повышенной окисляемостью, цветностью (до 3 и более ПДК) и относительно малой мутностью вод (до 50 мг/л). Это объясняется тем, что примерно 1/3 территории России приходится на районы, где реки берут начало и протекают через болота. При этом водные источники насыщаются природными органическими примесями гумусовой природы (гуминовыми и фульвокислотами), которые главным образом обуславливают цветность и окисляемость воды» [9].

Таблица 1.5 – Параметры качества воды поверхностных источников водоснабжения России

Показатели качества воды рек	Норматив по СанПин 2.1.4.1074.01 «Вода питьевая»	Волга	Дон	Северная Двина	Кубань	Обь	Иртыш	Томь	Енисей	Лена
		Кл. 3	Кл. 2	Кл. 3	Кл. 2	Кл. 2	Кл. 3	Кл. 3	Кл. 2	Кл. 3
Цветность, град	20	40-70	40-70	30-120	5-20	10-95	11-67	6-65	9-30	15-70
Мутность, мг/л	1,5	2-18	1-20	2,25	140	1-30	3-19	1,57	1-5	2-18
ПМО, мгО ₂ /л	5	14- <u>17</u>	5- <u>16</u>	15- <u>30</u>	2-6	1-6	2-7	2-17	2-6	2-16
БПК ₁ , мг/л	-	1-4,2	3,5- <u>6</u>	1,6- <u>5,4</u>	0,6-3,1	1,5-2,9	2- <u>6,4</u>	2,6- <u>8,4</u>	2-3	3,2- <u>6,3</u>
ХПК, мг/л	-	75-90	48-60	15-44	2-13	21-42	11-45	22-90	-	24-47
Фенолы, мкг/л	1	1-8	1-22	1-3	2-5	1-3	3-6	1-8	1-6	1-5
Нефтепродукты, мг/л	0,1	0,6-1	0,1-1,1	0,1-0,8	-	0,1-0,2	0,1-0,3	0,1-0,5	0,2-0,5	0,1-0,3
Аммоний, мг/л	2	0,3-06	0,2-0,3	-	0,3-1,1	0,1-0,4	0,1-0,9	-	0,1-0,6	0,4-1,2
Нитриты, мг/л	3	0,01-0,04	0,01-0,1	-	0-0,02	0,01-0,1	0-0,06	-	0-0,05	0,02-0,1
Железо, мг/л	0,3	0,3-0,7	0,2-0,4	0,5-1,5	0,1-0,2	0,1-0,4	0,3-2,6	0,2-0,5	0,1-0,3	0,2-0,5
Марганец, мг/л	0,1	0,05-0,2	0,1-0,5	-	0,1-0,6	0,02-0,1	0,05-0,2	0,02-0,1	0,1-0,3	0,02-0,1
Медь, мг/л	1	0,01-0,05	0-0,01	0,01-0,1	0-0,08	0-0,005	0,01-0,1	-	0-0,02	0,5-0,1
Цинк, мг/л	5	0-0,02	-	0-0,03	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1	-	0,01-0,12	0-0,08
ДДТ, мкг/л	2	0-0,02	0-0,06	0-0,07	-	0-0,03	0-0,03	0-0,02	0-0,01	0-0,05
Линдан, мкг/л	2	-	-	-	-	0,018	0-0,02	-	-	-

Примечание: подчеркнуты значения параметров, по которым источник водоснабжения может быть отнесен к 3-му классу по существующей санитарной классификации источников хозяйственно-питьевого водоснабжения

Практически все водоемы загрязнены специфическими органическими веществами в концентрациях превышающих ПДК от двух до двенадцати раз, что свидетельствует об их значительном природном и антропогенном загрязнении.

Для контроля качества воды перед поступлением в распределительную сеть предусмотрено проведение анализа по микробиологическим, химическим и органолептическим показателям, установленным в стандарте. Для водоемов с поверхностным источником водоснабжения частота проведения анализов должна составлять не реже одного раза в неделю (в весенне-осенний период – ежедневно) при числе населения до 10 тыс.чел. и ежедневно при большей численности. [64].

В России основными источниками для хозяйственно-питьевого, а также промышленного водоснабжения являются реки, озера, искусственные водоемы, в которых цветность воды по платиново-кобальтовой шкале колеблется от 50 до 400 градусов зимой и в паводковый период соответственно.

В водных источниках высокие значения цветности, БПК и ХПК, а также ПМО при относительно малой мутности воды свидетельствует о наличии в ней большого количества органических компонентов природного и техногенного происхождения в коллоидном и растворенном состоянии.

Целый ряд водоемов в России характеризуются кратными превышениями норм ПДК по содержанию в воде железа и марганца, причиной образования которых являются гуминовые и фульвокислоты.

1.2 Технологии очистки природных вод от органического загрязнения

Необходимость в очистке природной воды от загрязнения возникает тогда, когда качество источников водоснабжения не удовлетворяет требованиям, которые предъявляются нормативами.

Среди загрязняющих воду природных веществ органические вещества стоят на одном из первых мест. Это объясняется из высокой распространенностью в быту и природе, часто хорошей растворимостью в воде.

Для удаления органических загрязнений в природной воде используются различные методы: реагентные, включая озонирование; безреагентные, включая мембранное разделение; ионообменные и другие методы.

Под технологией улучшения качества воды предполагаются процессы, которые направлены на изменение ее физико-химических и биологических свойств.

Основной целью обработки воды является ее получение, пригодное для бытовых, промышленных нужд. Водоподготовка — это сложный процесс, который состоит из основных методов:

- 1) механическая очистка воды, направленна на удаление из воды крупных загрязняющих частиц (песка, планктона, и других тяжелых взвесей). Осуществляется перед поступлением воды на очистные сооружения.
- 2) химическая очистка воды, производится для приведения к нормативным показателям качества воды с помощью осветления, коагуляции, фильтрации, умягчения и обеззараживания.

Методы обработки воды можно классифицировать на следующие группы:

- 1) улучшение органолептических свойств воды, достигается при помощи осветления, обесцвечивания, дезодорации;
- 2) обеспечение эпидемиологической безопасности, т.е. хлорирование, озонирование, ультрафиолетовая радиация;
- 3) улучшение минерального состава при помощи фторирования, обезжелезивания, умягчения и обессоливания воды.

В таблице ниже представлены методы обработки воды для улучшения ее качества.

Таблица 1.6 – Методы обработки воды для улучшения ее качества

Показатели качества воды	Допустимые величины	Методы обработки воды
Температура	Оптимальная величина температуры от 7 до 11 градусов	Охлаждение в градирнях
Привкус и запах	Для питьевой воды при температуре 20 градусов не более 2 баллов	Обработка хлором, озоном, активированным углем.
Содержание взвешенных веществ	Для питьевой воды не более 2 мг/л	Естественное отстаивание, отстаивание с предварительным коагулированием
Цветность	Для питьевой воды не более 20 градусов	Коагулирование с последующим отстаиванием и фильтрованием, хлорирование, озонирование

Под осветлением воды понимается удаление взвешенных веществ. В основном требуется для поверхностных вод. Осветление воды производится на начальном этапе очистки питьевой воды и может быть достигнуто путем отстаивания воды в отстойниках, путем осветления и фильтрования.

Коагуляция направлена на очищение воды от коллоидно-дисперсных веществ. Коагулянты, в роли которых выступают соли алюминия, помогают маленьким частицам органики, которые находятся во взвешенном состоянии (планктон, микроорганизмы) склеиваться между собой, тем самым превращая их в тяжелые хлопья, которые выпадают в осадок. Для того, чтобы усилить сцепление частиц между собой, добавляют флокулянты.

Отстаивание воды происходит в специальных резервуарах с переливным механизмом, где нижний слой жидкости движется медленнее верхнего слоя. В следствии того, что скорость воды в резервуаре низкая, создаются условия для выпадения в осадок тяжелых загрязненных частиц.

Фильтрация помогает избавиться от примесей химического и биологического происхождения, которые находятся в воде на 95%.

В практике для водоочистки от природных малозагрязненных вод определяют перманганатную окисляемость, а в более загрязненных водах – бихроматную окисляемость (химическое потребление кислорода – ХПК).

Перманганатной окисляемостью называется величина, которая характеризует общее содержание в воде органических и минеральных веществ. Выражается в миллиграммах кислорода, затраченного на окисление веществ, которые содержатся в 1 литре воды/

Согласно [48], предельно-допустимая концентрация питьевой воды по перманганатной окисляемости составляет 5,0 мг/дм³. Следовательно, если концентрация ПМО в воде превышает нормативную величину, необходима очистка воды от органики одним из существующих методов. Высокий показатель перманганатной окисляемости свидетельствует о присутствии среди органических веществ (гуминовые кислоты, растительная органика и т.д.) значительной доли железобактерий.

При выборе метода очистки природной воды необходимо произвести технико-экономический анализ, который позволит выявить наиболее оптимальный состав очистных сооружений в зависимости от множества факторов (производительность, качественные показатели воды – цветность, мутность, рН, окисляемость, содержание различных примесей и др.)

Используемые в практике технологические схемы по подготовке питьевой воды, можно классифицировать по следующим признакам:

- реагентные и безреагентные;
- по эффекту осветления;
- по числу ступеней технологической схемы;
- по характеру движения воды (напорное и безнапорное).

Как реагентные так и безреагентные технологические схемы используются для подготовки воды на хозяйственно-питьевые нужды. Обработка воды с применением реагентных методов протекают интенсивнее

и эффективнее. Например, для осаждения основной массы взвешенных и коллоидальных частиц при реагентной обработке необходимо 2-4 ч., а во втором случае – несколько суток. Так же применении того или иного метода, влияет на скорость фильтрования, в первом случае фильтрование осуществляется со скоростью 5-12 м/ч, а без использования реагентов 0,1-0,3 м/ч. При использовании реагентов водоочистные сооружения значительно меньше по объему, но сложнее в эксплуатации, по сравнению с безреагентной очисткой. Поэтому безреагентные схемы водоподготовки с медленными, акустическими фильтрами и с гидроциклоном, как правило, применяют для водоснабжения небольших потребителей.

Выбор схемы обработки воды производится исходя из качества исходной воды и санитарных требований, предъявляемых потребителем.

Рассмотрим несколько существующих реагентных технологических схем обработки воды:

- 1) реагентная схема водоподготовки с применением отстойников и фильтров;
- 2) реагентная схема водоподготовки с применением осветлителей и фильтров;
- 3) реагентная схема водоподготовки с применением контактных осветлителей;

«Принцип действия технологической схемы, показанной на рис. 1.3, основан на коагулировании и последовательного осветления воды в отстойниках и на фильтрах» [5].

«При помощи насосов I подъема природная вода подается в смеситель. Одновременно с тем, в смеситель подаются химические вещества (реагенты), которые были приготовлены в цехе (реагентное хозяйство)» [5].

«После того, как воды смешалась с реагентами, она поступает в камеру хлопьеобразования, где происходит физико-химический процесс слипания взвешенных и коллоидальных частиц в более крупные хлопья. Затем вода попадает в отстойник, где движется с низкой скоростью» [17].

На этом этапе основная масса образовавшихся хлопьев выпадает в осадок (на дно отстойников), отделяясь от обрабатываемой воды. Из отстойников вода подается на фильтры для осветления, путем пропуска через толщу песчаной загрузки. Осветленную воду собирают в резервуарах чистой воды, предварительно подвергая ее обеззараживанию.

В процессе очистки воды в толще фильтров накапливаются загрязнения, которые необходимо удалять. Происходит это при помощи отключения фильтра с последующей промывкой. Обработанная вода насосами II подъема перекачивается в разводящую сеть потребителей.

«Основным преимуществом данной схемы является использование отстойников совместно с камерами хлопьеобразования, что позволяет очищать воду любой цветности и мутности» [17].

Недостатками вышеупомянутой схемы, можно выделить относительно большие размеры оборудования и их высокая стоимость.

Технологическая схема, представленная на рис. 1.4 так же предназначена для обесцвечивания и обеззараживания воды. Отличие от схемы, показанной на рис.1.4, состоит в том, что в ней вместо отстойников применяются осветлители.

«При их установке не требуется применение камеры хлопьеобразования, а в осветлителях благодаря хорошему перемешиванию поступающей воды и контакту с ранее образовавшимися хлопьями осадка, процесс коагуляции частиц происходит намного эффективнее и быстрее» [5].

Схема показанная на рис. 1.4 по числу технологических процессов является двух процессной. Первый процесс – обработка воды в слое взвешенного осадка, второй – фильтрование. Оба этих процесса происходят последовательно и однократно, т.е. в одну ступень.

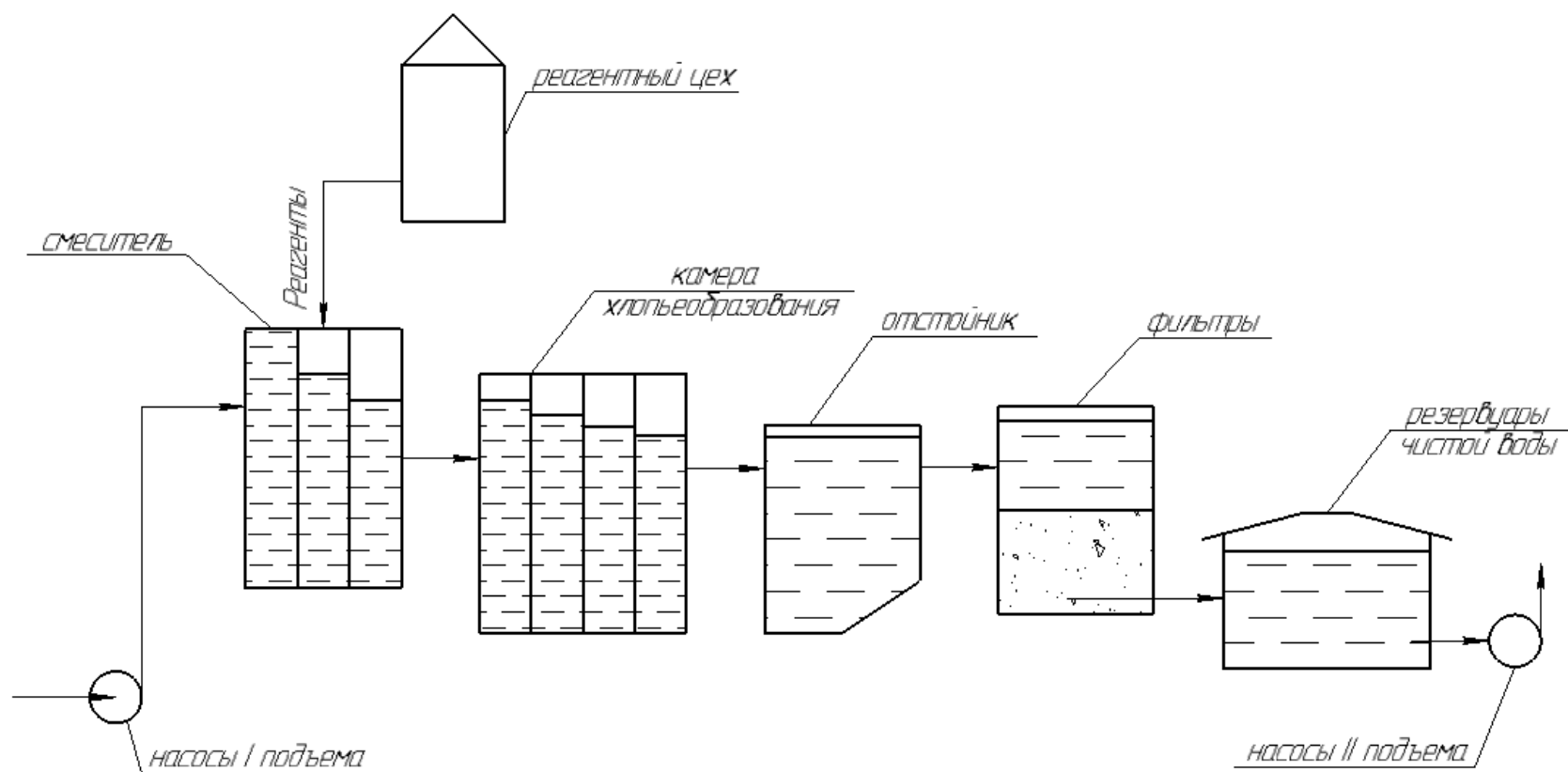


Рисунок 1.3 – Реагентная схема водоподготовки
с применением отстойников и фильтров

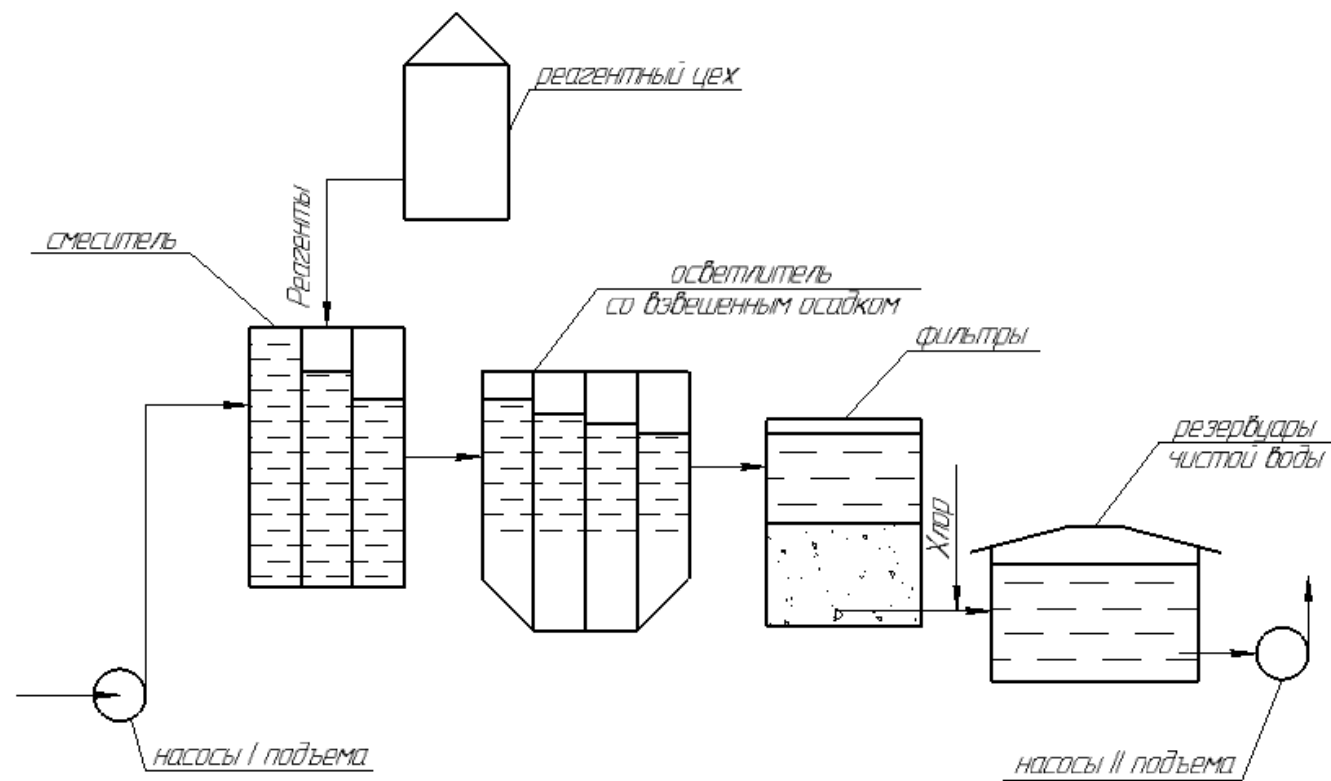


Рисунок 1.4 – Реагентная схема водоподготовки с применением осветлителей и фильтров

Технологическая схема, которая проиллюстрирована на рис. 1.5 имеет лишь одно оборудование, предназначенное для осветления воды – это контактный осветлитель. Это осветлитель с движением воды снизу вверх. В таких сооружениях осветление и коагуляция взвесей происходит одновременно. На поверхности зерен фильтрующего материала происходит укрупнение частиц под действием контактной коагуляции, а не в свободном объеме.

Недостатком данной схемы является применение ее при малых содержаниях взвешенных веществ (до 10-200 мг/л).

По рассмотренным трем технологическим традиционным схемам обработка воды происходит в результате сорбции коллоидных гумусовых веществ, обуславливающих цветность воды.

Обычно, на станциях водоподготовки применяют не менее 2 сооружений каждого типа. Таким образом, можно обеспечить непрерывность работы очистных станций в случае аварии или при отключениях отдельных сооружений для эксплуатационных целей. Высота расположения сооружений предусматривают таким образом, чтобы вода двигалась самотеком, т.е. без дополнительной перекачки воды. Технологические схемы, представленные на рис. 1.3 и 1.4 предусмотрены с учетом этого требования.

Выбор типа водоочистных сооружений и определение оптимального состава реагентов должен производиться на основании химических и технологических анализов обрабатываемой воды.

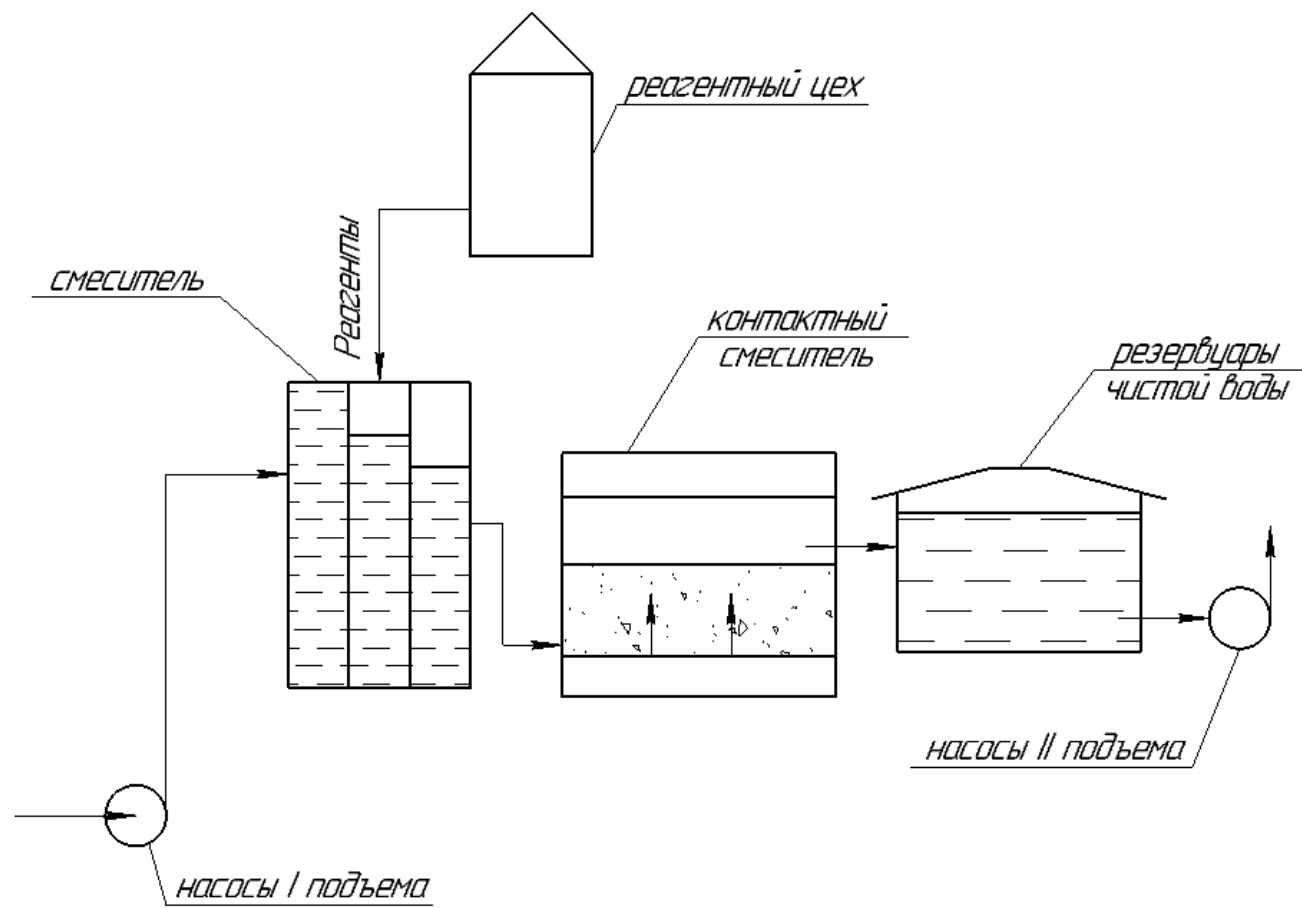


Рисунок 1.6 – Реагентная схема водоподготовки с применением контактных осветлителей

1.3 Современные технологии подготовки питьевой воды

Основным направлением в технологической схеме водоподготовки стала: усовершенствование сооружений для повышения качества и безопасности воды питьевого назначения.

В результате исследований, было установлено, что при хлорировании воды происходит образование таких продуктов как тригалометы, которые оказывают вред для здоровья человека. В связи с этим, в нормативных документах предусматривается ограничение по содержанию в питьевой воде остаточного алюминия, который образуется в воде коагуляционной очистке. Ужесточены требования к обеззараживанию питьевой воды. Вместо одного показателя по эпидемиологической безопасности – колииндекса, оценка воды производится по шести показателям, которые относятся к разным группам микроорганизмов.

В связи с этими требованиями, с одной стороны необходимо довести до максимума эффективность очистки и обеззараживания воды, а с другой – необходимо создать такие условия, при которых процесс очистки не оставлял бы в воде нежелательные побочные вещества. Это привело к тому, что необходим пересмотр традиционных схем по очистке воды, которые необходимо новыми современными элементами.

Озонирование воды является одним из новых перспективных методов очистки воды с широкой областью ее применения и возможностью решения разных задач. Его действие направлено на обеззараживание воды и улучшению ее органолептических показателей воды. Озонирование отличается экологической безопасностью для окружающей среды и людей.

Озон представляет собой высокореактивный газ, образованный электрическими разрядами в присутствии кислорода. Является достаточно сильным окислителем, изменяющий поверхностный заряд частиц, что приводит к дальнейшей интенсификации процесса коагуляции. Доза озона, которая необходима для обеззараживания воды, варьируется в зависимости

от содержания в ней органических веществ, температуры и водородного показателя [21].

При обработке воды озон происходит улучшение органолептических показателей воды (цветность, запах, привкус). Если цветность обусловлена содержанием гуминовых кислот, то введение озона с последующей фильтрацией позволяет достичь нормативных требований по содержанию взвешенных веществ, железа, марганца и цветности.

Неприятные привкусы и запахи обусловлены присутствием соединений минерального и органического происхождения, находящихся в растворенном и коллоидном состоянии. Озон окисляет эти соединения, расщепляет, что в свою очередь приводит к устранению привкусов и запахов.

Озон вырабатывается прямо на месте из кислорода воздуха. Он используется для обработки речной воды. Остаточный озон нейтрализуется сернистым ангидридом. Озонирование позволяет улучшить качество питьевой воды по многим показателям. Но ощутимый эффект был зафиксирован в области снижения образования побочных веществ, такие как: остаточный алюминий. Содержание остаточного алюминия при озонировании снизилось на 90%. Несмотря на то, что затраты на потребление электроэнергии увеличиваются при производстве озона, общие расходы на реагенты сокращаются на 40%.

В 2000 г. в Нижнем Новгороде на Слудинской водопроводной станции была принята впервые в эксплуатацию технологическая схема на основе озонирования и проведены исследования по его применению. Изменения после применения в технологии первичного озонирования представлены таблицах 1.7 и 1.8. [52].

Таблица 1.7 – Показатели качества воды в технологии первичного озонирования

Показатель	Технология		Снижение показателя, %
	Без озона	С озоном	
Окисляемость, мг/л	3,68	3,54	4
Мутность, мг/л	1,1	<0,58	48
Цветность, град	12	10	17
Остаточный алюминий, мг/л	0,41	<0,04	90,3

Таблица 1.8 – Техничко-эксплуатационные показатели в технологии первичного озонирования

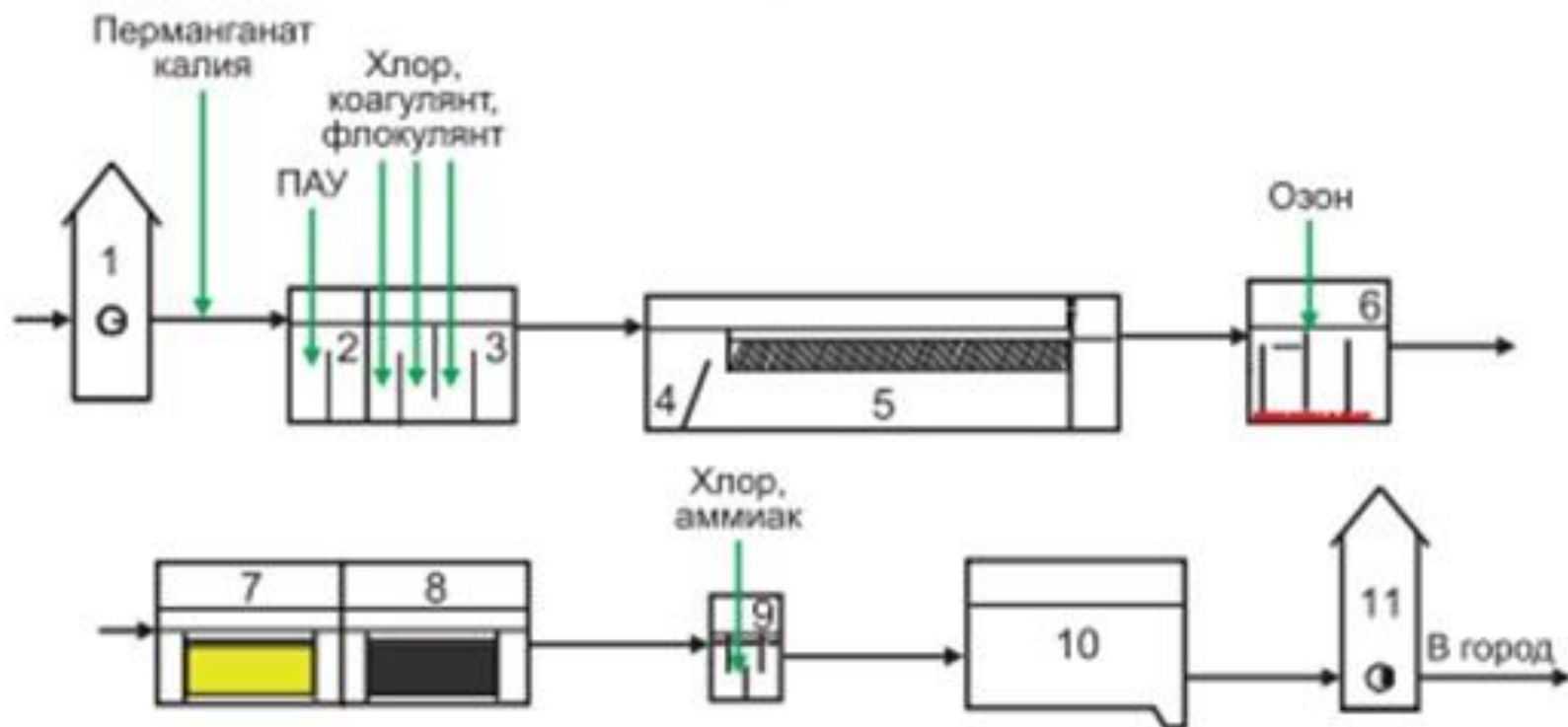
Техничко-эксплуатационный показатель	Технология		Снижение показателя, %
	Без озона	С озоном	
Доза озона, мг/л	0	3	-
Расход коагулянта, т/сут	13	1,1	-90,5
Расход хлора, кг/сут	360	300	-17
Потребление электроэнергии, кВт·ч/сут	133 405	146 091	+9,5
Затраты на коагулянт, тыс.руб/сут	39	3,3	-90,5
Затраты на электроэнергию, тыс.руб/сут	38,29	41,93	+9,5
Затраты на хлор, тыс.руб/сут	1,3	1,08	-17
Суммарные затраты (коагулянт, хлор, электроэнергия), тыс.руб/сут	78,59	46,31	-41



Рисунок 1.7 – Озонсорбция при подготовке питьевой воды на водопроводной станции г.Москвы (Мосводоканал)

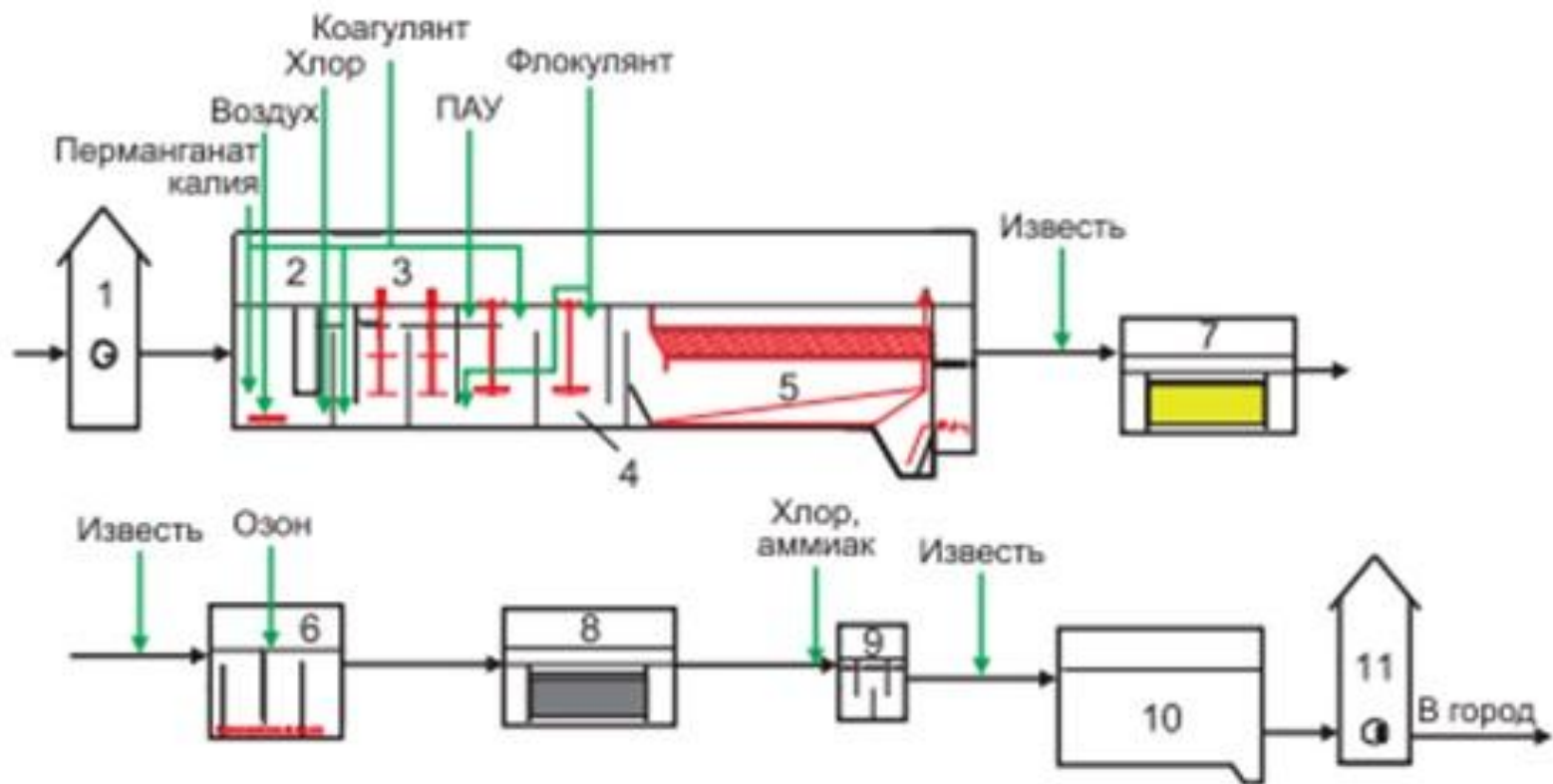
Современная система водоснабжения Москвы основана на использовании поверхностных вод из рек Москвы и Волги. Воды реки Москвы очищаются на Западной и Рублевской водопроводных станциях (рис 1.8, 1.9), которые обеспечивают около половины потребностей города. «Две другие станции – Северная и Восточная очищают волжскую воду» [22]. Подготовка питьевой воды на водопроводной станции г.Москвы основана на применении процесса озонирования и сорбции для очистки воды.

Внедрение процесса озонсорбционной очистки позволило осуществить глубокую очистку от органических соединений, в том числе техногенного происхождения, которые попадают в водоисточник.



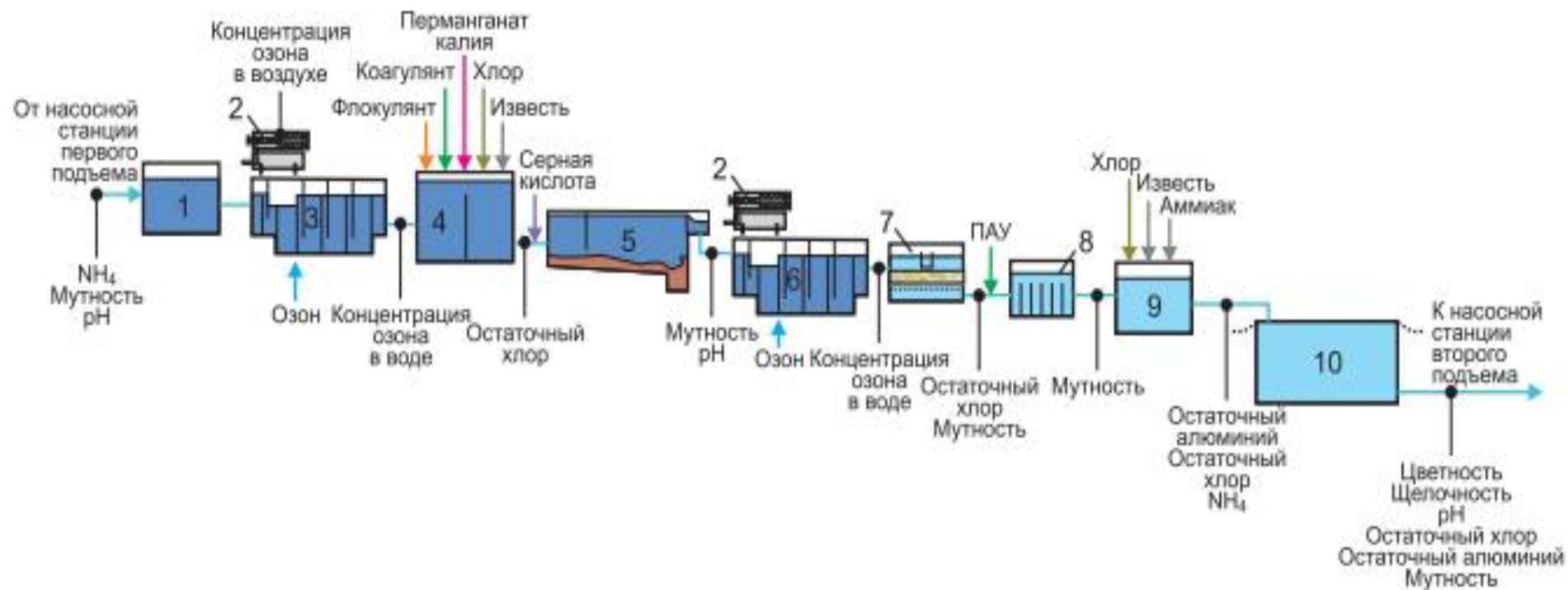
1 – насосная станция I подъема; 2 – камера углевания; 3 – смеситель; 4 – камера хлопьеобразования; 5 – тонкослойный отстойник; 6 – камера озонирования; 7 – осветлительный фильтр; 8 – сорбционный фильтр; 9 – резервуар вторичного хлорирования; 10 – резервуары чистой воды; 11 – насосная станция II подъема

Рисунок 1.8 – Технологическая схема подготовки питьевой воды Рублевской станции водоподготовки на блоке №4



1 – насосная станция I подъема; 2 – камера углевания; 3 – смеситель; 4 – камера хлопьеобразования; 5 – тонкослойный отстойник; 6 – камера озонирования; 7 – осветлительный фильтр; 8 – сорбционный фильтр; 9 – резервуар вторичного хлорирования; 10 – резервуары чистой воды; 11 – насосная станция II подъема

Рисунок 1.9 – Технологическая схема подготовки питьевой воды Рублевской станции водоподготовки б – на блоке №1



1 – входная камера; 2 деструктор озона; 3 – контактный бассейн первичного озонирования; 4 – смеситель; 5 – отстойник; 6 – контактный бассейн вторичного озонирования; 7 – песчаные фильтры; 8 – мембранные ультрафильтры; 9 – распределительная камера; 10 – резервуары чистотой воды

Рисунок 1.10 – Технологическая схема водоподготовки на Юго-Западной водопроводной станции

В августе 2007 г. в Лос-Анжелесе проходил объединенный Международный конгресс по применению озоновых технологий, который был посвящен мероприятиям по повышению эпидемиологической безопасности питьевой воды и снижению содержанию органических загрязнений.

Озонирование широко распространено в Соединенных Штатах Америки при подготовке питьевой воды из поверхностных водоисточников. В штате Калифорния насчитывается 38 водопроводных станций, которые при подготовке воды используют озонирование. К 2013 году количество станций увеличилось до 48. Большинство станций имеют производительностью 20 000 м³/сут, но есть 3 крупных станции производительностью от 2 000 000 до 3 000 000 м³/сут. Дозы озона для обработки воды из поверхностных водоисточников составляют 1,3-6,5 мг/л.

В технологии очистки воды с применением озона существует ряд преимуществ:

- намного быстрее уничтожаются микроорганизмы (водоросли, бактерии, вирусы);
- озоновая вода не имеет неприятных вкусовых качеств и запаха;
- не изменяется кислотность воды и не изменяет минеральный состав;

В качестве недостатков можно выявить высокие энергозатраты для производства, что влечет за собой увеличение стоимости эксплуатации.

Для определения требуемой дозы озона при первичном озонировании воды озон вводят в исходную воду. Доза озона варьируется в пределах 0-20 мг/л. Доза озона зависит от качества обрабатываемой воды и способности загрязнений окисляться озоном.

При озонировании цветных и высокоцветных вод озон позволяет существенно снизить цветность воды. По результатам пробного озонирования, представленного на рисунке, можно определить эффективность озона в отношении снижения цветности воды и установить необходимую дозу озона для достижения заданной степени очистки [21].

Для определения эффективности вторичного озонирования воды аналогичные опыты проводят при введении озона в осветленную воду на первой ступени очистки воды.

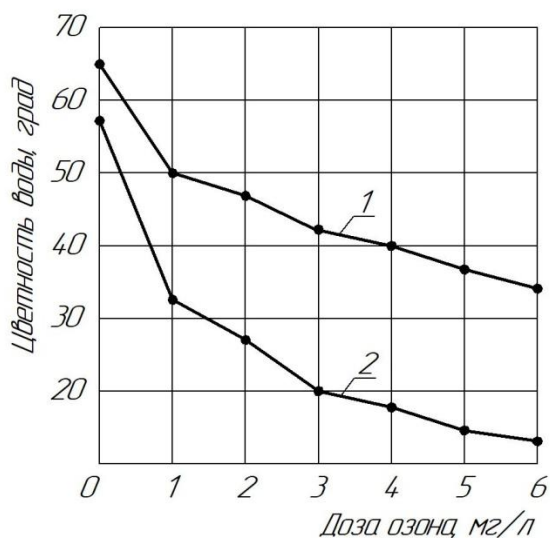


Рисунок 1.11 – Эффективность очистки цветных вод озонированием при водах средней цветности

1 – цветность воды; 2 – окисляемость

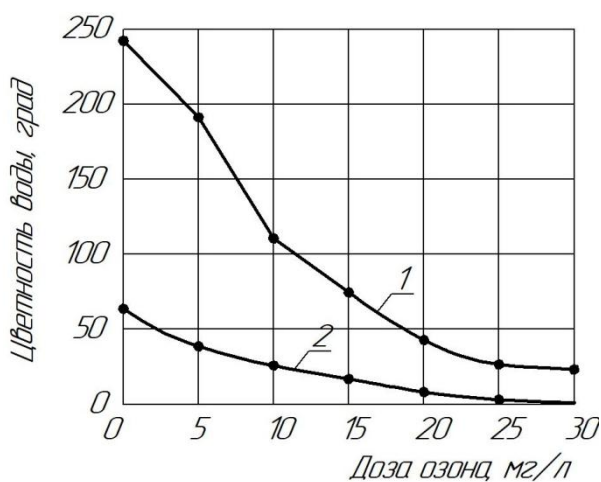


Рисунок 1.12 – Эффективность очистки цветных вод озонированием при высокоцветных водах

1 – цветность воды; 2 – окисляемость

«Предварительное озонирование воды влияет на протекание коагуляционного процесса. Качество очищаемой воды при предварительном озонировании может ухудшаться. Это относится в основном к маломутным

цветным водам и объясняется тем, что в результате предварительного озонирования изменяется структура органических загрязнений, которые находятся в воде» [9].

Высокомолекулярные соединения, которые хорошо удаляются в процессе коагулирования, в результате при озонировании превращаются в низкомолекулярные соединения, при этом их труднее извлечь из воды.

На рисунке представлено влияние предварительного озонирования на качество питьевой воды. Данные представлены согласно [21], при обработке воды на р.Ока. Наблюдения проводились в июне, ноябре и феврале.

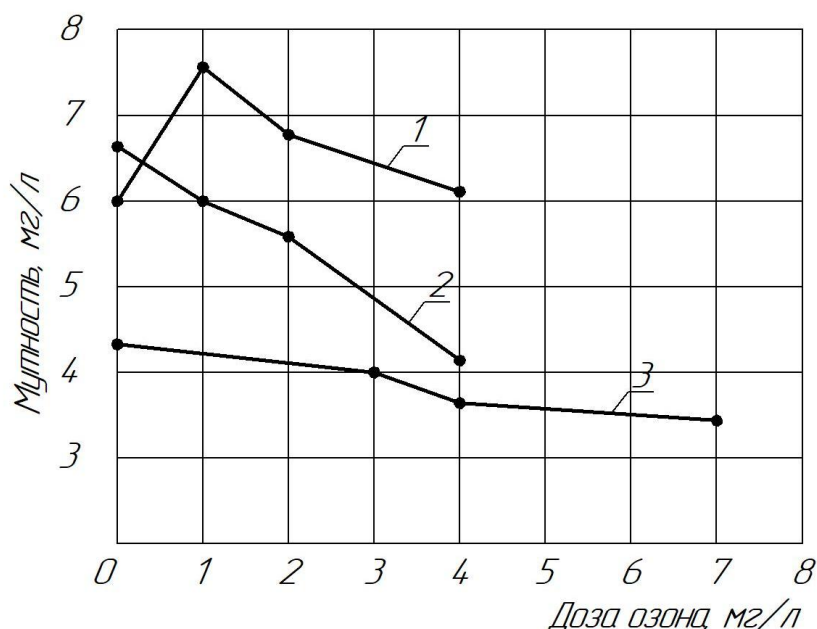


Рисунок 1.13 – Влияние дозы озона на качество воды по мутности

1 – в июне; 2 – в ноябре; 3 – в феврале

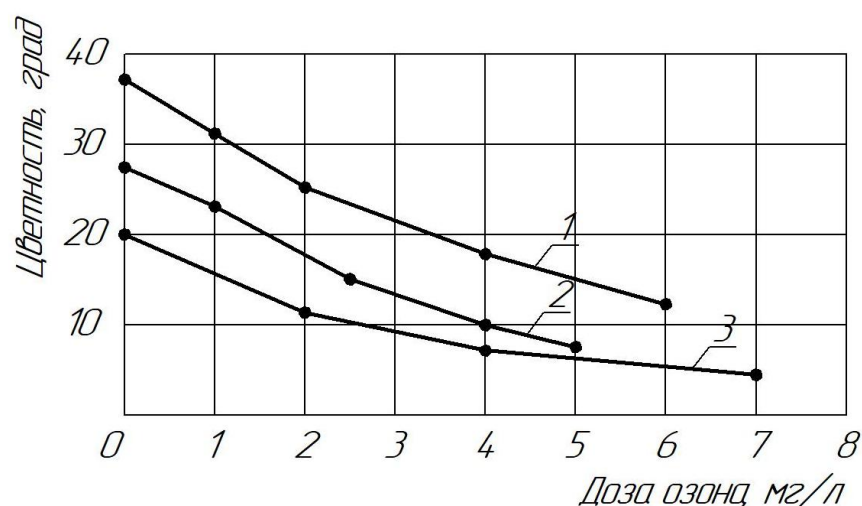


Рисунок 1.14 – Влияние дозы озона на качество воды по цветности
1 – в июне; 2 – в ноябре; 3 – в феврале

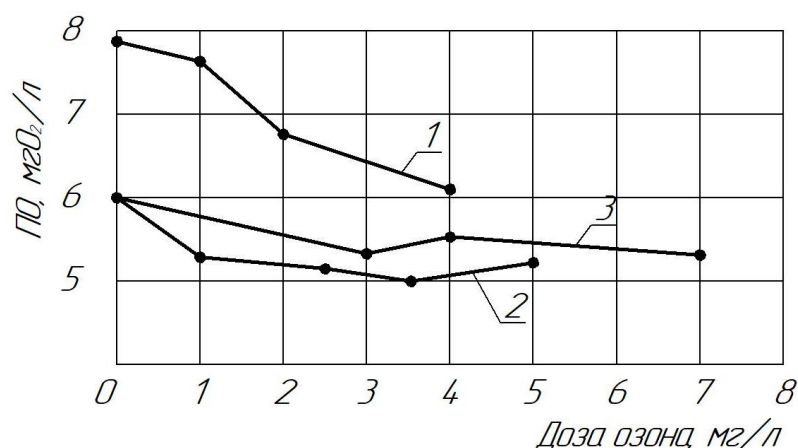


Рисунок 1.15 – Влияние дозы озона на качество воды по перманганатной окисляемости
1 – в июне; 2 – в ноябре; 3 – в феврале

Как видно, при обработке озоном изменение такого показателя как мутность происходит неоднозначно. Сначала мутность уменьшается, а с увеличением дозы озона, может увеличиться. Это объясняется тем, что под действием определенной дозы озона возникает процесс коагуляции коллоидных частиц, которые присутствуют в воде. В зависимости от качества воды коагулирующее действие озона проявляется по разному, в результате этого мутность может то уменьшаться, то увеличиваться.

Стоит отметить, что «особенно эффективно предварительное озонирование влияет на снижение цветности воды» [21]. Уменьшение показателя цветности воды при озонировании зависит от состава органических соединений (отношения гуминовых и фульвокислот). Как правило, озоном легче окисляются высокомолекулярные гуминовые кислоты. Фульвокислоты сложнее удаляются при помощи озонирования.

Эффективность удаления органических загрязнений при озонировании воды составляет от 12 до 36% при дозе озона от 2 до 4 мг/л, в то время цветности воды в этих же дозах уменьшалась на 75%.

Таким образом, из приведенного исследования можно сделать вывод, что предварительное озонирование улучшает органолептические показатели качества воды. Поэтому в некоторых случаях, когда мутность исходной воды невелика, возможно, осуществлять очистку воды только озонированием и фильтрованием без коагулирования.

При озонировании цветных, маломутных вод существует оптимальный диапазон доз озона, которые обеспечивают повышение эффективности очистки воды при последующем коагулировании. Применении меньших или больших доз озона приводит к ухудшению очистки воды коагулированием и качеству очищенной воды.

1.4 Выводы по 1 главе

Анализ качества поверхностных природных вод на содержание органических веществ, которое оценивается цветностью и окисляемостью показывает, что большая часть водоисточников России относится к 3 классу, по принятой в ГОСТ 2761-84 санитарной классификации природных источников водоснабжения.

Общая оценка состояния природных источников водоснабжения, анализ существующих технологий подготовки питьевой воды из поверхностных источников, необходимость устранения недостатков и разработки эффективных технологий подготовки питьевой воды с содержанием органических веществ определило цель и задачи исследований.

Целью диссертационной работы является выбор методов очистки воды от взвешенных, коллоидных и растворенных органических веществ.

Задачами исследования, в соответствии с поставленной задачей, являются:

1. На основании теоретических и экспериментальных данных провести оценку и анализ качества поверхностных источников водоснабжения
2. Выполнить анализ существующих технологий очистки природной воды от органических загрязнений.
3. Разработать и предложить совершенствование методов очистки природной воды от органических веществ на Куйбышевском водохранилище.

ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ООО «АВТОГРАД- ВОДОКАНАЛ»

2.1 Состояние поверхностного источника водоснабжения (Куйбышевское водохранилище)

Для улучшения качества воды и разработки технологических схем для ее очистки требуются многие данные. Первоначально необходимо определить целевое предназначение воды, т.е. выявить требования потребителя к физическим, химическим, а также бактериологическим и биологическим показателям воды. Так же особое значение для выбора технологической схемы имеет степень загрязнения бытовыми и промышленными сточными водами.

Правильная оценка источника водоснабжения необходима для выбора наиболее эффективной и рациональной схемы очистки природной воды. Для этого важно определить примеси, находящиеся в воде, которые влекут за собой цветность, мутность, привкус, запах и жесткость воды, а также необходимо изучить химические и биологические процессы, влияющие на стабильность состава вод.

Таким образом, оценка источника водоснабжения, возможна, в результате длительного наблюдения.

При заборе воды из поверхностного источника, для ее подготовки на питьевые нужды, производят осветление, обесцвечивание и обеззараживание. В случае, если источник водоснабжения подземный, возможно только ее обеззараживание, т.к. вода из подземных источников меньше подвержена случайным загрязнениям.

Куйбышевское водохранилище – является самым крупным на реке Волге водохранилищем. Возникло оно в 1955-1957 гг. после того как завершилось строительство плотины Жигулёвской ГЭС. Является третьим в

мире по площади водохранилищем. Основное назначение выработка электроэнергии, улучшение судоходства, водоснабжение. Куйбышевское водохранилище является частью каскада Волжско-Камских водохранилищ.

Куйбышевское водохранилище является водным объектом, находящийся в собственности Российской Федерации. Постоянные промышленные сбросы в г.о.Тольятти стали одной из причин распространения одноклеточных сине-зеленых водорослей. В связи с этим, на Куйбышевском водохранилище наблюдается сложная экологическая ситуация. Вода на городских пляжах к концу июня уже начинает «цвести». Общая загрязненность водохранилища относится к 3 классу «загрязненная» из пяти возможных. У пляжей Автозаводского района, которые расположены ниже стоков ПАО «АвтоВаз» ситуация еще хуже, их относят к максимальному классу загрязненности.

Ежемесячно Тольяттинская гидрометобсерватория проводит наблюдения по следующим показателям: температура, химическое потребление кислорода (ХПК), азот нитратный, цинк, хром общий, фенолы, нефтепродукты, сероводород, марганец и др. [62].

По данным [61] в течение 2015 года на территории Самарской области было отобрано 493 плановых пробы и 176 дополнительных. В каждой из этой пробы было проведено исследование до 54 показателей.

Из представленной таблицы «Уровень загрязнённости воды Куйбышевского водохранилища в г.о.Тольятти» видно что, в 2014 году вода характеризовалась как «очень загрязненная» 3Б класса, а в 2015 г. – «загрязненная» 3А класса.

В районе г. Тольятти по Куйбышевскому водохранилищу было зафиксировано загрязнение воды трудно окисляемыми органическими веществами (по ХПК 1,9 ПДК), соединениями меди и фенолами на уровне 1,1-1,7 ПДК. Так же наблюдались максимальные значения, которые равны 3,8; 9,7 и 3,0 ПДК соответственно. Цветность воды зафиксирована в диапазоне 16-51 град.

Водный объект		2014	2015
Куйбышевское вдхр.	Тольятти		
Саратовское вдхр.	Тольятти		
	Самара		
	устье р. Чапаевки		
	Сызрань		

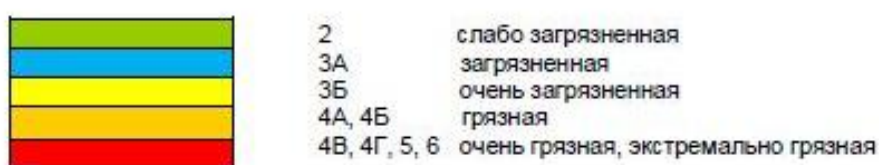


Рисунок 2.1 – Уровень загрязненности воды Куйбышевского и Саратовского водохранилищ по классам качества за период 2014-2015 гг.

В экологической бюллетени Самарской области «Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» представлена следующая диаграмма за 2016 г.:

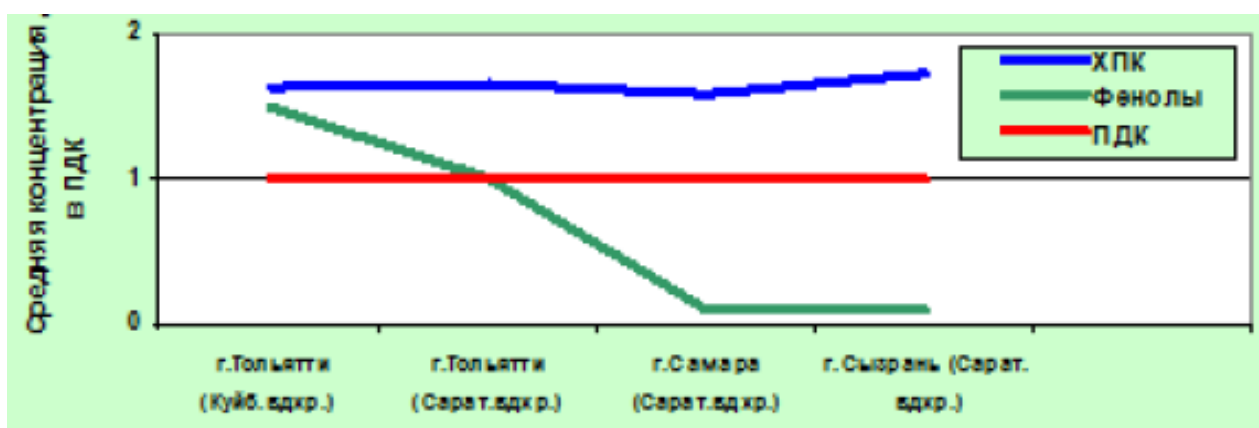


Рисунок 2.2 – Уровень загрязненности воды Куйбышевского и Саратовского водохранилищ

Характерным загрязняющим веществом, на протяжении 2016 г, в Куйбышевском водохранилище является химическое поглощение кислорода

(ХПК). Зафиксировано превышение нормы трудноокисляемыми органическими веществами (по ХПК) в 1,6 раза, а фенолами – в 1,5 раза. Их максимальная концентрация достигала 2,8 и 2,0 ПДК соответственно, при этом превышение норм наблюдались в 87 % всех проб. Цветность воды зафиксирована в диапазоне 12-86 град [62]. Она обусловлена присутствием в воде гуминовых и фульвокислот, а также соединениями железа.

Органическое вещество водной толщи водохранилища, представлено животными и растительными организмами и продуктами их распада. «Костное» органическое вещество определялось по данным бихроматной и перманганатной окисляемости воды.

По наблюдениям за 2017 год [63] по Куйбышевскому водохранилищу в районе г.о.Тольятти можно сказать, что воды характеризовалась как «загрязненная» 3А класса качества. Было зафиксировано загрязнение воды водохранилища трудно окисляемыми органическими веществами и соединениями марганца на уровне 2 ПДК, максимальные значения были равны 3 и 5 ПДК соответственно. Цветность воды зафиксирована в диапазоне 20-134 град.

По данным за 2010-2014 гг. в Куйбышевском водохранилище показатель фитопланктона варьировал 1,51-2,6. Качество воды по показателям фитопланктона соответствовало II-III классу [62].

«По показателям зоопланктона – индекс сапробности по исследуемым станциям в среднем за сезон варьировал в пределах 1,31-1,99 балла. В среднем по водохранилищу значения ИС составил 1,61 – воды II класса качества» [60].

«По показателям зообентос варьировал в пределах 5-2, в среднем по водохранилищу значения БИ составляет 2,5. Качество придонных слоев воды можно охарактеризовать как «грязные», IV класс качества» [60].

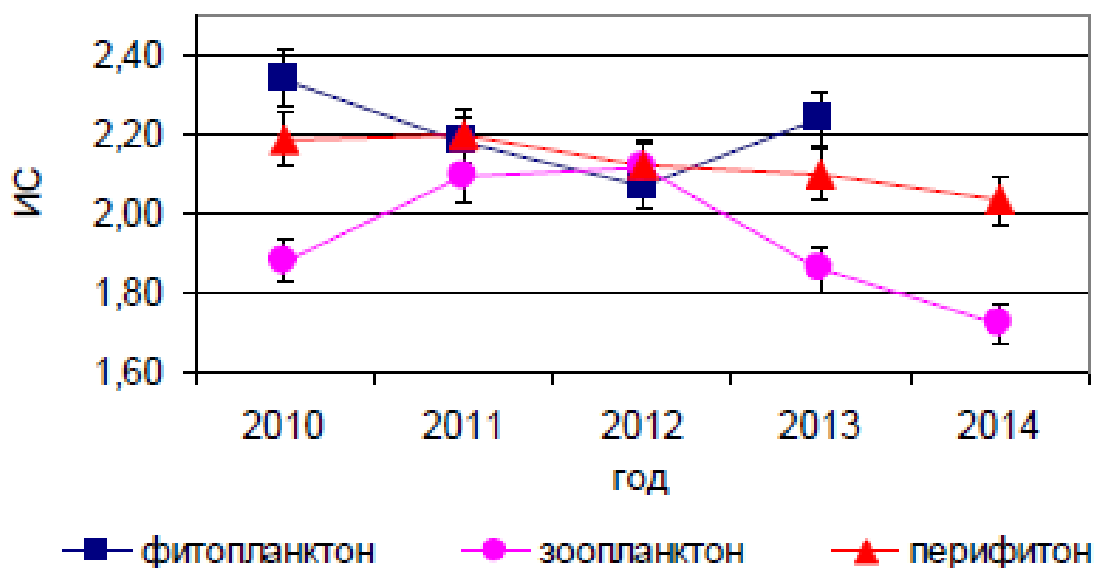


Рисунок 2.3 – Динамика значений ИС Куйбышевского водохранилища за период 2010-2014 года

В 2014 году было проведено исследование фитопланктона на Куйбышевском водохранилище. В результате проведенного исследования в составе фитопланктона было зарегистрировано 139 таксонов водорослей. Их относят: к 74 родам, 40 семействам, 19 порядкам, 13 классам и 9 отделам.

Наибольшим процентом по содержанию в водоеме фитопланктона отличился отдел зеленых водорослей. В его составе было выявлено 40% от общего числа всех видовых таксонов. На втором и третьем месте выделились диатомовые – 26% и синезеленые водоросли – 16%. Доля других отделов составляла менее 20%.

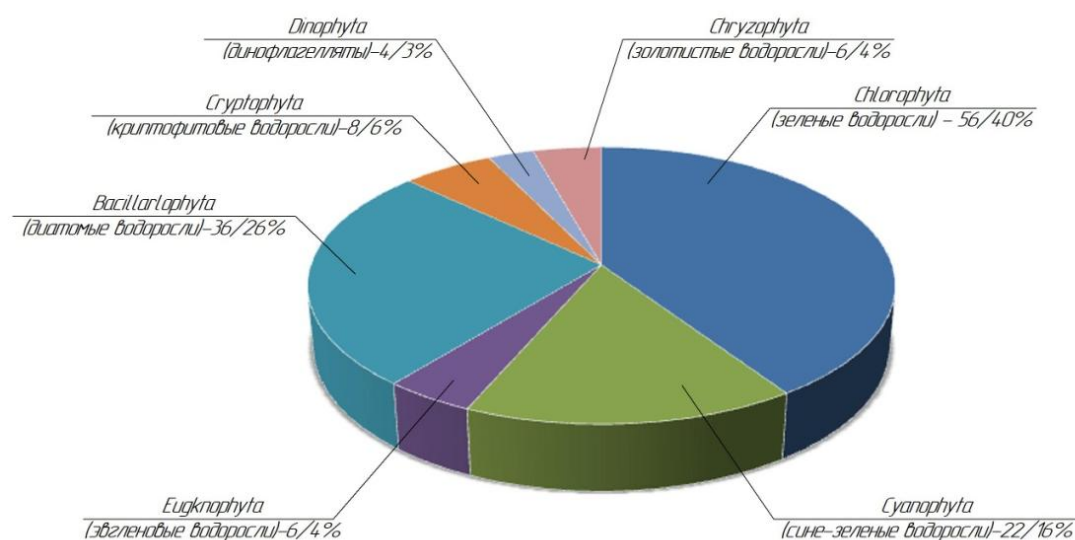


Рисунок 2.4 – Процентное содержание водорослей в Куйбышевском водохранилище за 2014 год

Контроль качества питьевой воды проводится в лаборатории ООО «Автоград-Водоканал». На официальном сайте ООО «АВК» представлена сравнительная таблица показателей качества воды перед её поступлением в распределительную сеть и отчет по качеству питьевой воды.

Отчёт
по качеству **природной поверхностной воды**
Куйбышевского водохранилища
за период с 01.01.2016 г. по 31.12.2016 г.
точка отбора проб - цех ОСВ ООО «АВК»

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	ПДК	Коли- чество анализов	Концентрация			НД на методику измерения
					Min	Max	Среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	pH	ед.pH	6,5-8,5	732	7,03	8,41	7,88	ПНД Ф 14.1:2.3:4.121-97
2	Сухой остаток	мг/дм ³	≤ 1000	12	205	315	262	ПНД Ф 14.1:2.4.114-97
3	Жёсткость общая	°Ж	≤ 7	12	2,5	4,4	3,3	ГОСТ 31954-2012 (м. А)
4	Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	≤ 7	440	5,1	9,5	7,0	ПНД Ф 14.1:2.4.154-99
5	Нефтепродукты	мг/дм ³	≤ 0,1	13	< 0,005	0,022	0,013	ПНД Ф 14.1:2.4.128-98
6	Анионные ПАВ	мг/дм ³	≤ 0,2	12	< 0,025	< 0,025	< 0,025	ПНД Ф 14.1:2.4.158-2000
7	Фенолы летучие	мг/дм ³	≤ 0,001	12	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	ПНД Ф 14.1:2.4.182-02
8	Алюминий	мг/дм ³	≤ 0,2	12	0,015	0,048	0,027	ПНД Ф 14.1:2.4.181-02
9	Барий	мг/дм ³	≤ 0,7	3	0,029	0,034	0,025	ГОСТ 31870-2012
10	Бор суммарно	мг/дм ³	≤ 0,5	4	< 0,05	0,08	< 0,05	ПНД Ф 14.1:2.4.36-95-
11	Бериллий	мг/дм ³	≤ 0,0002	4	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	ПНД Ф 14.1:2.4.140-98
12	Железо общее вал.	мг/дм ³	≤ 0,3	52	0,054	0,30	0,140	ПНД Ф 14.1:2.4.50-96
13	Железо общее раств.	мг/дм ³	-	51	0,052	0,134	0,084	ПНД Ф 14.1:2.4.50-96
14	Кадмий	мг/дм ³	≤ 0,001	4	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
15	Марганец	мг/дм ³	≤ 0,1	40	0,0073	0,137	0,029	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
16	Медь	мг/дм ³	≤ 1	5	< 0,001	0,0016	0,0016	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
17	Молибден	мг/дм ³	≤ 0,07	4	< 0,001	0,0014	< 0,001	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
18	Мышьяк	мг/дм ³	≤ 0,01	4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
19	Никель	мг/дм ³	≤ 0,02	6	< 0,005	< 0,005	< 0,005	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
20	Аммоний	мг/дм ³	≤ 1,8	16	0,17	0,56	0,32	ПНД Ф 14.1:2.4.262-10
21	Нитриты	мг/дм ³	≤ 3,3	16	< 0,003	0,03	0,012	ГОСТ 33045-2014 метод Б
22	Нитраты	мг/дм ³	≤ 45	13	1,78	4,7	2,7	ПНД Ф 14.1:2.4.4-95
23	Ртуть суммарно	мг/дм ³	≤ 0,0005	4	0,000053	< 0,0001	< 0,0001	ПНД Ф 14.1:2.4.160-2000; ГОСТ 31950-2012
24	Свинец	мг/дм ³	≤ 0,01	5	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
25	Селен	мг/дм ³	≤ 0,01	4	< 0,002	< 0,002	< 0,002	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
26	Стронций	мг/дм ³	≤ 7	3	0,24	0,29	0,27	ПНД Ф 14.1:2.4.137-98
27	Сульфаты	мг/дм ³	≤ 500	12	30	66	49	ГОСТ 31940-2012 (м.2)
28	Фториды	мг/дм ³	≤ 1,5	12	0,129	0,215	0,18	ГОСТ 4386-89 (раздел 1)
29	Хлориды	мг/дм ³	≤ 350	15	19,1	39	25,1	ПНД Ф 14.1:2.96-97
30	Хром (VI)	мг/дм ³	≤ 0,05	12	< 0,025	< 0,025	< 0,025	ГОСТ 31956-2012 (А)
31	Цианиды	мг/дм ³	≤ 0,035	3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	ГОСТ 31863-2012
32	Цинк	мг/дм ³	≤ 1	4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	ГОСТ 31870-2012 (м. 1)
33	γ – ГХЦГ	мг/дм ³	≤ 0,02	4	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	ГОСТ 31858-2012
34	ДДТ	мг/дм ³	≤ 0,1	4	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	ГОСТ 31858-2012
35	2,4-Д	мг/дм ³	-	3	< 0,0002	< 0,01	< 0,01	ГОСТ 31941-2012
36	Хлороформ	мг/дм ³	≤ 0,06	4	< 0,0006	< 0,001	< 0,0006	ГОСТ 31951-2012 (м. 2)
37	Кремнекислота	мг/дм ³	≤ 10	12	2,5	4,5	3,4	ПНД Ф 14.1:2.4.215-06
38	Фосфат-ионы	мг/дм ³	≤ 3,5	12	0,093	0,33	0,20	ГОСТ 18309-2014 (метод А)
39	Запах	балл	≤ 2	732	1	1	1	РД 52.24.496-2005

Рисунок 2.5 – Отчет по качеству питьевой воды за 2016 г.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	Цветность	градус цветности	≤35	759	19,6	47	29	ГОСТ 31868-2012 (метод Б)
41	Мутность	мг/дм ³	20	1239	< 0,58	49	0,85	ПНД Ф 14.1.2.4213-05
42	Температура	градус	-	732	0,9	24,0	9,2	РД 52.24.496-2005
43	Щёлочность общая	ммоль/дм ³	-	732	1,45	2,72	2,07	ГОСТ 31957-2012 (м.А)
44	БПК ₅	мгО/дм ³	2	4	1,06	1,16	1,03	ПНД Ф 14.1.2.3:4.123-97
45	Растворённый кислород	мг/дм ³	≥ 4	53	1,13	13,4	9,0	ПНД Ф 14.1.2.101-97
46	Стабильность	-	-	148	0,9	1,07	0,99	
47	Зоопланктон	экз/м ³	-	61	0	274	65	
48	Фито- диатомовые	кл./см ³	1000	63	0	21	4	
	планк- сине-зелёные				0	20	3	
	тон зелёные				0	9	2	
49	Термотолерантные колиформ. бактерии	КОЕ/100см ³	≤100	378	< 5	62	< 5	МУК 4.2.1884-04
50	Общие колиформные бактерии	КОЕ/100см ³	≤1000	378	< 5	62	< 5	МУК 4.2.1884-04
51	Общее микробное число	КОЕ/1 см ³	-	378	< 1	159	9,8	МУК 4.2.1884-04
52	Колифаги	БОЕ/100 см ³	≤10	37	< 1,1	> 16,1	3,3	МУК 4.2.1884-04
53	Споры сульфитредуцирующих клостридий	КОЕ/20 см ³	-	32	не обнаруж	не обнаруж	не обнаруж	МУК 4.2.1884-04
54	Жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Число цист/25дм ³	отсутствие	11	не обнаруж	не обнаруж	не обнаруж	МУК 4.2.1884-04
55	Яйца гельминтов	Число яиц/25 дм ³	отсутствие	11	не обнаруж	не обнаруж	не обнаруж	МУК 4.2.1884-04
56	Ооцисты криптоспоридий	Число цист/25дм ³	отсутствие	9	не обнаруж	не обнаруж	не обнаруж	МУК 4.2.2314-08
57	Бактерии рода Сальмонелла	Число бактерий в 1,0 дм ³	отсутствие	7	не обнаруж	не обнаруж	не обнаруж	МУК 4.2.1884-04
58	Бактерии рода Шигелла	Число бактерий в 1,0 дм ³	отсутствие	7	не обнаруж	не обнаруж	не обнаруж	МУК 4.2.1884-04
59	Взвешенные вещества	мг/дм ³	-	13	< 3,0	8,3	< 3,0	ПНД Ф 14.1.2.110-97
60	Удельная суммарная α-радиоактивность	Бк/дм ³	≤ 0,2	1	-	-	< 0,05	-
61	Удельная суммарная β-радиоактивность	Бк/дм ³	≤ 1,0	1	-	-	< 0,2	-
62	Возбудители кишечных инфекций	Число бактерий в 1,0 дм ³	отсутствие	3	не обнаруж	не обнаруж	не обнаруж	МУК 4.2.1884-04

Рисунок 2.6 – Отчет по качеству питьевой воды за 2016 г.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что в существующей технологической схеме подготовки воды питьевого качества не происходит должное очищение от органических примесей, следовательно, необходимо предусмотреть мероприятия по ее усовершенствованию.

Так же из представленных официальных данных, можно увидеть что, ООО «АВК» «смягчил» требования к нормативным качествам питьевой воды изменив значение перманганатной окисляемости с 5,0 до 7,0 мгО/дм³, а значение цветности с 20 до 35 град.цветности.

Воды поверхностных водоемов, которые являются источником хозяйственно-питьевого водоснабжения, не отвечают санитарно-гигиеническим требованиям по содержанию взвешенных веществ, жесткости, железа, химического потреблению кислорода, перманганатной окисляемости и цветности.

2.2 Забор и очистка воды Куйбышевского водохранилища на ООО «АвтоградВодоканал»

В данной работе объектом исследования являются системы водоподготовки природной воды ООО «АВК».

«Забор воды «АвтоградВодоканал» для подачи воды на бытовые и производственные нужды Автозаводского района, осуществляет из поверхностного источника – Куйбышевского водохранилища с размещением водозабора вблизи села Подстепки, выше плотины ГЭС на 30 км» [27].

Речная вода подается по водоводам на очистные сооружения с помощью насосов первого подъема. От водозабора до очистных сооружений проложено 5 ниток напорных водопроводов диаметром 1200мм, протяженность которых составляет 17,5 км каждая.

Проектная производительность данных сооружений - 378 тыс.м³, а фактически потребляет 332 тыс.м³ в сутки. Забор воды осуществляется с глубины 18 м.

Очистные сооружения водопровода ООО «Автоград-Водоканал» спроектированы в 1967 году институтом «Союзводоканалпроект».

Очистка воды на очистных сооружениях происходит до требований, который предъявляет ГОСТ «Вода питьевая», после чего насосами второго подъема подается в сети ООО «Автоград-Водоканал».

В районе заводских колец находится граница разделения между ООО «АВК» и ОАО «Тевис». Оттуда также по пяти магистральным водоводам 2Ду900мм с северо-западной части района и 3Ду1000мм – с северо-

восточной части, вода поступает на водопроводные насосные станции третьего подъема (ВСН-01 и ВСН-02). Эти насосные необходимы для подкачки воды и подачи ее в жилую часть района.

Хозяйственно-бытовые, питьевые, производственные и противопожарные потребности г.Тольятти обеспечиваются сооружениями водоподготовки. Система водоснабжения является централизованной, I категории, и объединённой.

По данным [27] основные технические характеристики по состоянию на 1 января 2016 года системы водоснабжения Автозаводского района г.о.Тольятти представлены в таблице.

Таблица 2.1 – Технические характеристики сетей Автозаводского района г.о. Тольятти

Наименование	Кол-во
Общая протяженность сетей	416,7 км
Емкость водопроводных сетей	52679,9 м3
Средний диаметр сетей	400 мм
Количество насосных станций	2 объекта
Остаточная стоимость сетей	211,898 млн.руб.
Фактический износ систем коммунальной инфраструктуры, оборудование, транспортирование воды	82,74 %

ООО «АВК» транспортирует воды на очистные сооружения, забирая ее из Куйбышевского водохранилища, где далее будет производиться ее подготовка для подачи воды на хозяйственно-бытовые нужды.

Вода из водохранилища поступает по самотечным трубопроводам в сеточный колодец через затопленные водозаборные оголовки (водоприемники).

С насосной станцией первого подъема совмещен береговой колодец, в котором установлены вращающиеся сетки. Они предназначены для предварительного очищения воды, т.е. для задержания мелких примесей

(листьев, травы, щепок). Из берегового колодца вода при помощи насосов по напорным трубопроводам подается на ОСВ.

Исходя из качества воды на Куйбышевском водохранилище на момент проектирования и строительства очистных сооружений, а так же согласно нормативным документам по требуемому качеству воды, была принята 2-х ступенчатая схема очистки воды с использованием горизонтальных отстойников и скорых фильтров. Для доведения воды до требуемых нормативных значений применяется химическая обработка воды реагентами.

Вода, на первой ступени очистки, подвергается ультрафиолетовой обработке, после чего по трубопроводам поступает в смесители. Из реагентного хозяйства в смеситель подается коагулянт. В качестве коагулянта на очистных сооружениях ООО «Автоград-Водоканал» применяется сульфат алюминия. Для интенсификации процесса очистки воды от взвесей на выходе из смесителя добавляется флокулянт ПРАЕСТОЛ, где позднее в камере хлопьеобразование происходит слипание частиц в более крупные. Для обеззараживания воды перед подачей ее потребителям применяется жидкий хлор.

Технологический состав сооружений «АВК» состоит из:

- установки УФ-излучения;
- здания реагентного хозяйства;
- четырех вертикальных смесителей;
- 4 горизонтальных отстойников с зоной взвешенного осадка и осаждения;
- хлораторной;
- четырех резервуаров питьевой воды объемом по 20 тыс.м³;
- насосной станции 2-го подъема;
- станции повторно-используемой воды с двумя резервуарами объемом 1 тыс.м³ каждый.

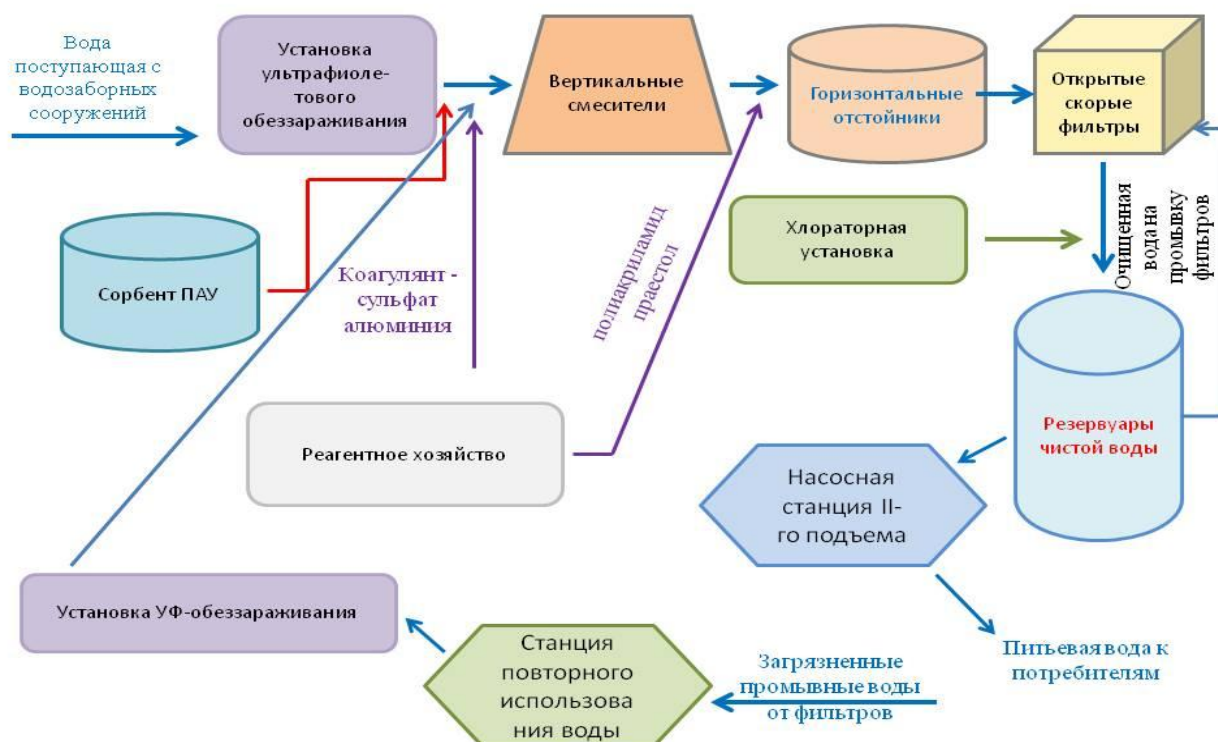


Рисунок 2.7 – Технологическая схема подготовки питьевой воды на «АВК»

На «АВК» при подготовке воды применяются следующие методы: обеззараживание ультрафиолетом, коагулирование, отстаивание и фильтрование, обеззараживание воды хлором.

2.3 Реагенты и условия их применения

Во многих странах использование реагентов подлежит согласованию с санитарными органами. На законодательном уровне предусматривается предел примесей, которые могут содержаться в каждом продукте. Для этого должен проводиться точный анализ реагентов. При обнаружении примесей необходимо проконтролировать, чтобы при обработке эти примеси удалялись.

Коагуляция и флокуляция – это процесс, который очищает воду от мутности и цвета, после чего вода становится прозрачной и бесцветной.

Процессы коагуляции и флокуляции облегчают удаление из воды вредных веществ и коллоидов путём их преобразования в более крупные хлопья. Таким образом, осадок занимает большую часть взвеси воды и затем отфильтровывается, как правило, путем пропускания смеси через крупнозернистый песок (фильтра).

Обычно основным показателем в выборе коагулянта является ценовая политика. Однако немаловажное значение имеют такие показатели как концентрация основного вещества в коагулянте, так и химические и коагулирующие свойства реагента, условие растворения, дозирование.

Основными факторами, которые определяют выбор реагента и его эффективность использования являются:

- физико-химические свойства очищаемой воды;
- физико-химические характеристики коагулянтов и флокулянтов;
- технологические параметры коагуляции.

«В основу реагентного метода обработки цветных вод положена коагуляция растворенных и коллоидальных органических веществ». При низких значениях водородного показателя (рН в пределах 4-6), гуминовые вещества, которые содержатся в воде переходят в коллоидное состояние, образуя раствор с отрицательно заряженными частицами. При рН более 6,5 большая часть гуминовых веществ переходит в раствор в виде гуматов кальция или натрия» [36].

Суть метода коагулирования состоит в укрупнении мельчайших коллоидных и диспергированных частиц, процесс которого происходит за счет взаимного слипания частиц под действием силы молекулярного притяжения. Процесс коагуляции завершается образованием видимых хлопьев и отделением их от жидкой среды.

Положительно заряженные коагулянты нейтрализуют отрицательный заряд, который окружает коллоидные частицы. После того как вокруг каждой частицы заряд нейтрализован они сближаются. За счет сближения, частицы уменьшают свой эффективный радиус, что приводит к их столкновению.

Частицы при столкновении соединяются друг с другом за счет водородных связей, и образуют большие массы, которые называются хлопьями. В процессе перемешивания обрабатываемой жидкости, увеличивается количество и частота столкновений, усиливая агломерацию твердого вещества и способствуя образованию хлопьев.



Рисунок 2.8 – Схема нейтрализующего действия реагента

Коагулянты, которые используются для очистки воды, делятся на неорганические или минеральные и органические.

«К наиболее распространенным неорганическим коагулянтам относят сернокислый алюминий, который выпускается в виде кристаллогидратов с разным содержанием молекул воды, полиоксихлорид алюминия, хлорное и сернокислое окисное железо» [36].

Раствор сернокислого железа обладает коррозионными свойствами, что влечет за собой применения дополнительной защиты от коррозии баков, арматуры, трубопроводов.

Применение сульфат алюминия в условиях нынешней загрязненности источник водоснабжения не позволяет достичь санитарных норм, а при температуре ниже пяти градусов практически не функционирует. В связи с

этим, очищаемую воду приходится подогревать, а это влечет за собой к дополнительным энергозатратам, и как следствие, к повышению стоимости очищенной воды.

В качестве основного сырья для приготовления оксихлорид алюминия является металлический алюминий. Из-за своей дефицитности он достаточно дорогостоящий, и это объясняет высокую стоимость данного реагента.

Органические коагулянты представляют собой водорастворимые заряженные низкомолекулярные полимеры.

Флокулянты – это высокомолекулярные заряженные или нейтральные водорастворимые органические полимеры. Обычно эти вещества выпускаются в твердом, эмульгированном или жидком виде.

Наиболее распространенными являются флокулянты на основе акриламида и его сополимеров.

Реагентные методы обработки с применением ввода коагулянта и флокулянта используются при цветности вод в источниках водоснабжения при показателях: до 120 град., при мутности 1500 мг/л, и при любой производительности станции подготовки воды.

Расчетные дозы реагентов устанавливаются на основании технологических изысканий.

Для коагуляции в основном применяется сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ и соли трехвалентного железа.

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ обладает хорошей коагуляцией, осадительной и адсорбционной способностью. А к недостаткам можно отнести низкую эффективность, сильное снижение pH воды.

Для ориентировочных расходов доз коагулянтов определяют для:

- 1) мутных вод по [53]
- 2) цветных вод:

$$D_k = 4\sqrt{C} \quad (2.1)$$

где D_k – доза коагулянта, мг/л;

C – цветность исходной воды, которая определяется в градусах платино-кобальтовой шкалы в градусах.

В случае одновременного содержания в источнике водоснабжения веществ, которые обуславливают цветность и мутность, дозу реагента следует принимать наибольшую.

При использовании в качестве коагулянтов солей железа для маломутных и цветных вод дозы следует принимать по таким же данным. При обработке мутных вод расчетные дозы уменьшаются на 10-20% по сравнению с $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (серно-кислый алюминий).

Для ускорения процесса коагуляции дополнительно применяют флокулянты. Основное назначение флокулянта укрупнение хлопьев.

Высокомолекулярные флокулянты обычно делят на органические и неорганические. В качестве органических (природных) флокулянтов используют крахмал, водорослевую крупку и др. Одни из наиболее распространённых являются синтетический флокулянт полиакриламид (ПАА) и активированная кремнекислота (АКК).

Расчетную дозу флокулянтов принимают:

- 1) для полиакриламида – перед отстойниками и осветлителями, в соответствии с [53];
- 2) перед скорыми фильтрами при 2-х ступенчатой очистке (0,05-0,1 мг/л);
- 3) перед контактным осветлителем и фильтрами (0,2-0,6 мг/л).

Расчетную дозу активированной кремнекислоты (АКК), так же принимают от места ее введения как и ПАА, т.е:

- 1) перед отстойниками и осветлителями при температуре ниже 5°C (3-5 мг/л), выше 5°C – 2-3 мг/л;
- 2) перед контактным осветлителем, и прямоточными фильтрами – 1,0-3,0 мг/л;

3) перед фильтрами при 2-х ступенчатой очистке (0,2-0,5 мг/л).

Для определения оптимальных доз реагентов строятся коагуляционные кривые, характерные параметры которых для поверхностных вод в разный период года могут сильно отличаться.

При введении коагулянта необходимо обратить внимание на быстроту и равномерность его распределения в обрабатываемой воде. В зонах, где концентрация вводимого коагулянта будет в избытке начнут образовываться крупные рыхлые массы, которые по своей структуре имеют большое количество воды. Рыхлые хлопья плохо осаждаются при отстаивании, что существенно снижает процесс очистки воды.

В других зонах, где концентрация коагулянта в малых количествах, процесс коагуляции будет протекать недостаточно интенсивно, что так же плохо сказывается на процессе очистки воды.

Коагулянты попадают в воду в первом же сооружении – смесителе, смешивая со всей массой водой, которая поступает на очистку. При совместной очистке коагулянта с флокулянтами важен промежуток времени между их подачей. Обычно этот интервал времени составляет 2-3 минуты, после введения коагулянта, и как правило, в начале камеры хлопьеобразования либо в конце смесителя. Важно выделить: процесс реакции полностью зависит от температуры воды. Чем она ниже, тем медленнее протекает реакция, а следовательно, эффект очистки становится ниже.

Процесс перемешивания воды с реагентами происходит в течении 45-60 минут. Эффективность перемешивания воды с используемым реагентом характеризуется величиной градиента скорости, которая определяется по формуле:

$$G = \sqrt{\frac{E}{t \cdot V \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{W}{\mu}} \quad (2.2)$$

где E – энергия, затрачиваемая на смешение, Дж;

t – время смешения, с;

V – объем воды, м³;

μ – динамическая вязкость, Па · с;

W – мощность, затрачиваемая на перемешивание единицы объема воды, Па/с.

Слишком низкая скорость перемешивания воды с коагулянтom не обеспечит достаточного числа столкновений микрохлопьев, а при слишком высоких значениях градиента скорости происходит разрушение коагуляционных структур.

Условно процесс коагуляции можно поделить на две стадии. Первая стадия характеризуется быстрым перемешиванием и осуществляется в смесительных установках сразу после добавления в воду коагулянта.

Вторая стадия – медленное перемешивание, происходит в камере хлопьеобразования с добавлением флокулянта.

Хранение запасов коагулянтов и флокулянтов происходит на территории водоочистой станции и размещается в складском здании, которое называется реагентным хозяйством. Склады реагентов должны быть рассчитаны на хранение 30-суточного запаса реагента.

Наибольшие трудности при коагулировании вод возникают в период паводка, когда в воде, которая имеет низкую температуру, резко возрастает количеству грубодисперсных и коллоидных примесей.

«Повышение эффективности реагентной очистки природных вод во многом зависит от правильного выбора комбинации реагентов и доз, учитывающих качество воды, дополнительно вводимых сопутствующих материалов и методов обработки» [9].

«Очистка воды коагулированием и флокулированием представляет собой сложный физико-химический процесс, на эффективность протекания которого оказывают влияние многие факторы» [9]. Одним из важных

факторов является правильный выбор используемого коагулянта, его дозы, и определении качества воды (т.е. количество и дисперсность взвешенные, коллоидных частиц; температура воды, щелочность и т.д.)

2.4 Сооружения, использующие для смешивания реагентов

Как видно из выше представленных технологических схем, реагенты вводят в самом начале водоподготовки, и перемешивают со всей массой обрабатываемой воды. Сооружения, в которых происходит смешение воды, называются смесителями. По принципу действия различают гидравлические и механические типы смесителей.

В гидравлических смесителях перемешивания воды и реагента происходит за счет турбулизации потока, который создается сужением или дырчатыми перегородками. К наиболее распространенным гидравлическим смесителям относят безнапорные вертикальные, перегородчатые и дырчатые смесители.

В смесителях механического типа турбулизация потока достигается путем мешалок различных типов, которые приводятся в действие внешними источниками энергии. В зависимости от устройства рабочего органа механические смесители разделяют на лопастные, пропеллерные и турбинные. Реагент в таких смесителях вводится в зону наибольшей турбулентности ближе к лопасти мешалки. Общим недостатком механических смесителей является их стоимость. Они более чем в 3 раза превышают стоимость гидравлических смесителей.

Все смесители гидравлического типа отличаются конструктивной простотой, а так же надежностью в эксплуатации. Однако, в условиях когда расход воды ниже расчетных значений, гидравлические смесители не обеспечивают требуемого эффекта смешения из-за уменьшения степени турбулизации потока.

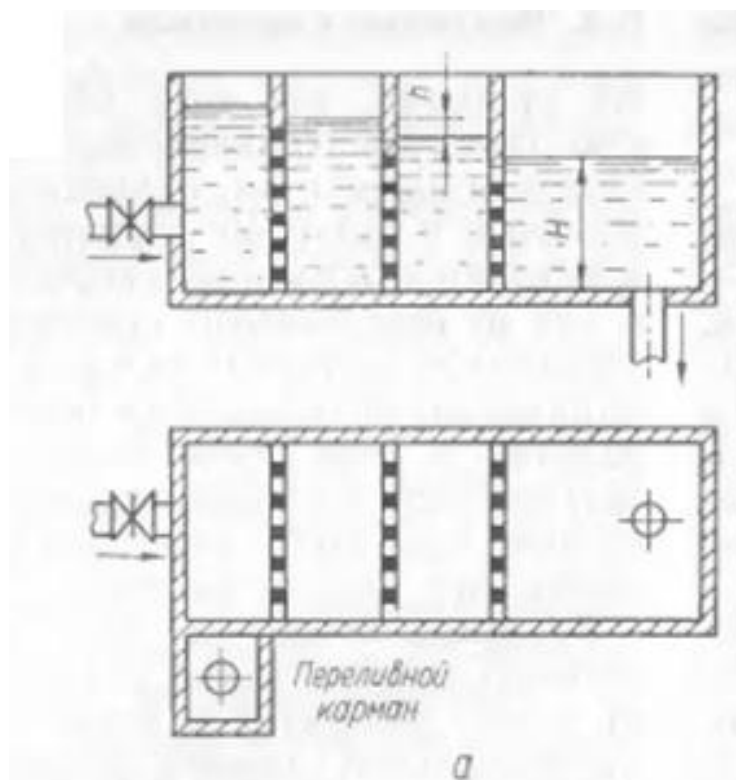


Рисунок 2.9 – Схема устройства дырчатого смесителя

Дырчатый смеситель, представленный на рис. 2.9, представляет собой железобетонный лоток с тремя вертикальными перегородками, которые установлены перпендикулярно направлению движения воды и снабжены отверстиями.

Вода, проходя через отверстия со скоростью 1 м/с, создает множество завихрений, что способствует быстрому и эффективному смешиванию воды с вводимыми реагентами.

Диаметр отверстий в перегородках задается в зависимости от производительности, и колеблется в пределах 20-100 мм. Во избежание образования пузырьков (подсоса воздуха), предусматривается затопление верхнего ряда отверстий на уровень воды 10-15 см.

Дырчатые смесители применяются на станциях водоподготовки производительностью до 1000 м³/ч. Количество отверстий в каждой перегородке рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{4 \cdot q}{g_0 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.3)$$

где q – расход воды, который поступает в смеситель, м³/с;

g_0 – скорость движения воды в отверстиях, м/с;

d – диаметр отверстий, мм.

Следует отметить, что суммарная площадь отверстий в каждой перегородке не должна быть больше 30% относительно ее рабочей площади.

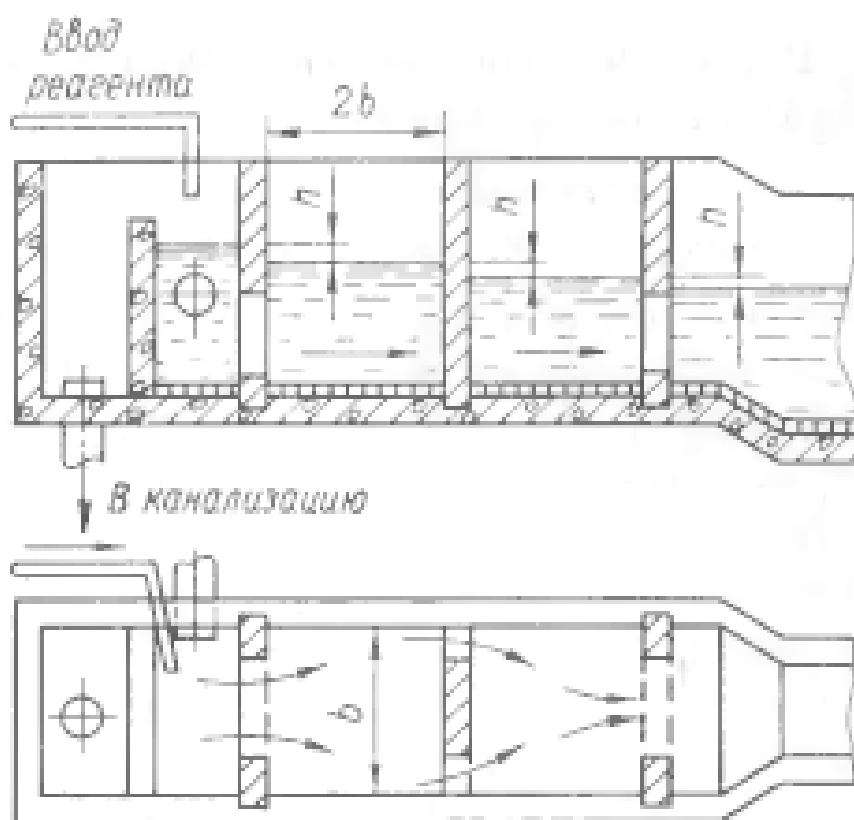


Рисунок 2.10 –Перегородчатый смеситель (схема устройства)

Перегородчатые смесители состоят из прямоугольного железобетонного резервуара с разделением потока по ширине лотка, т.е. имеет три щелевых перегородки, установленных перпендикулярно оси сооружения. Смешение с водой осуществляется путем изменения направления движения потока воды в горизонтальной и вертикальной

плоскости, т.к. в проходы в первой и третьей перегородке расположены в центре, а в середине – два боковых прохода у стены (рис.2.10). Это способствует равномерному смешиванию.

Число перегородок принимается от 3 до 9, а расстояние между ними должно равняться двойной ширине лотка, при этом скорость движения воды рекомендуется принимать 0,5-0,7 м/с.

Перегородчатые смесители применяются на станциях водоочистке с производительностью не более 500-600 м³/ч.

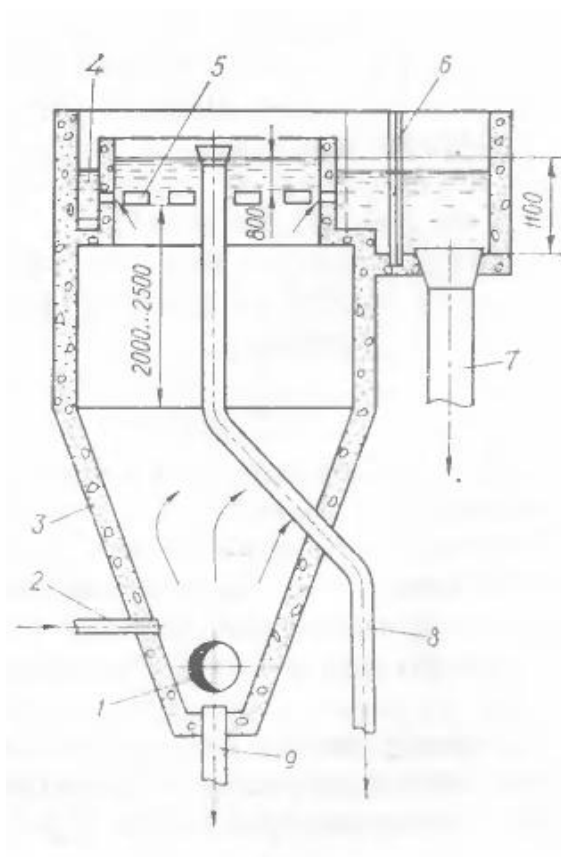


Рисунок 2.11 – Схема устройства вихревого смесителя

1 – подвод воды; 2 – подвод реагентов; 3 – бетонный корпус; 4 – кольцевой желоб; 5 – затопленные отверстия; 6 – сетка; 7 – отвод воды; 8 – перелив; 9 – трубопровод для опорожнения

Наиболее широкое применение нашли вихревые смесители, которые обеспечивают эффективное перемешивание исходной воды с вводимыми

реагентами. Особенно это актуально для воды, обладающей высокой мутностью и при использовании извести при подщелачивании.

По форме вертикальный смеситель представляет собой цилиндрический резервуар с конусным днищем, и с углом между их стенками 30-45 градусов.

Подвод воды и ввод реагента осуществляется с боковой стороны в нижней части смесителя, а отводится через верхнюю часть. В смесители необходимо предусматривать устройство переливной трубы, а так же трубопровод для опорожнения и выпуска осадка.

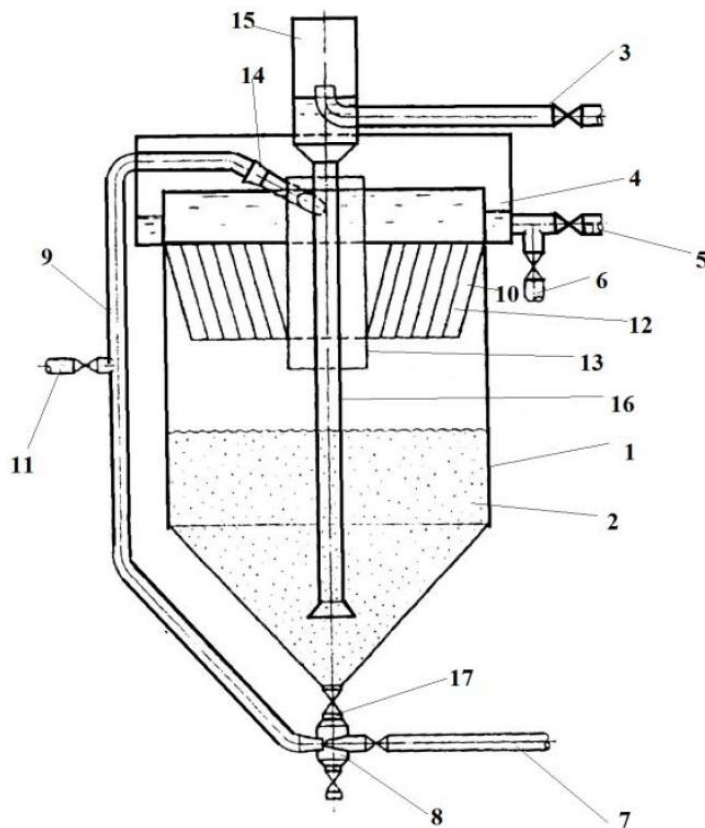
Применяются вертикальные смесители на станциях водоочистки с большой и средней производительностью, но при условии, что нагрузка на один смеситель не будет превышать 1200-1500 м³/ч.

Смесители механического типа применяют в том случае, если гидравлические смесители применять экономически нецелесообразно. Принцип действия таких смесителей основан на поступательно-вращательном движении среды, которое создаётся пропеллерными мешалками, насаженными на вертикальные оси.

Недостатками таким смесителей являются потери напора, неустойчивый режим работы, большие размеры и потребление электроэнергии.

В Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете Сибстрин (ГАСУ) с целью повышения эффективности работы сооружения для очищения природной воды от органических загрязнений был разработан реактор-осветлитель, который действует по принципу контактной коагуляции. Реактор-осветлитель служит для предварительной коагуляционной очистки воды. В установке предусмотрена эжекционная промывка загрязненной контактной массы чистой водой. С помощью промывного насоса из наполненной секции отстойника промывной воды очищенная промывная вода водится в эжектор. Сброс отработанной воды происходит в пустую секцию отстойника.

Схематичное изображение реактора-осветлителя представлено на рисунке 27.



1 – корпус; 2 – контактная загрузка; 3 – трубопровод подачи исходной воды; 4 – сборный желоб; 5 – отводящий трубопровод; 6 – трубопровод отвода промывной воды; 7 – трубопровод подачи промывной воды; 8 – эжектор подачи пульпы; 9 – трубопровод подачи пульпы в верхнюю часть корпуса; 10 – коническая диафрагма; 11 – трубопровод выпуска пульпы; 12 – конический тонкослойный модуль; 13 – полупогружной цилиндр; 14 – воздушный эжектор; 15 – воздухоотделитель; 16 – опускная распределительная труба; 17 – трубопровод, соединяющий эжектор подачи пульпы с нижней частью корпуса реактора

Рисунок 2.12 – Реактор-осветлитель ГАСУ

Исходная вода, которая уже обработана реагентами подается по трубопроводу 3 в воздухоразделительную зону 15 куда после поступает по опускной трубе 16 в нижнюю часть реактора.

Далее вода проходит снизу вверх через слой контактной массы 2. Скорость восходящего потока воды подбирается такой, чтобы обеспечивалось минимальное расширение зернистого слоя загрузки,

устраняющее застойные зоны. В качестве контактной загрузки может использоваться кварцевый песок или другой мелкозернистый материал, который удовлетворяет требованиям по механической прочности и химической стойкости.

В результате образующихся в межзерновом пространстве контактной массы осадок гидрооксида алюминия адсорбирует органические коллоидные примеси и происходит очищение природной воды.

Экспериментальные исследования, которые выполнены в натурных условиях водоочистных сооружениях показали, что «эффективность контактной коагуляции повышается по мере сокращения интервала между вводом коагулянта и ее поступлением в слой контактной массы» [51].

«Экспериментальные исследования применения реактора-осветлителя в технологической схеме в подготовке природной воды проводились на водопроводных станциях поверхностных вод Кемеровской и Новосибирской областей» [36]. Результаты исследований представлены в таблице.

Основные сооружения, которые использовались на опытной установке: реактор-осветлитель, скорый фильтр, сорбционный фильтр.

Таблица 2.2 – Результаты экспериментальных исследований реактора-осветлителя

Показатель	Насосно-фильтровальная станция кемеровской области, 2000 г.		Насосно-фильтровальная станция речных вод Новосибирской области, 2005 г.	
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода
Мутность, мг/л	1,4-5,5	0,2-0,4	13-15	0,3-0,5
Цветность, град	17-27	12-17	250-270	15-18
Железо общее, мг/л	0,1-0,3	0,01-0,1	0,6-0,7	0,2-0,3
Марганец, мг/л	0,01-0,05	0-0,02	0,1-0,2	0,07-0,1
Жесткость общая, моль/л	8,5-10,1	7,1-8,7	7,6-8,1	7,2-7,5
Фенолы, мг/л	менее 0,001	-	менее 0,001	-

При эксплуатации смесителей независимо от их типа и конструкции необходимо предусматривать переливные трубы, трубы для опорожнения смесителя и выпуска осадка.

Вода в смесителях не должна насыщаться пузырьками воздуха. Поэтому на подводящих трубопроводах следует предусматривать задвижки, позволяющие регулировать уровень воды в смесителе.

Работа смесителей обязательно должна контролироваться в случаях, когда резко изменяется технологический режим работы станции водоочистки.

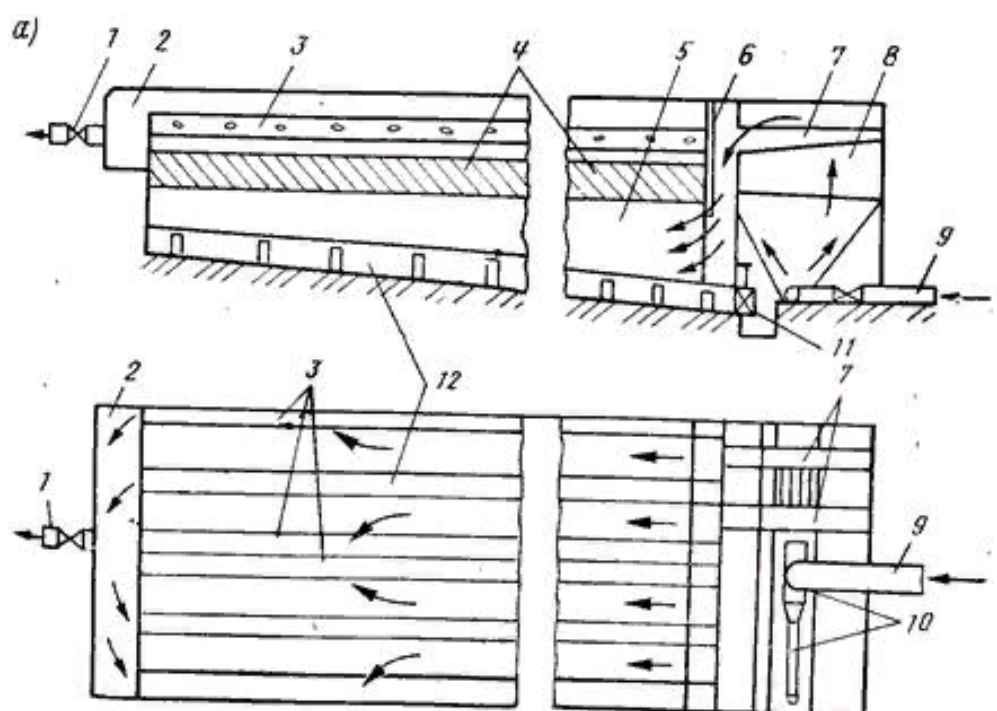
Камеры хлопьеобразования предназначены для создания благоприятных условий процесса хлопьеобразования на стадии коагулирования. Основное их назначение – обеспечение равномерного интенсивного перемешивания воды с обработанным коагулянтom в начале камеры и более плавное в ее конце.

Наиболее часто используемые камеры в практике:

- перегородчатые;

- вихревые;
- зашламленные;
- водоворотные.

В современной практике все камеры хлопьеобразования делают со встроенными отстойниками, для того чтобы избежать разрушения хлопьев при передаче воды из камер в отстойник. Исключение представляют только перегородчатые камеры (отстойники располагают вплотную). Оптимальная скорость движения воды из камер в отстойник не должна превышать 0,1 м/с.



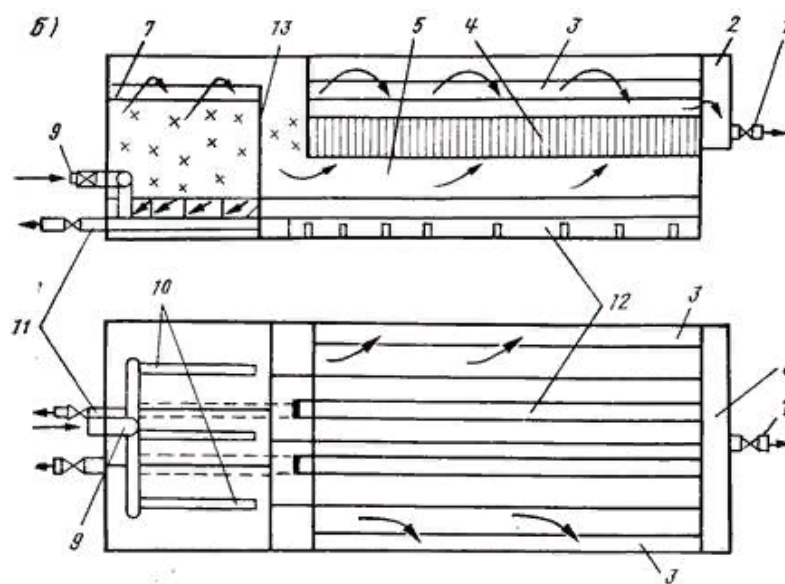
1 – отвод осветленной воды и подача исходной; 2 – водосборный карман; 3 – лотки сбора осветленной воды; 4 – тонкослойный модуль; 5 – зона для осветления воды; 6 – перегородка для направления струй; 7 – водосборные и водоотводные лотки; 8- камера хлопьеобразования; 9, 10 – перфорированные трубки (водораспределительные); 11 – удаление слоя взвешенного осадка; 12 – коробка для сбора осадка и его удаления; 13 – водослив затопленный (отделяет камеру от отстойника)

Рисунок 2.13 – Камера хлопьеобразование вихревого типа (встроенная в горизонтальный отстойник)

Наружная часть вихревой камеры выполнена в виде железобетонного конического резервуара. Обычно ее встраивают в горизонтальный отстойник или пристраивают к нему вплотную.

Принцип работы вихревой камеры основан на плавном перемешивании и движении воды снизу вверх (обрабатываемую воду вводят в нижнюю часть камеры). Вследствие этого происходит значительное снижение скорости движения.

Скорость движения воды колеблется в пределах 0,7-12 м/с при выходе из распределительных труб, а скорость движения по камере хлопьеобразования 0,004-0,005 м/с. Время пребывания воды в камере составляет 6 минут при мутных водах и 12 минут при цветных водах. Отвод воды из камеры осуществляется по трубопроводам при скорости движения 0,05-0,1 м/с.



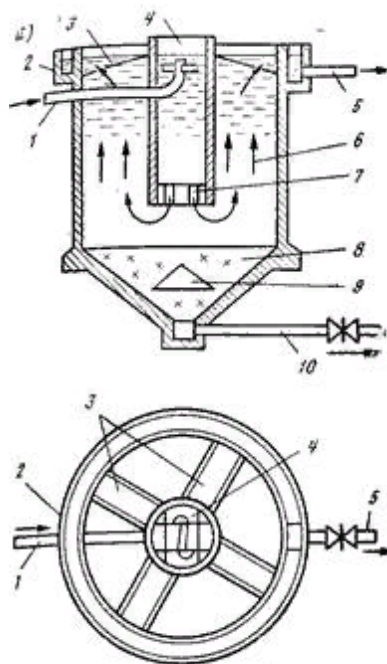
1 – отвод осветленной воды и подача исходной; 2 – водосборный карман; 3 – лотки сбора осветленной воды; 4 – тонкослойный модуль; 5 – зона для осветления воды; 6 – перегородка для направления струй; 7 – водосборные и водоотводные лотки; 8- камера хлопьеобразования; 9, 10 – перфорированные трубки (водораспределительные); 11 – удаление слоя взвешенного осадка; 12 – коробка для сбора осадка и его удаления; 13 – водослив затопленный (отделяет камеру от отстойника)

Рисунок 2.14 – Камера хлопьеобразование зашламленного типа (встроенная в горизонтальный отстойник)

Камеры хлопьеобразования зашламленного типа используют на станциях любой производительности для осветления мутных и средних вод. Их так же выполняют встроенными в горизонтальный отстойник и в виде пирамидального железобетонного резервуара. Дно камеры выполнено с углом конуса 45 градусов.

В основании пирамиды располагается распределительная труба. Расстояние от стенки камеры до трубы не более 1 м, а расстояние между водораспределительными трубками не должно превышать 2 м.

Движение воды осуществляется сверху вниз через слой шлама. Скорость движения воды в распределительных трубках принимается 0,5-0,6 м/с. Время пребывания в камере не менее 20 минут.



1 –подача исходной воды; 2 – кольцевой водосборный лоток; 3 – радиальный водосборный лоток; 4 – водоворотная камера; 5 – отвод осветленной воды; 6 – зона для осветления воды; 7 – гаситель; 8 – зона накопления осадка и его уплотнения; 9 – конусный отражатель; 10 – удаление осадка; 11 – контактная загрузка (вспененный полистирол); 12 – сетка; 13 – контактная камера.

Рисунок 2.15 – Водоворотная камера хлопьеобразования

«Водоворотная камера хлопьеобразования расположена в центре в виде стакана и совмещается с вертикальным отстойником. Вода подается в

верхнюю часть стакана соплом, который расположен на глубине 0,5 м от поверхности воды в отстойнике» [28]. На выходе из сопла скорость движения воды составляет 2-3 м/с. Ударяет об стенки струи воды приобретают вращательное движение, и вдоль стенок стакана вода движется вниз. Внизу камеры установлен гаситель энергии в виде перегородки высотой 0,8 м и с ячейками размером 0,5х0,5 м. Время пребывания камере составляет 15-20 минут.

2.5 Выводы по 2 главе

По наблюдениям за состоянием поверхностного источника водоснабжения Куйбышевского водохранилища можно сделать вывод, что за период 3 лет качество воды в целом осталось неизменным и состояние воды характеризуется как «загрязненная» 3А класса. Но по проведенным исследованиям можно заметить рост о загрязненности органическими веществами. За период с 2015 по 2017 гг. цветность воды увеличилась в 1,25 раза, и находится на границе допустимых норм, но их зафиксированное максимальное значение увеличилось в 2,63 раза, что превышает допустимые нормы на 5,4 ПДК.

В летний период года в составе фитопланктона Куйбышевского водохранилища было зафиксировано 139 таксонов водорослей. Наибольший вклад внесли такие отделы как: зеленые водоросли, диатомовые водоросли и сине-зеленные водоросли.

В связи с многообразием гуминовых веществ требуется реагентная обработка природной воды. В последнее время на рынке появилось множество видов коагулянтов как органического, так и неорганического происхождения, эффективность которых для обработки воды от органических загрязнений до сих пор изучается, а их внедрение на очистные сооружения не всегда обосновано.

Сооружения для смешивания реагентов, использующиеся на очистных сооружениях для водоподготовки воды питьевого назначения спроектированы в основном в семидесятые годы, имеют значительное количество недостатков, снижают эффективность очистки и требуют модернизации.

В качестве новой установки было рассмотрено применение реактора-осветлителя, который по экспериментальным исследованиям показал эффективность очистки воды от наличия в воде органических загрязнений на действующих станциях.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

3.1 Сравнение применения коагулянтов СА и ОХА для очистки питьевой воды

Разработка водопроводных очистных сооружений включает в себя не только выбор технологической схемы, но и набор соответствующих сооружений для очистки природной воды, которые зависят от качества и требований, предъявляемых потребителем.

При выборе метода очистки воды необходимо произвести технико-экономическое сравнение вариантов, которые позволяют определить оптимальный состав очистных сооружений.

Метод коагулирования достаточно хорошо изучен и применяется на многих станциях для водоподготовки. Наиболее распространенным реагентом в применении очистки воды является сульфат алюминия (СА), но в условиях нынешней разновидности водоисточников не позволяет достичь требуемых санитарных норм при низких температурах (ниже 5 градусов). В связи с этим, воду приходится подогревать, а это приводит к существенным энергозатратам, а, следовательно, и к повышению себестоимости очищенной воды.

Применение для водообработки коагулянта СА выявило ряд недостатков при его использовании, такие как малая эффективность при низких температурах воды, большие дозировки реагента и опасность превышения ПДК в воде по алюминию и железу. В связи с этим, должное внимание нужно уделить поиску для водоочистки новых эффективных реагентов.

Хорошо зарекомендовал себя реагент оксихлорид алюминия (ОХА), который так же используется для очистки воды и широко применяется за рубежом. В отличие от СА хорошо подвергается гидролизу даже при низкой температуре воды и низкой щелочности. Предназначен ОХА не только для очистки питьевой воды, но и для очистки промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод.

Основные российские производители коагулянтов ОХА и ПОХА находятся в таких городах как: Москва, Пермь, Кемерово, Новосибирск, Хабаровск. Применение данного реагента в качестве коагулянта позволяет уменьшить количество применяемого реагента и существенно улучшить качество очищенной воды. Так же оксихлорид алюминия способствует повышению скорости коагуляции коллоидных частиц органических загрязнений.

Раствор ОХА выпускается в твердом и жидком виде согласно техническим условиям производителя ТУ 216350-002-39928758-02, ТУ 2152-102-05757618-97, ТУ 6-09-05-1456-96).

Оценка эффективности оксихлорида алюминия по сравнению с сульфатом алюминия проводилась на многих водопроводных станциях с целью повышения процесса коагуляции очищенной воды. Исследования проводились в характерные периоды года на реке Волга.

Результаты сравнения по эффективности очистки воды при применении ОХА и СА представлены в таблице на основании проведенных исследований [3].

Таблица 3.1 – Результаты сравнения эффективности коагулянтов

Время года	Коагулянт	Доза коагулянта, мг/л	Цветность, град	Мутность, мг/л	Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	Остаточный алюминий, мг/л
	Исходная вода		68	1,6	12,4	-
Зима	СА	12	21	0,87	7,3	0,69
		13	16	0,6	6,6	0,34
		14	13	0,06	6,3	0,16
		15	12	0	6,1	0,08
	ОХА	12	15	0,04	6,2	0,06
		13	13	0	5,9	0,03
		14	10		5,5	0
		15	8		5,1	
Весна	Исходная воды		56	2,6	12,8	-
	СА	8	21	0,2	8,6	0,24
		10	16	0,1	8	0,26
		12	12	0,2	7,2	0,1
		14	11	0,3	7,1	0,1
		16	8	0	6,1	0,04
		18	7		5,4	0,05
	ОХА	6	20	0,5	7,3	0,02
		8	15	0,1	5,5	0,03
		10	10	0	5,5	0
		12	9		5,6	0,02
		14	6		5,3	0
		16	6		4,4	

Результаты исследования показывают трудности при очистке воды, которые наблюдаются в зимний период, когда цветность исходной воды колеблется в пределах 68-70 град., мутность 1,4-1,6 мг/л, перманганатная окисляемость 12,4 мг/л при температуре воды 0,2°C.

При сравнении коагулянтов оксихлорид алюминия позволяет получить наиболее эффективное качество очищаемой воды по мутности и цветности. Так же при одинаковой дозе используемых коагулянтов применение ОХА существенно повышает очистку воды от органических загрязнений, которые характеризуются перманганатной окисляемостью.

В паводковый период, по результатам таблицы оптимальная доза сульфата алюминия составляет 18 мг/л. Только в этом случае можно достичь требуемых показателей воды. Когда, как при использовании ОХА и получения аналогичного качества вод, доза реагента уменьшена до 12 мг/л, т.е. примерно на 25%.

Из представленной таблицы видно, что оптимальная доза реагента СА в паводковый период, при котором можно было достичь требуемых показателей качества воды составляла 16-18 мг/л. При использовании ОХА и получения аналогичного качества очищенной воды доза могла быть уменьшена до 10-12 мг/л, т.е. примерно на 25%.

3.2 Технико-экономическое сравнение реагентов

Одним из отрицательных показателей в применении коагулянта оксихлорид алюминия, по сравнению с используемым сульфатом алюминия на станции водоочистки ООО «Автоград-Водоканал» является его стоимость.

В результате исследования был проделан мониторинг ценовой политики для двух реагентов. Были выявлены средние цены за 1 кг данных реагентов. Стоимость оксихлорида алюминия в среднем составляет 40 р/кг, цена сульфата алюминия – 25 р/кг. Таким образом, стоимость за 1 кг коагулянта превышает в 1,6 раза.

Произведем расчет, взяв за основу данные, которые представлены в таблице выше.

Исходные данные для расчета:

Проектная производительность станции: 378 тыс. м³/сут;

Фактическая производительность: 332 тыс. м³/сут;

Доза реагента СА: 18 мг/м³;

Доза реагента ОХА: 12 мг/м³;

Расход реагента находится по формуле:

$$G_{\kappa} = \frac{D_{\kappa} \cdot Q_{\text{сут}}}{10000 \cdot P_i} \quad (3.1)$$

где D_{κ} – доза вводимого коагулянта, мг/м³;

$Q_{\text{сут}}$ – фактическая производительность станции, м³/сут;

P_i – процентное соотношение безводного продукта в товарном коагулянте.

Расход коагулянта СА:

$$G_{\kappa} = \frac{18 \cdot 332000}{10000 \cdot 40,3} = 14,8 \text{ т/сут}$$

Расход коагулянта ОХА:

$$G_{\kappa} = \frac{12 \cdot 332000}{10000 \cdot 40,3} = 9,9 \text{ т/сут}$$

Из расчета видно, что для достижения нормативных показателей качества воды доза ОХА в 1,5 раза меньше, чем доза сульфат алюминия.

Путём несложных математических исчислений, находится стоимость двух реагентов, которая составляет 370 тыс.рублей и 464 тыс.рублей для СА и ОХА соответственно.

Таким образом, стоимость ОХА выше стоимости менее современного и качественного коагулянта в 1,25 раза. Однако, за счет достаточно экономного использования коагулянта, отсутствия необходимости использовать дополнительные средства (трудозатраты по работе погрузочно-разгрузочных работ, содержание, электроэнергия на приготовление рабочих растворов сульфат алюминия), а так же минимальный износ оборудования в конечном итоге делает ОХА одним из наиболее выгодных коагулянтов.

3.3 Рекомендации для усовершенствования схемы технологии питьевой воды

По результатам проделанной работы и проведенного теоретическому обзору исследований по состоянию качества воды в Куйбышевском водохранилище был сделан вывод о том, вода характеризуется средней цветностью. В воде имеются органические загрязнения, определяемые перманганатной окисляемостью, химическим и биологическим потреблением кислорода, цветностью воды.

Для обеспечения надежности очистки воды до уровня государственной нормативной базы дополнительно к классической очистке с использованием коагулянтов необходимо применение эффективных методов, увеличивающих степень извлечения из воды всех видов загрязнений. В связи с этим предлагается усовершенствовать технологическую схему.

Лабораторные исследования показали, что для очистки питьевой воды целесообразно применение оксихлорида алюминия вместо сернокислого алюминия, что позволит получить питьевую воду нормативного качества, сократит дозу коагулянта в несколько раз и обеспечит стабильность процесса коагуляции.

Так же, предлагается заменить горизонтальный отстойник на реактор-осветлитель, который по действующим водоочистным станциям показал положительные качества работы. Очистка воды происходит во взвешенном слое промываемой и многократно используемой контактной массы, которая выполняет функцию замутнителя и фильтрующего материала. Реактор-осветлитель сочетает в себе достоинства осветлителей со взвешенным слоем осадка и зернистых фильтров, имеет высокую производительность, низкую эксплуатационную стоимость, и стабильную надежность. Применение реактора – осветлителя позволит дополнительно снизить дозу реагента на 30-40%.

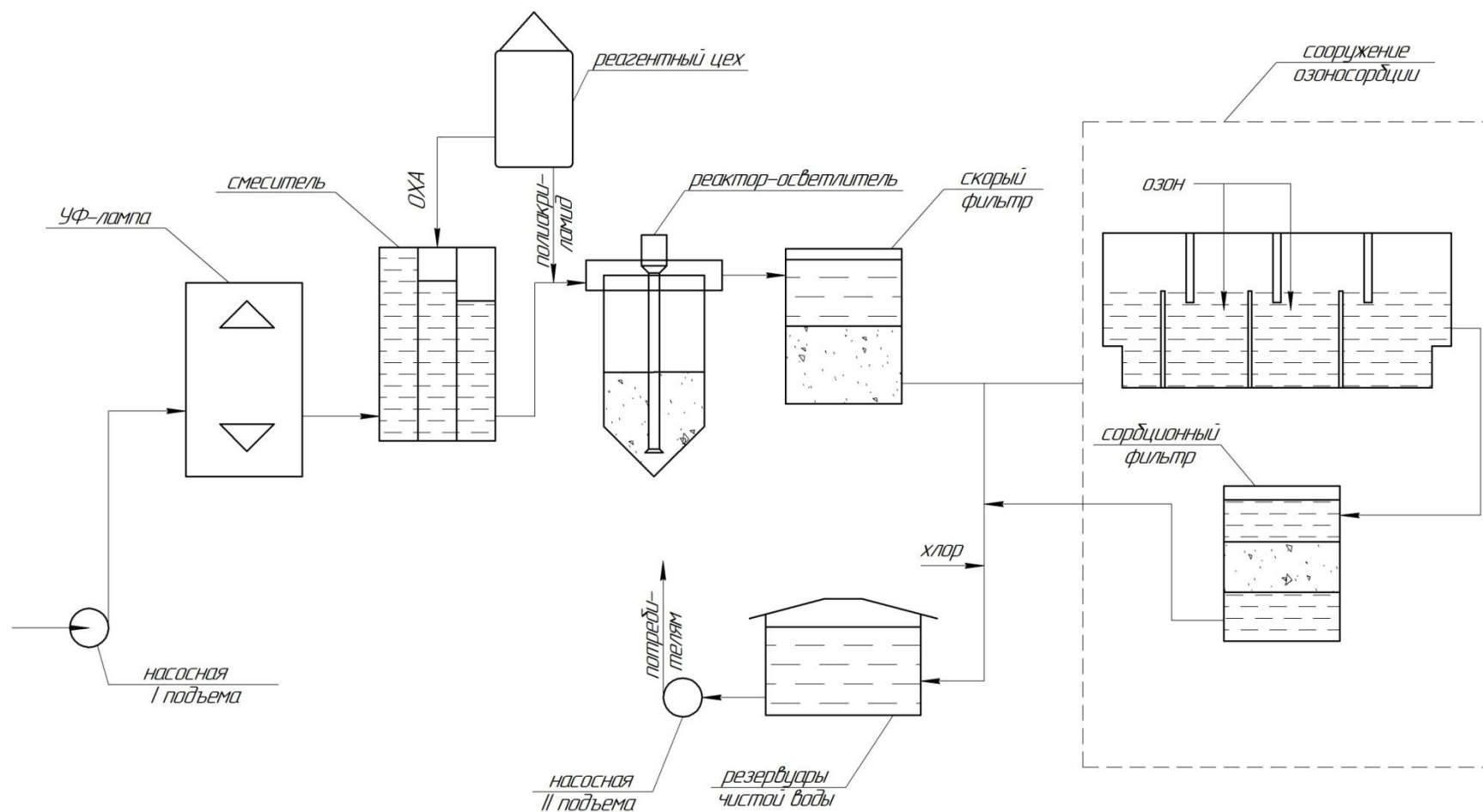


Рисунок 3.1 – Предложенная схема очистки питьевой воды от органических загрязнений

Предлагаемая технологическая схема включает в себя обеззараживание исходной воды, которая повышает эффективность последующей коагуляции разрушением гидрофильных органических соединений, которые стабилизируют дисперстные примеси воды. Из коагулянтов рекомендуется применения оксихлорид алюминия, в качестве флокулянта – Праестол 650. Скорые фильтры предназначены для удаления из воды мелких хлопьев, которые не задержал реактор-осветлитель.

Для удаления остаточных органических загрязнений в период наибольшего цветения источника водоснабжения в технологическую схему добавлен сорбционный фильтр, который включает в себя очистку воды озонированием.

Заключительный этап очистки воды в этом случае перед подачей ее в резервуары чистой воды – введение раствора гипохлорита натрия в трубопровод. При традиционной схеме – введение хлора.

При помощи предложенной комплексной технологии очистки природной воды поверхностного источника качество очищенной воды удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.4-1074-01.

3.4 Выводы по 3 главе

1. На основании теоретических данных и экспериментальных исследований наиболее эффективнее для очистки воды является коагулянт оксихлорид алюминия. Этот реагент хорошо себя зарекомендовал и широко применяется за рубежом.

2. По сравнительной таблице коагулянтов видно, что достичь требуемых показателей качества воды при использовании сульфат алюминия можно при его дозе 16-18 мг/л, когда при ОХА эти показатели достигаются при дозе 16-18 мг/л. Следовательно, еще одним преимуществом данного коагулянта является его уменьшенная доза примерно на 25%.

3. При технико-экономическом сравнении двух коагулянтов наиболее дорогим оказался ОХА, но за счет отсутствия дополнительных затрат остается в числе наиболее выгодных реагентов.

4. Предложенная схема очистки природной воды с добавлением в нее коагулянта ОХА, реактора-осветлителя и стадии озонирования в комплексе позволяет избавиться от находящихся в воде органических веществ.

5. Применение крупнозернистой контактной загрузки в конструкции реактора-осветлителя позволит улучшить процесс хлопьеобразования в условиях, когда в течении года постоянно происходит изменение качества воды, при сохранении высокой пропускной способности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного аналитического обзора и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по совершенствованию технологической схемы подготовки природной воды поверхностного водоисточника.

2. Применение классической технологии очистки воды коагулированием и осветлением в комплексе с озонсорбцией, ультрафильтрацией позволяет обеспечить необходимую степень очистки воды и ее соответствие перспективным нормативным требованиям независимо от состояния источника водоснабжения.

3. Сочетание при водоочистке Праестола 650 с ОХА обеспечивает более высокую очистку воды по цветности, ХПК, окисляемости, содержанию гуминовых и фульвокислот.

4. Правильно проведенные процессы коагуляции и осветления воды позволяют полностью удалить взвешенные вещества и снизить цветность воды до требуемого уровня, уменьшить общую концентрацию органических загрязнений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоград Водоканал (Тольятти) // Электрон. Дан. Режим доступа : <http://www.avkvoda.ru/>
2. Алексеева Л.П. Интенсификация проведения процесса коагуляционной очистки воды // Наилучшие достижения технологии. 2014. №3. С. 6-14.
3. Алексеева Л.П. Оценка эффективности применения оксихлорида алюминия по сравнению с другими коагулянтами // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. №2. С. 14-19.
4. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. Москва : Изд-во Наука, 1977. 356 с.
5. Белан Ф.И. Водоподготовка (расчеты, примеры, задачи). М. : Энергия, 1980. 256 с.
6. Богданов Б.А., Иванкин Д.Н. Коагулянт оксихлорид алюминия (ОХА) и особенности его применения в республике Казахстан // Водные ресурсы и водопользование. 2009. №8. С. 24-27.
7. Вихрев В.Ф., Шкроб С.М. Водоподготовка : учебное пособие для вузов. М. : Энергия, 1973. 416 с.
8. Влияние факторов окружающей среды. [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://studentmedic.ru/>
9. Войтов Е.Л. Очистка маломутных природных вод с высоким содержанием органических соединений для питьевого водоснабжения : дис., Новосибирск, 2011. 337 с.
10. Гандурина Л.В., Будыкина Т.А. Сравнение эффективности алюмосодержащих коагулянтов для очистки воды от взвешенных и растворенных загрязнений // Вода: химия и экология. 2011. №1. С. 39-43.
11. Герасимов Г.Н. Процессы коагуляции-флокуляции при обработке поверхностных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. №3. С. 28-

12. Гетманцев С.В. Гетманцев В.С. Комбинированная технология производства высокоэффективных коагулянтов // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. №3. С. 8-10.
13. Гетманцев С.В. Использование современных коагулянтов в практике Российских водоочистных предприятий // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №4. С. 38-40.
14. Гетманцев С.В. Основные тенденции применения коагулянтов за рубежом // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. №8. С. 2-7.
15. Гетманцев С.В. Система выбора эффективных технологий очистки природной воды с применением алюмосодержащих коагулянтов. 2011. №8. С. 4-
16. Говорова Ж.М. Обоснование и разработка технологий очистки природных вод, содержащих антропогенные примеси : дис. Д.т.н., Москва, 2004. 422 с.
17. Горбачев Е.А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников : учебное пособие. М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. 240 с.
18. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков [Электронный ресурс]. Введ. 1986-07-01 // Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200008297>
19. ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора (с Изменением №1) [Электронный ресурс]. Введ 1986-01-01 // Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200003220>
20. ГОСТ 31862-2012 Вода питьевая. Отбор проб [Электронный ресурс]. Введ. 2014-01-01 // Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200097517>
21. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Самойлович В.Г.. Озонирование в процессах очистки воды. М. : Дели принт, 2007. – 400 с.

22. Драгинский В.О., Алексеева Л.П. Особенности применения коагулянтов для очистки природных цветных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №1. С. 9-15.
23. Жуков И. Н. Экологическое и санитарно-гигиеническое состояние водных источников. Москва : Стройиздат, 1991. 35 с.
24. Журба М.Г., Говорова Ж.М. Интенсификация технологий очистки природных вод // Питьевая вода. 2005. №1. С. 2-5.
25. Журба М.Г., Лебедева Е.А., и др. Определение расчетных показателей качества водоисточников для обоснования технологии водоподготовки // Проблемы экологии на пути к устойчивому развитию регионов, 2001. С. 198-200.
26. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Л. : Химия, 1987. 208 с.
27. Инвестиционная программа ОАО «ТЕВИС» [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://lib.convdocs.org/>
28. Камеры хлопьеобразования. [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://ww38.refwin.ru/>
26. Капитальный ремонт водоочистных сооружений питьевого водоснабжения. Том 1. Рабочий проект, ООО «ПСК ИВКА», 2005
29. Кинебас А.К. Совершенствование системы контроля и мониторинга качества воды в условиях современного мегаполиса : дис. к.т.н., Санкт-Петербург, 2007. 336 с.
30. Классификаторы технологий очистки природных вод : учебное пособие / М.Г.Журба; А.П.Нечаев, Г.А.Ивлева, Ж.М.Говорова и др. : Москва, 2000. 118 с.
31. Коагуляция в технологии очистки природных вод. В.Л. Драгинский, Л.П.Алексеева, С.В.Гетманцев : Москва, 2005. 576 с.
32. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды : учебное пособие для вузов. М. : ООО «Бастет», 2008. 304 с.

33. Кривина Е.С. Общая характеристика качественного состава летнего фитопланктона Куйбышевского водохранилища в районе месторождения нерудных строительных материалов // Рыбное хозяйство. 2015. №4. С. 30-34.
34. Куйбышевское водохранилище / под ред. А.В.Монаков. Ленинград.: Наука, 1983. 214 с.
35. Кульский Л.А., Строкач П.П.. Технология очистки природных вод. Киев : Головное изд-во, 1986. 352 с.
36. Латышев Н.С. Эффективность реагентной обработки высокоцветных и маломутных вод в зависимости от природы органических загрязнений : дис., Москва, 2010. 144 с.
37. Линевич С.Н., Бреус С.А. Оптимизация коагуляционной обработки воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №8. С. 10-13.
38. Линевич С.Н., Гетманцев С.В. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. : Москва : Изд-во Наука, 2007. 229 с.
39. Лыскова К.Ю. Возможности использования новых технологий очистки природных вод // Современные тенденции развития науки и производства. 2017. С. 310-313.
40. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. М. : Стройиздат, 1980. 129 с.
41. Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н., и др.; под ред. А.П.Шицковой. М. : Медицина, 1990. 339 с.
42. Мусаев Ш.Ж. Влияние экологического состояния источников водоснабжения на здоровье населения // Гигиена, экология и риски здоровью в современных условиях. 2017. №3. С. 197-200.
43. Павлов А.А., Дзиминская Ч.А., Костюченко С.В., и др. Современные технологии подготовки питьевой воды на Слудинской водопроводной станции Нижнего Новгорода // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №1. С. 10-16.

44. Первов А.Г. Технологии очистки природных вод : учеб. Пособие. М. : Изд-во ассоциации строительных вузов, 2016, 600 с.
45. Пирожков Н.С., Поварёнкина М.С., Щукин И.С. Применение полиоксихлорид алюминия для очистки природных вод // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2012. №1. С. 30-36.
46. Пособие гигиена воды [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://studfiles.net/>
47. Салмин С.М. Коагуляция примесей природных вод с использование крупнозернистой контактной загрузки : дис.д-ра тех. наук. Пенза, 2015. 149 с.
48. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/901798042>
49. Сафронов М.А. Повышение эффективности реагентной обработки поверхностных природных вод алюмосодержащими коагулянтами : дис. К.т.н. пенза, 2010. 156 с.
50. Сколубович А.Ю. Разработка технологии очистки высокоцветных маломутных вод поверхностных источников для питьевого водоснабжения : дис., Новосибирск, 2010. 191 с.
51. Сколубович Ю.Л., Войтов Е.Л., Никитин А.М. Повышение эффективности работы водопроводных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №2. С. 21-25.
52. Современные технологии обработки воды. Том.1 Получение питьевой воды высокого качества. Алинкин В.Н., Анцкайтис А.В., Горинов А.П. и др. М. : Издательский дом Недра, 2014. 207 с.
53. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02- 84 (с Изменениями № 1,2) [Электронный ресурс]. Введ. 2013-01-01 // Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200093820>

54. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. Под редакцией Назарова И.А. – М.: Стройиздат, 1977. 288 с.
55. Сычев А.В., Канивец Л.П., Солтан Н.М., и др. Использование полиоксихлорид алюминия при подготовке питьевой воды на крайнем Севере // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. №2. С. 30-31.
56. Технический справочник по обработке воды. Том 1 / под ред. М.И.Алексеев, В.Г.Иванов, А.М.Курганов, и др.. Санкт-Петербург : Новый журнал, 2007 г.
57. Требования к качеству воды. [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://baurum.ru/>
58. Туркина Е.П. Эколого-гигиеническая оценка питьевого водоснабжения населения Ивановской области : дис., Шуя, 2012. 233 с.
59. Устройство для очистки воды : пат. 2307075 С2 / Войтов Е.Л. (Россия); Сколубович Ю.Л. (Россия) - № 2005133914 / 15 ; заявл. 02.11.2015; опубл. 27.09.2007, Бюл. №27. 6 с.
60. ФГБУ Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России по гидробиологическим показателям / под ред. В.М. Хромова. М. : Росгидромет, 2015. 168 с.
61. ФГБУ Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды // Экологический бюллетень по Самарской области. 2015. 42 с.
62. ФГБУ Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды // Экологический бюллетень по Самарской области. 2016. 36 с.
63. ФГБУ Приволжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды // Экологический бюллетень по Самарской области. 2017. 48 с.

64. Фомина В.Ф. Особенности коагулирования маломутных цветных вод реки Вычерды в условиях низких температур // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №8. С. 48-55.
65. Химические показатели качества воды. [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://megalektsii.ru/>
66. Хохрякова Е.А., Резник Я.Е. Водоподготовка : справочник. М. : Аква-Терм, 2007. 240 с.
67. Храменков С.В., Благова О.Е. Использование современных коагулянтов и флокулянтов в системе Московского водопровода // Водоснабжение и санитарная техника, 2001. №3. С. 5-7.
68. Шушкевич Е.В. Влияние экологического состояния водоисточников на водоснабжение мегаполисов // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №8. С. 27-30.
69. ЭБС «Консультация студента». Студенческая электронная библиотека [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://www.studentlibrary.ru/>
70. Perminova I.V., Kudryavtsev A.V. Size-exclusion chromatographic descriptors of humic substances // Anal.Chim.Acta, 2000, 407(1-2), P. с. 193-202.
71. Leo M.L. Nollet. Handbook of Water. P. 440. Published by CRC Press, 2007.
- 72 Parker D.S., Kaufman W.J., D.Jenkins. Floe breakup in turbulent flocculation process / Eng Div Proc, 1972. №1. p. 79-99.
73. T.R. Camp. Flocculation and flocculation basins / Amer. Soc. Civil Eng, 1955. p. 1-16.
74. Fair, G.M. Mathematical model of coagulation / G.M. Fair, R.S. Gemmel. – Journ. Colloid Sei, 1964. №4. p. 360-372.