



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА**

На тему: «Возможности повышения эффективности очистки питьевой воды в
Санкт-Петербурге»

Исполнитель

(подпись)

Сысуев Владислав Юрьевич
(фамилия, имя, отчество)

профессор Музалевский А.А.

Руководитель

(подпись)

Музалевский А.А.
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

Дроздов В.В.
кандидат географических наук, доцент

Дроздов В.В.

(фамилия, имя, отчество)

«13» июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ	8
1.1. Система очистки питьевой воды и ее значение для населения	8
1.2. Современные технологии очистки питьевой воды и их характеристика	14
1.3. Российский и зарубежный опыт очистки питьевой воды, приоритетные тенденции	20
Выводы по главе 1.....	23
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ	25
2.1. Структура очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге.....	25
2.2. Экспертный анализ эффективности и качества очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге	32
2.3. Основные проблемы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге.....	43
Выводы по главе 2.....	45
ГЛАВА 3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ.....	47
3.1. Разработка программы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге ...	47
3.2. План реализации программы и материально-техническое обеспечение	51
3.3. Бюджетный план реализации программы и возможный прогноз эффективности	53
Выводы по главе 3.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65

ВВЕДЕНИЕ

Вода необходима для полноценной жизнедеятельности каждого человека, обеспечения функционирования всех процессов хозяйствования социума, поэтому к ее очистке и качеству во всем мире предъявляются повышенные требования, направленные на удаление вредных примесей, смягчение и приспособление к использованию гражданами. Россия не является исключением и относится к числу тех стран, где очистка питьевой воды регламентируется на высшем уровне власти, а также конкретизируется в субъектах Российской Федерации. Помимо федеральных и региональных правовых актов качество питьевой воды в РФ координируется требованиями государственных стандартов и санитарно-эпидемиологическими нормами, определяющими основные параметры чистоты, жесткости питьевой воды.

Однако, к сожалению, несмотря на действующие государственные стандарты и санитарно-эпидемиологические нормы, в настоящий момент далеко не во всех субъектах Российской Федерации качество питьевой воды соответствует регламентированным требованиям. Так отдельные районы Санкт-Петербурга, в частности, те, которые относятся к историческим частям города, испытывают трудности с очисткой воды. Причинами этого являются и устаревшие очистительные сооружения, и финансово-технические проблемы модернизации очистки воды, высокая стоимость внедрения инноваций, сложности привлечения высококвалифицированных инженеров и многие другие.

Результатом сложившейся ситуации в Санкт-Петербурге является ухудшение экологической ситуации, связанной с жизнеобеспечением населения одним из самых важных ресурсов – водой, что провоцирует обострение хронических заболеваний, дает толчок развитию инфекций, кожных патологий и так далее.

В связи с вышесказанным в настоящий момент представляется целесообразным проведение детального исследования особенностей очистки

питьевой воды в Санкт-Петербурге для выявления существующих проблем и предложения возможных путей их решения, чем и обусловлена актуальность выпускной квалификационной работы.

Цель исследования – выявить основные проблемы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге и разработать программу очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге.

Для достижения цели выпускной квалификационной работы поставлены следующие задачи:

1. Рассмотреть теоретический аспект российский и зарубежный опыт технологий очистки питьевой воды;
2. Определить структуру очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге;
3. Провести экспертный анализ эффективности и качества очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге;
4. Выявить основные проблемы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге;
5. Разработать программу очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге;
6. Предложить план реализации программы и материально-техническое обеспечение;
7. Составить бюджетный план реализации программы и возможный прогноз эффективности.

Объект исследования – российский и зарубежный опыт технологий очистки питьевой воды.

Предмет исследования – программа очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге, направленная на устранение проблем загрязнения.

Основу исследования составили три группы источников, включающие нормативно-правовые акты, научную литературу, официальные сайты и иные интернет-ресурсы.

Нормативной базой написания выпускной квалификационной работы стали правовые акты, регламентирующие очистку питьевой воды, а именно: Конвенция о защите прав человека и основных свобод (Заключена в г. Риме 04.11.1950), Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями), Гражданский кодекс Российской Федерации (часть 1) от 30 ноября 1994 года № 51-ФЗ, Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ, Федеральный закон РФ «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 № 174-ФЗ, Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ и другие.

Научной основой исследования стали труды в области охраны окружающей среды, экологии, государственного контроля, стратегического планирования, статистики таких специалистов, как Богомолов М.В., Воронов Ю.В., Ерастова Н.В., Мельцер А.В., Онищенко Г.Г., Первов А.Г., Рахманин Ю.А., Рыбаков Н.А., Фридман К.Б., Якубова И.Ш.

Также в процессе исследования использованы аналитические, информационные, статистические данные в области очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге, представленные в открытом электронном доступе на официальных ресурсах Правительства России, Правительства Санкт-Петербурга, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

В основу исследования, представленного в выпускной квалификационной работе, положены следующие методы:

- анализ существующего теоретико-практического опыта в области очистки питьевой воды;
- синтез научного материала по теме выпускной квалификационной работы;
- структуризация научных данных;
- экспертная оценка качества питьевой воды в Санкт-Петербурге;
- конкретизация проблем очистки питьевой воды в городе;
- детализация направлений решения выявленных трудностей;
- систематизация научного опыта в табличной и в графической формах;

- обобщение научных данных и результатов собственного исследования.

Теоретическая значимость выпускной квалификационной работы заключается в синтезе существующего теоретико-практического опыта в области очистки питьевой воды с учетом современного зарубежного и российского опыта очистки питьевой воды; изменений и дополнений в действующей законодательной базе и государственных стандартах, регламентирующих качество питьевой воды.

Практическая значимость исследования определена тем, что в нем на основе качественно-количественного анализа представленных данных выявлены проблемы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге и предложены актуальные проблемы решения выявленных трудностей.

Структуру работы определило ее содержание, включающее введение, основную часть, разделенную на главы и параграфы, заключение, список использованных источников и приложения.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

1.1. Система очистки питьевой воды и ее значение для населения

Водоочистка (или очистка воды) – процесс удаления нежелательных химических веществ, биологических загрязнителей, взвешенных твёрдых частиц и газов, загрязняющих пресную воду. Окончательным результатом процесса очистки является получение питьевой воды, пригодной для использования с определённой целью [17, с. 82].

В зависимости от цели водоочистки, употребляются и другие термины: водоподготовка и очистка сточных вод. Наиболее тщательно вода очищается и обеззараживается в процессе подготовки к использованию человеком для бытовых нужд (питьевая вода). Кроме того, очистка воды может производиться и для других целей, отвечающих другим требованиям, например, для медицинских целей или для применения в фармакологической, химической или других отраслях промышленности. В целом технологический процесс, используемый для очистки воды включает в себя физические методы (фильтрация, седиментация, обратный осмос, дистилляция), биологические методы (организмы, поедающие мусор), химические методы (флокуляция, ионный обмен, хлорирование и использование электромагнитного излучения, например ультрафиолетового излучения) [34, с. 18].

Согласно приведённым в докладе Всемирной организации здравоохранения (далее по тексту – ВОЗ) данным, в 2021 году 1,1 млрд. человек не имеют доступа к улучшенным источникам водоснабжения, что на 0,2 млрд. человек больше, чем в 2020 году (рисунок 1). Такая ситуация прослеживается не только в странах третьего мира, но и в государствах, в настоящий момент относящихся к динамично развивающимся (Индия, Пакистан и другие) [29, с. 54].

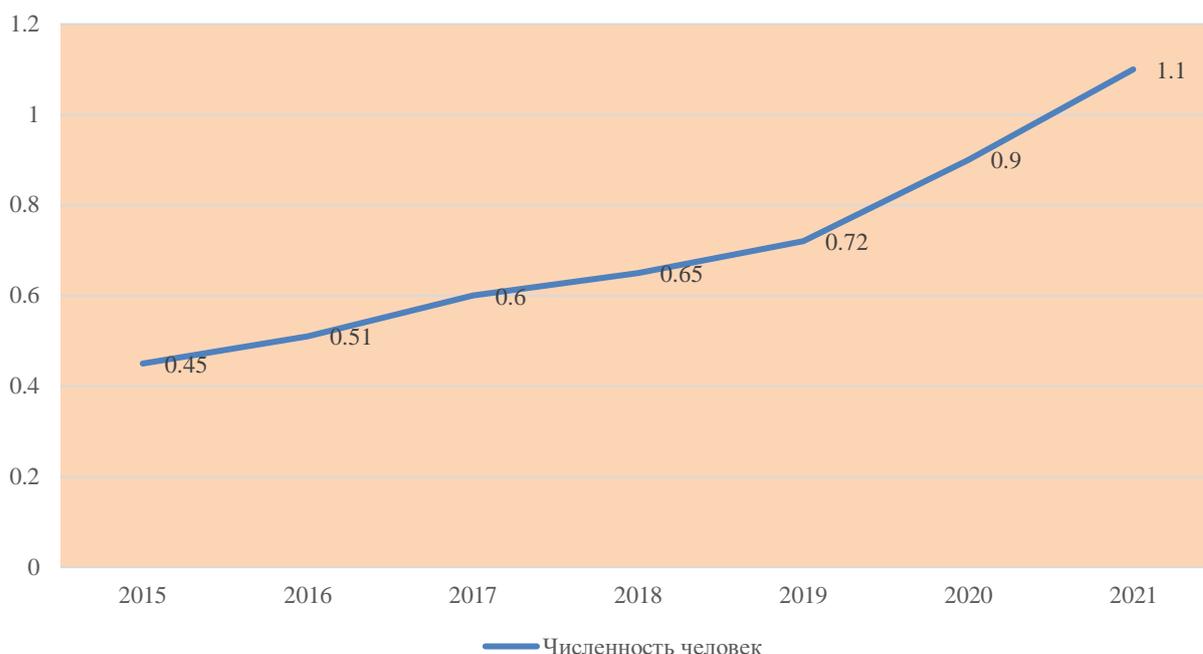


Рисунок 1 - Динамика численности человек в мире, не имеющих доступа к улучшенным источникам водоснабжения за 2015-2021 годы, в миллиардах человек, млрд. чел.

Из доклада Всемирной организации здравоохранения за 2021 год также следует, что из 4 млрд. случаев диареи – 88 % вызваны использованием небезопасной воды, а также неадекватной санитарией и гигиеной. Кроме того, по данным экспертов ВОЗ ежегодно 1,8 млн. человек умирают от диарейных заболеваний (рисунок 2), из них в 94 % случаев развитие диареи можно предотвратить путём изменения условий окружающей среды, включая доступ населения к безопасной (очищенной и подготовленной) воде.

Использование относительно простых методов очистки и подготовки питьевой воды для бытовых нужд, например, хлорирования, применение фильтров для воды, дезинфекция солнечными лучами (УФО), а также хранение запасов питьевой воды в безопасных ёмкостях могло бы ежегодно спасти огромное количество человеческих жизней. Таким образом, основной целью организаций здравоохранения в различных странах мира является снижение случаев смертности от болезней, вызванных употреблением некачественной питьевой воды [22, с. 101].

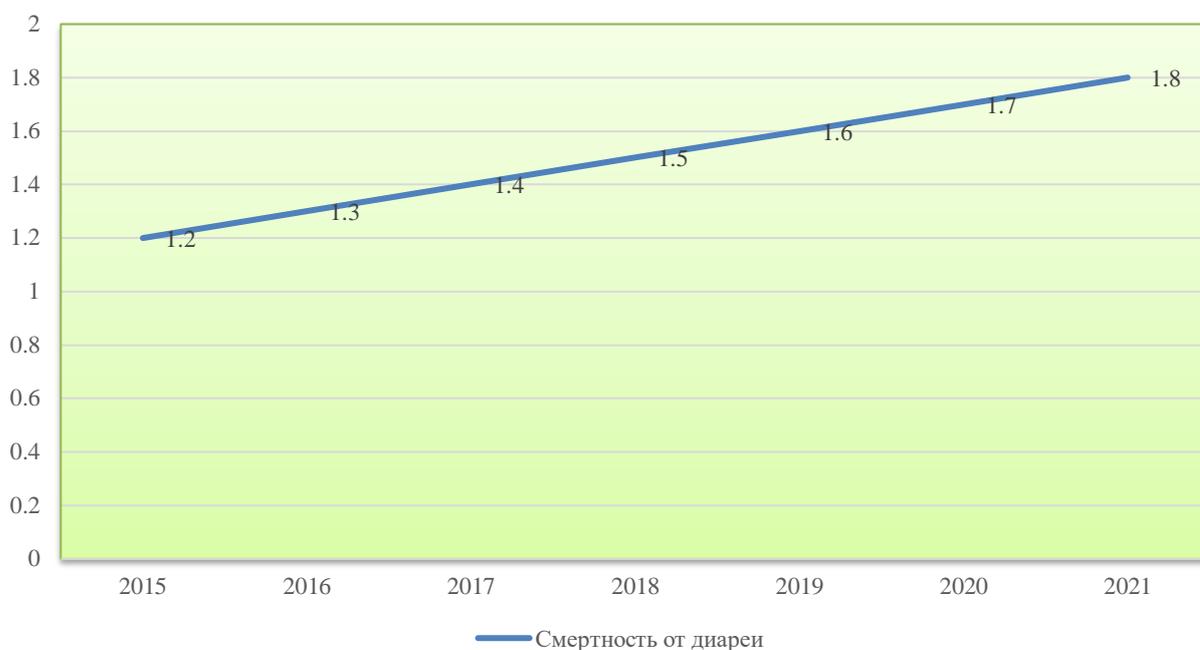


Рисунок 2 - Динамика смертности от диареи по причине отсутствия доступа к улучшенным источникам водоснабжения за 2015-2021 годы, в миллионах человек, млн. чел.

Первые опыты по фильтрации воды были сделаны в 17 веке. Сэр Фрэнсис Бэкон попытался опреснить морскую воду, пропуская ее через песчаный фильтр. Хотя его эксперимент не увенчался успехом, он положил начало новому интересу к этой области. Отцы микроскопии, Антони ван Левенгук и Роберт Гук, использовали недавно изобретенный микроскоп, чтобы впервые наблюдать небольшие материальные частицы, которые лежали во взвешенном состоянии в воде, заложив основу для будущего понимания патогенов, переносимых водой [30, с. 26].

Первое задокументированное использование песчаных фильтров для очистки воды относится к 1804 году, когда владелец отбеливателя в Пейсли, Шотландия, Джон Гибб, установил экспериментальный фильтр, продавая его ненужные излишки обществу. Этот метод был усовершенствован в последующие два десятилетия инженерами, работавшими в частных водопроводных компаниях, и достиг своей кульминации в первом в мире очищенном общественном водоснабжении, установленном инженером

Джеймсом Симпсоном для Chelsea Waterworks Company в Лондоне в 1829 году, и дизайн сети был широко скопирован по всей Великобритании в последующие десятилетия [25, с. 116].

Практика очистки воды вскоре стала общепринятой и распространенной, и достоинства этой системы стали совершенно очевидны после исследований врача Джона Сноу во время вспышки холеры на Брод-стрит в 1854 году. Сноу скептически относился к господствовавшей тогда теории миазмов, утверждавшей, что болезни вызываются ядовитым «дурным воздухом». Хотя микробная теория болезни еще не была разработана, наблюдения Сноу привели его к отрицанию преобладающей теории. Его эссе 1855 года «О способе передачи холеры» убедительно продемонстрировало роль водоснабжения в распространении эпидемии холеры в Сохо с использованием точечной карты распределения и статистических доказательств, чтобы проиллюстрировать связь между качеством источника воды и случаями заболевания холерой. Его данные убедили местный совет отключить водяной насос, что быстро положило конец вспышке.

Закон о воде Метрополии впервые ввел регулирование деятельности водопроводных компаний в Лондоне, включая минимальные стандарты качества воды. Закон «предусматривал обеспечение снабжения Метрополии чистой и здоровой водой» и требовал, чтобы вся вода «эффективно фильтровалась» с 31 декабря 1855 году. За этим последовало законодательство об обязательной проверке качества воды, включая всесторонние химические анализы, в 1858 года. Этот закон создал мировой прецедент для аналогичных государственных вмешательств в области общественного здравоохранения по всей Европе. Тогда же была образована Столичная комиссия по канализации, по всей стране была принята фильтрация воды, а над Теддингтонским шлюзом были установлены новые водозаборы на Темзе. Автоматические напорные фильтры, в которых вода подается под давлением через систему фильтрации, были изобретены в 1899 году в Англии [20, с. 128].

Джон Сноу был первым, кто успешно использовал хлор для дезинфекции водоснабжения в Сохо, что способствовало распространению вспышки холеры. Уильям Сопер также использовал хлорированную известь для очистки сточных вод, производимых больными брюшным тифом в 1879 году [25, с. 117].

В статье, опубликованной в 1894 году, Мориц Траубе официально предложил добавлять в воду хлорид извести (гипохлорит кальция), чтобы сделать ее «свободной от микробов». Два других исследователя подтвердили выводы Траубе и опубликовали свои работы в 1895 году. Первые попытки внедрения хлорирования воды на очистных сооружениях были предприняты в 1893 году в Гамбурге, Германия, а в 1897 году город Мейдстон, Англия, был первым, кто очистил все свое водоснабжение хлором [33, с. 36].

Постоянное хлорирование воды началось в 1905 году, когда неисправный медленный песчаный фильтр и загрязненный водопровод привели к серьезной эпидемии брюшного тифа в Линкольне, Англия. Доктор Александр Крукшенк Хьюстон использовал хлорирование воды, чтобы остановить эпидемию. Его установка подавала в обрабатываемую воду концентрированный раствор хлорида извести. Хлорирование воды помогло остановить эпидемию, и в качестве меры предосторожности хлорирование продолжалось до 1911 года, когда было введено новое водоснабжение.

Первое непрерывное использование хлора в Соединенных Штатах для дезинфекции имело место в 1908 году на водохранилище Бунтон (на реке Рокуэй), которое служило источником снабжения Джерси-Сити, штат Нью-Джерси. Хлорирование достигалось контролируемые добавки разбавленных растворов хлорида извести (гипохлорита кальция) в дозах от 0,2 до 0,35 промилле. Процесс лечения был задуман доктором Джоном Л. Лил и хлорирующая установка были спроектированы Джорджем Уорреном Фуллером. В течение следующих нескольких лет дезинфекция хлором с использованием хлорида извести была быстро внедрена в системы питьевой воды по всему миру [18, с. 27].

Майор армии США Карл Роджерс Дарнолл, профессор химии в Военной медицинской школе, впервые продемонстрировал это на практике в 1910 году. Вскоре после этого майор Уильям Л. Лайстер из Медицинского департамента армии использовал раствор гипохлорита кальция в льняном мешке для обработки воды. В течение многих десятилетий метод Листера оставался стандартом для сухопутных войск США в полевых условиях и в лагерях, реализованный в виде знакомой сумки Листера (также пишется сумка Листера). Эта работа легла в основу современных систем очистки городской воды [32, с. 6].

На рисунке (рисунок 3) представлено значение очистки питьевой воды для современного жизнеобеспечения [35].



Рисунок 3 - Значение очистки воды до питьевой

Таким образом, очистка воды представляет собой синтез применения различных методов и способов удаления из воды вредных примесей, газов, тяжелых металлов в целях доведения до потребителя питьевой воды, пригодной для использования. Очистка воды и обеспечение ее соответствия государственным и санитарно-эпидемиологическим стандартам является одной из приоритетных задач государства.

При этом в настоящий момент статистика Всемирной организации здравоохранения свидетельствует о том, что по состоянию на 2021 год по-прежнему увеличивается число населения, не имеющего доступа к качественным источникам водоснабжения, результатом чего являются

показатели увеличивающейся смертности, в том числе, по причине острых кишечных расстройств, в том числе, диареи. Следовательно, основным значением очистки воды является предотвращение развития заболеваний и обеспечение полноценной жизнедеятельности общества.

Эволюционирование очистки воды прошло длительный путь модернизации и апробирования различных методов, начиная от песочного и заканчивая химическим. В настоящий момент в практике очистки воды применяется, как исторически накопленный опыт, так и инновационный, о чем подробнее сказано в параграфе 1.2 исследования.

1.2. Современные технологии очистки питьевой воды и их характеристика

Водопроводная вода, несмотря на то, что проходит стадию подготовки на очистных сооружениях прежде, чем попасть к потребителю, требует дополнительной очистки до питьевой. Процесс удаления нежелательных веществ нужен не только для особо требовательных физико-химических процессов на производственных предприятиях, но и для бытового потребления в квартирах, частных домах, для полива растений и содержания животных. Для осуществления этого процесса используются один из четырех методов очистки воды до питьевой, либо применяется комбинированный способ [28, с. 4].

Технология очистки воды до питьевой – это процесс подготовки природной воды, включающий различные методы удаления нежелательных частиц, минералов, биологических веществ и газов, результатом которого является получение пригодной питьевой воды.

К основным загрязнениям пресной воды (водопроводной, колодезной, родниковой, скважинной) относят:

- механические примеси – песок, ил, глина, ржавчина;
- микроорганизмы, бактерии, вирусы и органические соединения;

- железо, марганец и тяжелые металлы;
- гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, соединения азота и свободных лор;
- легкорастворимые соли и газы.

Реализуемые современные методы очистки воды до питьевой различны и подбираются в зависимости от качества исходной воды, которое проверяют путем лабораторного исследования [26, с. 45].

В зависимости от принципа действия активных компонентов очистительных устройств выделяют четыре группы способов очистки воды питьевой (рисунок 4).

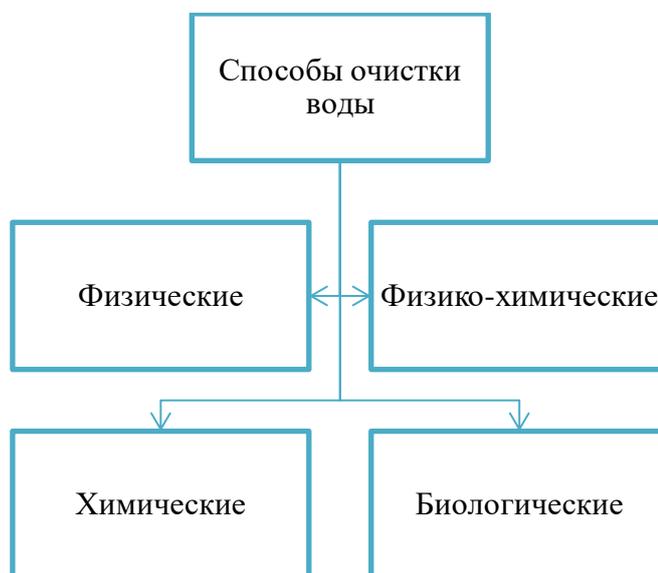


Рисунок 4 – Способы очистки воды до питьевой

Физические методы питьевой водоподготовки применяются для очистки воды от твердых, нерастворенных, взвешенных и чаще всех крупнофракционных частиц. На особую эффективность данных методов водоподготовки питьевой воды не рассчитывают, поэтому применяют только для первичной очистки. Самые известные среди них [20, с. 129]:

- отстаивание;
- процеживание;
- кипячение;

- заморозка;
- очистка питьевой воды методами фильтрации;
- обработка ультрафиолетом.

Современные химические методы для очистки питьевой воды имеют высокую производительность и эффективность. Очистка происходит за счет взаимодействия специальных химических компонентов, которые угнетают действия примесей [31, с. 35]:

- нейтрализация (выравнивание щелочного баланса среды);
- окисление (обезвреживание токсичных компонентов и хлора);
- восстановление (удаление ряда переходных элементов, простых металлов и соединений).

В силу применения активных химических веществ некоторые технологии водоподготовки питьевой воды являются опасными для здоровья человека.

В основе биологического метода подготовки питьевой воды лежит принцип использования живых микроорганизмов: аэробных либо анаэробных бактериальных культур. Данный современный метод подготовки питьевой воды перспективный, но применяется лишь для очистки сточных вод [22, с. 102].

Самый популярный метод, используемый для очистки питьевой воды, – физико-химический. Основные современные способы очистки (обезжелезивание, ионный обмен, обратный осмос) включены в данную группу [22, с. 103].

Применяемые методы для очистки питьевой воды, входящие в эту группу весьма разнообразны, и способы справиться со всеми самыми распространенными типами загрязнения воды. Они отличаются высокой производительностью и эффективностью, и, что самое важное, абсолютно безопасны для человека, растений и животных.

Результатом обезжелезивания является полное извлечение из воды железа и марганца. В зависимости от валентности присутствующего металла

применяют разные схемы очистки питьевой воды от железа. Два наиболее популярных: реагентный с помощью введения окислителей, безреагентный с использованием катализаторов окисления и метод аэрации.

Аэрация позволяет избавиться от самого распространенного вида железа – двухвалентного. Сущность данной схемы водоподготовки питьевой воды – насыщение воды кислородом, под действием которого железо из растворенной формы переходит в твердую, впоследствии отделяемую механической очисткой [40].

Данные современные способы очистки питьевой воды безопасны, улучшают вкус воды и сравнительно не дороги. К минусам системы можно отнести узконаправленность метода, необходимость соблюдения определенного РН воды, необходимость регулярной смены фильтра.

Аэрация и фильтры обезжелезивания применяются как для промышленной очистки питьевой воды, так и для малых населенных пунктов и частных домов. Данный способ относится к наиболее эффективным методам очистки питьевой воды и сточных вод [40].

Принцип работы ионообменных фильтров заключен в действии специальной смолы. Когда вода проходит через фильтр умягчения, происходит реакция ионного обмена, так смоле удастся удерживать ионы кальция, магния, насыщая воду полезным натрием или нейтральным водородом. Получаемые соли являются безвредными, не выпадают в осадок и не вызывают накипи. Также смолы улавливают вредные тяжелые металлы.

Применяются системы совместно с фильтром грубой очистки и, когда минерализация воды находится на уровне более 100 мг на 1 л. Среди недостатков таких методов подготовки питьевой воды выделяют: необходимость частой регенерации смолы и невысокая скорость очистки.

Системы очистки воды, в основе которых лежит процесс обратного осмоса, считаются универсальным способом. Эффективность данного метода очистки питьевой воды до 99%. Процесс строится на действии физических сил, под влиянием которых чистая вода проходит сквозь полупроницаемую

мембрану, а примеси (механические, растворенные соли, металлы) остаются в исходном растворе и в последствии выводятся в сток. Самая важная составляющая для осуществления процесса – достаточный напор воды [40].

Выделяют два основных недостатка обратного осмотического способа подготовки питьевой воды: неспособность улавливать летучие компоненты, такие как хлор и летучая органика, и полная деминерализация воды. Поэтому в установках обратного осмоса используют фильтры пред и после обработки.

Обеззараживание – основной метод очистки питьевой воды от микробиологического загрязнения. Методы обеззараживания служат для уничтожения вредных микроорганизмов, вирусов и бактерий. Существует несколько методов очистки питьевой воды [32, с. 7]:

- хлорирование;
- озонирование;
- йодирование;
- термическая обработка;
- применение ультразвуковых установок;
- использование серебра.

Каждый метод очистки питьевой воды от бактерий имеет свои плюсы и минусы, оказывая или нет влияние на здоровье человека. Наибольшую эффективность имеют комбинированные бактерицидные установки, предназначенные для обеззараживания воды небольших объемов и применения в бытовых целях.

Подготовка питьевой воды с помощью сорбции осуществляется с помощью угольных фильтров в России используется для того, чтобы проводить эффективную очистку воды в больших объемах. Он подходит для глубокой очистки воды любого назначения, а также в качестве этапа водоподготовки и заключительного этапа очистки [23, с. 159].

Действующее вещество – сорбент, который способен удерживать на своей поверхности вредные вещества за счет пористой структуры. Обычно используются активированные угли, силикагели, алюмогели, цеолиты.

Данный способ очистки питьевой воды позволяет избавиться от нитратов, гербицидов и пестицидов, фенолов, ПАВ и так далее [19, с. 61].

Флотация – новый метод очистки питьевой воды. Принцип работы систем на основе процесса флотации сводится к насыщению воды пузырьками воздуха, которые способны улавливать взвешенные частицы загрязняющих компонентов, выводя их на поверхность и образуя пену, которая в свою очередь удаляется механическим способом. Часто вместо обычного воздуха используют химические компоненты. Метод подготовки воды питьевого качества применяется в основном для очистки от нефтепродуктов, масел и других компонентов, которые не поддаются удалению другими методами. Это достаточно эффективный, но узконаправленный метод, который применяется в основном в промышленной водоподготовке.

Электродиализ и электродеионизация – специальные методы очистки питьевой воды. Метод электродиализа и электродеионизации сочетает в себе наличие ионообменной мембраны и подключенных к постоянному току электродов. Таким способом происходит обессоливание и удаление вредных ионов. Так, под действием тока ионы веществ движутся к электродам и «встречаются» с заряженными мембранами, которые и осуществляют процесс фильтрации. В результате получаются два раствора: чистая вода и концентрат. Данный метод очистки и обеззараживания питьевой воды применяется на химических предприятиях, и служит отличным способом для вторичной переработки концентрата [25, с. 120].

Таким образом, в настоящий момент в российской практике водоочистки используются четыре основных группы методов, среди которых физические, химические, биологические и физико-химические.

К физическим методам очистки воды до питьевой относятся такие, как отстаивание, процеживание, кипячение, заморозка, очистка питьевой воды методами фильтрации, обработка ультрафиолетом. Химические методы очистки воды до питьевой включают: нейтрализацию или выравнивание

щелочного баланса среды, окисление или обезвреживание токсичных компонентов и хлора, восстановление или удаление ряда переходных элементов, простых металлов и соединений. В основе биологического метода подготовки питьевой воды лежит принцип использования живых микроорганизмов: аэробных либо анаэробных бактериальных культур. К главным физико-химическим методам очистки воды до питьевой относятся: обезжелезивание, ионный обмен, обратный осмос, флотацию, электродиализ и электродеионизацию.

1.3. Российский и зарубежный опыт очистки питьевой воды, приоритетные тенденции

Способы очистки водопроводной воды в разных странах существенно различаются, что обусловлено тем, что основной проблемой в ряде стран считается наличие солей тяжелых металлов, а где-то к фильтрованию прибегают для того, чтобы исключить вероятность заражения инфекционными заболеваниями.

Основной проблемой водопроводных сетей в странах Северной Африки является низкий уровень очистки. В прибрежной полосе, где процветает индустрия туризма, качество воды довольно приемлемое, а местным жителям ничего не остается, кроме как самостоятельно проводить доочистку [21, с. 9].

Для этого они используют угольные фильтры. Первыми их применяли здесь белые переселенцы, колонизировавшие черный континент, но, со временем, аборигены также взяли эту технологию на вооружение. Суть ее проста. Большая воронка застилается сложенной в несколько слоев марлей, поверх нее насыпается измельченный активированный уголь, который накрывается ватой, а поверх всей этой конструкции снова укладывается многослойная марля.

Действует вся система невероятно просто. Вата и марля выступает в роли элемента, за счет которого происходит фильтрация воды от крупных механических примесей, ржавчины, окалины, песка и так далее. А всевозможные опасные для здоровья микроорганизмы и токсины нейтрализуются при прохождении воды через толщу активированного угля.

Такие фильтры характеризуются доступностью с точки зрения себестоимости и малым сроком действия, но самое главное, низкой эффективностью. И все же, в условиях высокой эпидемиологической опасности, которая обусловлена постоянной жарой и низким качеством воды, они оказываются очень полезными и уместными [18, с. 31].

Россиянам применять такой способ для обработки воды из городских водопроводных сетей не имеет смысла, но вот при поездках на дачу для доочистки колодезной или скважинной воды он вполне подходит.

Говоря о способах очистки водопроводной воды в разных странах, нельзя не упомянуть о Японии. У этого народа очень богатые традиции в плане взаимодействия с водой, что обусловлено островным положением и вечной борьбой с нехваткой качественной воды. Так, вплоть до конца прошлого века даже в Токио вода из крана, хоть и считалась пригодной для питья, но очень сильно отдавала хлором, что являлось причиной чрезмерного использования активных химических веществ [30, с. 28].

В связи с этим для многих японцев нормальной стала практика самостоятельной очистки воды. Для этого они использовали методику отстаивания с последующим кипячением. Суть заключается в том, что вода наливается в большую стеклянную емкость и оставляется открытой на сутки. Два важных нюанса: во-первых, нельзя использовать пластиковые бутылки, которые могут выделять в воду канцерогены; во-вторых, площадь испарения воды должна быть как можно больше. Такое требование продиктовано целью отстаивания – из жидкости должны выйти хлор, аммиак и прочие вещества.

Затем вода кипятится в течение часа. Самое главное выставить температуру таким образом, чтобы происходило лишь легкое бурление. В результате практически все вредные и опасные вещества из воды уходят.

Однако последнее время такой способ очистки в Японии перестал быть популярным. С одной стороны, исследования убедительно доказали, что при длительном кипячении в воде образуется хлороформ – опасный канцероген, который может вызвать раковые заболевания. Причем, совершенно не важно, какова была концентрация хлора в воде перед началом кипячения [24, с. 21].

С другой, за последние годы водоочистные сооружения Японии претерпели серьезную модернизацию, так что надобность в кустарной обработке отпала. Но появилась другая проблема – после аварии на атомной станции Фукусима практически во всех источниках страны наблюдается повышенный радиоактивный фон.

Поэтому теперь в Японии крайне популярны различные фильтры для очистки воды. Правда, это не те фильтры, которые используются в Европе. Прежде всего, это системы накопительного, а не проточного типа, то есть работают они по тому же принципу, который используется в фильтрах марки «Аквафор». Но главное отличие в том, что это полностью биологические системы – очистка воды проходит в несколько стадий, на каждой из которых используются природные материалы, вещества с повышенной впитываемостью, минералы и так далее.

Суть разных способов очистки водопроводной воды в странах Южной Америки сводится к тому, чтобы обезвредить микроорганизмы, которые вызывают инфекционные заболевания. Такие предосторожности вызваны не столько низким качеством очистных сооружений, сколько особенностями климата и природной среды [20, с. 129].

Методов, которыми пользуются южноамериканцы для окончательного обезвреживания воды, очень много. Из самых простых и доступных можно отметить добавление аскорбиновой кислоты в расчете 0,1 г на 1 литр. После

этого воду нужно тщательно перемешать и дать отстояться в течение как минимум часа.

В отдельных районах аскорбиновую кислоту заменяют натуральным соком из фруктов красного цвета, благо с этим ресурсом в Южной Америке все в порядке. Сок вводят в таком количестве, чтобы вода приобрела слегка розоватый оттенок, выдерживают ее час, после чего она считается готовой к употреблению [33, с. 38].

Свои способы очистки водопроводной воды есть в разных странах Скандинавии. Здесь главным звеном системы становится низкая температура, а эффект достигается за счет вымораживания воды. Суть такого метода в том, что замерзание воды происходит не мгновенно, лед образуется постепенно. Самыми первыми замерзают очень вредные для здоровья соли тяжелых металлов – они обращаются в лед уже при + 4 [36].

Таким образом, если выставить на мороз емкость с водой, то на ее поверхности через некоторое время образуется ледяная корка. Концентрация солей тяжелых металлов в ней будет запредельная, поэтому ее просто снимают с воды и выбрасывают. Простая и эффективная технология очистки воды.

То есть способы очистки водопроводной воды в разных странах имеют свои особенности, которые зависят от местных условий и состава воды. В России применяются синтезированные методы очистки воды до питьевой, что связано с различными условиями развития регионов страны, а также широтой географического положения государства, предполагающего наличие в каждом из субъектов своих проблем с водой.

Выводы по главе 1

1) Очистка воды представляет собой синтез применения различных методов и способов удаления из воды вредных примесей, газов, тяжелых металлов в целях доведения до потребителя питьевой воды, пригодной для использования. Очистка воды и обеспечение ее соответствия

государственным и санитарно-эпидемиологическим стандартам является одной из приоритетных задач государства. Основным значением очистки воды является предотвращение развития заболеваний и обеспечение полноценной жизнедеятельности общества.

2) В настоящий момент в российской практике водоочистки используются четыре основных группы методов, среди которых физические, химические, биологические и физико-химические.

3) Способы очистки водопроводной воды в разных странах имеют свои особенности, которые зависят от местных условий и состава воды. В России применяются синтезированные методы очистки воды до питьевой, что связано с различными условиями развития регионов страны, а также широтой географического положения государства, предполагающего наличие в каждом из субъектов своих проблем с водой.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

2.1. Структура очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Сегодняшняя система водоснабжения Санкт-Петербурга – это комплекс взаимосвязанных инженерных сооружений, обеспечивающих бесперебойную подачу потребителям питьевой воды. Инфраструктура водоснабжения в Санкт-Петербурге наглядно представлена в виде таблицы (таблица 1) [35].

Таблица 1 - Инфраструктура водоснабжения в Санкт-Петербурге

Водоснабжение	Канализирование
1	2
7297,4 км водопроводных сетей	8980,2 км канализационных сетей
193 повысительные насосные станции	270,7 км тоннельных коллекторов
9 водопроводных станций (крупнейшие – Южная водопроводная станция, Северная водопроводная станция, Главная водопроводная станция)	209 канализационных насосных станций
2 завода по производству гипохлорита натрия	18 очистных канализационных сооружений (в том числе 14 – по очистке хозяйственно-бытового стока и 4 – по очистке поверхностного стока. Крупнейшие сооружения – Центральная станция аэрации, Северная станция аэрации, Юго-Западные очистные сооружения)
	3 завода по сжиганию осадка
	11 стационарных снегоплавильных пунктов
	7 стационарных инженерно-оборудованных снегоприемных пунктов

Из таблицы 1 видно, что инфраструктура водоснабжения в Санкт-Петербурге представлена непосредственно системой водоснабжения и системой канализования.

Из Невы забирается около 98% воды, которая проходит обработку на нескольких крупных водопроводных станциях, наиболее мощные которые представлены на рисунке (рисунок 5) [35].

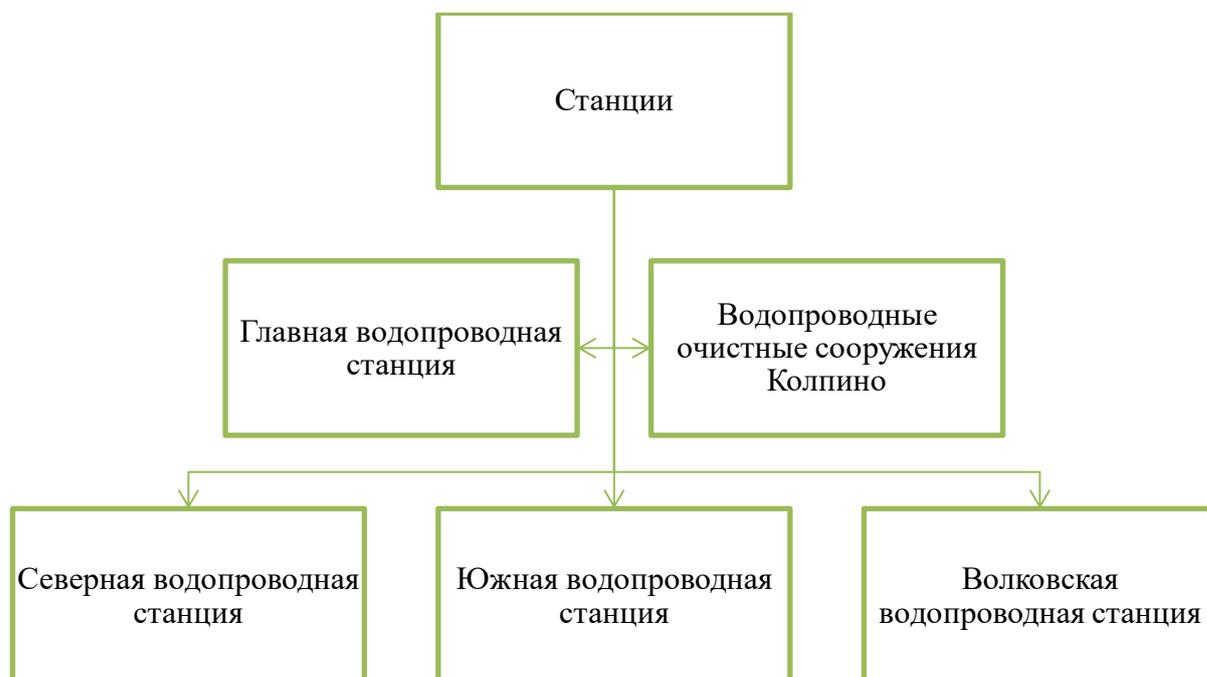


Рисунок 5 – Крупнейшие водопроводные станции Санкт-Петербурга, участвующие в обработке воды

Из рисунка 5 видно, что к крупнейшим водопроводным станциям Санкт-Петербурга относятся такие, как Главная водопроводная станция (ГВС), Северная водопроводная станция (СВС), Южная водопроводная станция (ЮВС), Волковская водопроводная станция (ВВС), Водопроводные очистные сооружения (ВОС) Колпино [35].

Весь город поделен на три зоны водоснабжения: Южную, Северную и Центральную. Южная зона обеспечивает водоснабжение Московского, Фрунзенского, Красносельского, Кировского, Колпинского и Пушкинского районов, а также левобережную часть Невского района и часть Петродворцового района. Центральная система обеспечивает водоснабжение Центрального, Адмиралтейского, Василеостровского и Петроградского районов, части Московского и Кировского районов. Северная система отвечает за Выборгский, Калининский, Красногвардейский, Курортный, Приморский районы и правобережную часть Невского района.

На рисунке (рисунок 6) представлена динамика поставляемой питьевой воды населению Санкт-Петербурга за период с 2015 года по 2021 год [40].

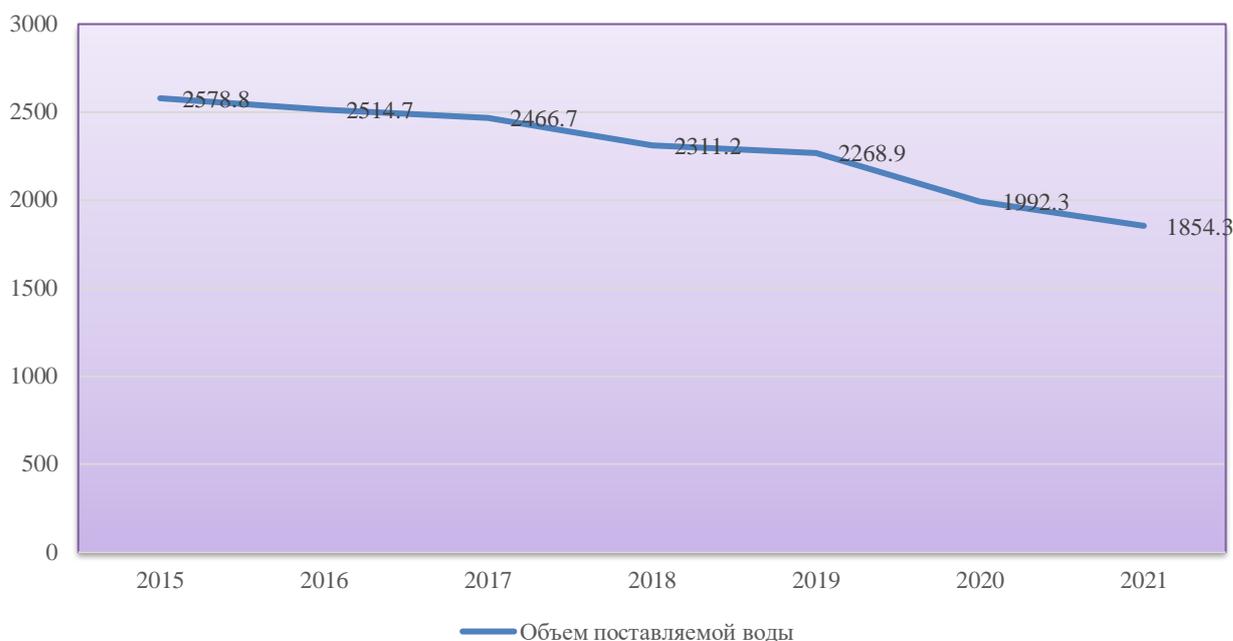


Рисунок 6 – Динамика объемов поставляемой воды на Санкт-Петербург за 2015-2021 годы, в кубических метрах

Из рисунка 6 видно, что за период с 2015 года по 2021 год объемы поставляемой воды в Санкт-Петербурге сокращались, основными причинами чего стали следующие [40]:

- снижение объемов промышленности;
- массовая установка приборов учета расходов воды (счётчиков);
- экономия воды из-за повышения тарифов на пользование ею.

Центральное место в производстве питьевой воды в Санкт-Петербурге занимает ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» – государственное унитарное предприятие, которое обеспечивает питьевой водой население города, предприятия и организации (рисунок 7).

Из рисунка 7 видно, что за период с 2019 года по 2021 год существенно возросло снабжение ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» жителей города, что связано со следующими факторами [40]:

- улучшение демографической ситуации в городе;
- рост численности населения;
- увеличение потребности в питьевой воде.

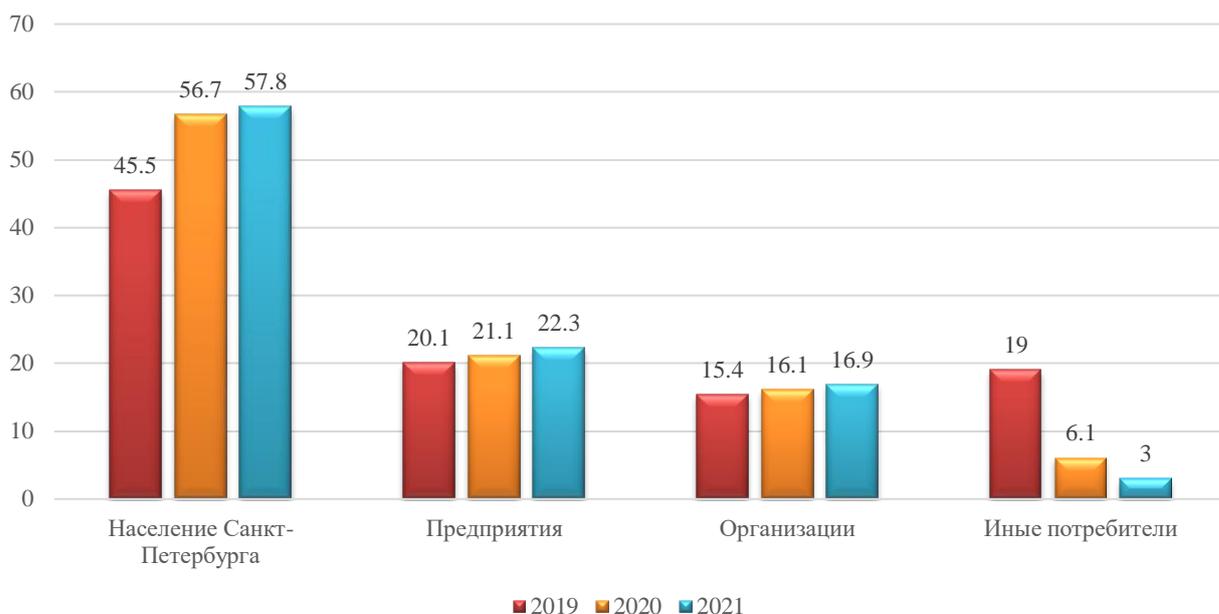


Рисунок 7 – Динамика снабжения питьевой водой различных групп потребителей воды ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» за период с 2019 года по 2021 год, в процентах

В настоящее время производство питьевой воды в Санкт-Петербурге осуществляется с применением традиционных технологических схем, которые для наглядности в виде рисунка (рисунок 8) [40].



Рисунок 8 – Технологические схемы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Из рисунка 8 видно, что технологическая схема очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге может быть одноступенчатой – фильтрация на контактных осветлителях и двухступенчатой – отстаивание в отстойниках, фильтрование на скорых фильтрах. Например, новый блок двухступенчатой очистки воды введен в эксплуатацию на ЮВС. Он предполагает применение современной двухступенчатой технологии водоподготовки, система которой представлена на рисунке (рисунок 9).



Рисунок 9 – Блок-схема двухступенчатой технологии водоподготовки в Санкт-Петербурге

Из рисунка 9 видно, что двухступенчатая технология водоподготовки в Санкт-Петербурге включает в себя такие этапы, как [38]:

- использование воды из поверхностного источника;
- обработку промывной воды на полочном отстойнике со встроенным илоуплотнителем;
- обезвоживание осадка в центрифугах;
- использование хлораминов и ультрафиолета для обеззараживания питьевой воды.

На рисунке (рисунок 10) представлен технологический процесс водоподготовки в Санкт-Петербурге по одноступенчатой схеме [38].



Рисунок 10 – Блок-схема одноступенчатой технологии водоподготовки в Санкт-Петербурге

Из рисунка 10 видно, что одноступенчатая технология водоподготовки в Санкт-Петербурге включает в себя такие этапы, как предварительное озонирование, коагуляцию, отстаивание в отстойниках с тонкослойными модулями, фильтрацию через скорые гравитационные фильтры с двухслойной загрузкой, применение песка и активированного гранулированного угля в качестве фильтров [38].

На всех станциях Санкт-Петербурга внедрена технология обеззараживания с применением гипохлорита натрия и ультрафиолетового облучения, гарантирующая эпидемиологическую безопасность питьевой воды. Помимо перечисленного в городе внедрен биомониторинг качества воды, основанный на реакции кардиоритма аборигенных речных раков и рыб на изменение состава воды, что позволяет в режиме реального времени получить информацию об опасности токсикологического загрязнения воды для принятия экстренных мер [40].

Для выполнения нормативных требований по показателям «запах» и «нефтепродукты» применяется автоматическое дозирование

активированного угля. Контроль качества воды осуществляется с использованием приборов онлайн контроля [40].

Таким образом, анализ структуры очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге позволил выявить ряд характерных закономерностей. Во-первых, инфраструктура водоснабжения в Санкт-Петербурге представлена непосредственно системой водоснабжения и системой канализования. К крупнейшим водопроводным станциям Санкт-Петербурга относятся такие, как Главная водопроводная станция, Северная водопроводная станция, Южная водопроводная станция, Волковская водопроводная станция, Водопроводные очистные сооружения Колпино. Во-вторых, за период с 2015 года по 2021 год объемы поставляемой воды в Санкт-Петербурге сокращались, основными причинами чего стали следующие: снижение объемов промышленности; массовая установка приборов учета расходов воды (счётчиков); экономия воды из-за повышения тарифов на пользование ею. В-третьих, центральное место в производстве питьевой воды в Санкт-Петербурге занимает ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», которое за период с 2019 года по 2021 год существенно увеличило снабжение питьевой водой жителей города, что связано со следующими факторами: улучшение демографической ситуации в городе; рост численности населения; увеличение потребности в питьевой воде. В-четвертых, технологическая схема очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге может быть одноступенчатой и двухступенчатой. Двухступенчатая технология водоподготовки в Санкт-Петербурге включает в себя такие этапы, как использование воды из поверхностного источника; обработку промывной воды на полочном отстойнике со встроенным илоуплотнителем; обезвоживание осадка в центрифугах; использование хлораминов и ультрафиолета для обеззараживания питьевой воды. Одноступенчатая технология водоподготовки в Санкт-Петербурге включает в себя такие этапы, как предварительное озонирование, коагуляцию, отстаивание в отстойниках с тонкослойными модулями, фильтрацию через скорые

гравитационные фильтры с двухслойной загрузкой, применение песка и активированного гранулированного угля в качестве фильтров.

2.2. Экспертный анализ эффективности и качества очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Проверка качества питьевой воды в Санкт-Петербурге осуществляется на 174 контрольных точках по 86 показателям. К основным группам показателей относятся следующие: обобщенные, органолептические, химические, микробиологические, паразитологические, вирусологические, гидробиологические и показатели радиационной безопасности [39].

Одним из наиболее распространенных комплексных показателей качества воды является гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ). Этот индекс представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$ИЗВ = \frac{\sum \frac{C_{i-6}}{ПДК_{i-6}}}{6}, \quad (1)$$

где:

ПДК/С – относительная (нормированная) среднегодовая концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра);

6 – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета;

ПДК_і – установленная величина норматива по шести ингредиентам для соответствующего типа водного объекта.

Для расчета индекса загрязнения вод для всего множества нормируемых компонентов, включая водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК5 и содержание растворенного кислорода, находят отношения $C_i/ПДК_i$ фактических концентраций к ПДК и

полученный список сортируют. ИЗВ рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того превышают они ПДК или нет.

Для биологического потребления кислорода за 5 суток – БПК5 (предельно допустимое значение БПКполн. – не более 3 мгО₂/дм³ для водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг О₂/дм³ для водоемов культурно-бытового или рекреационного водопользования) устанавливаются специальные значения нормативов, зависящие от самого значения БПК5:

Таблица 2 - Норма для БПК5, учитываемая при расчете ИЗВ

Показатель БПК5 (мгО ₂ /л)	Норма
До 3 включительно	3
От 3 до 15	2
Выше 15	1

Концентрация растворенного кислорода нормируется с точностью до наоборот: его содержание в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм. Для каждого диапазона концентраций растворенного кислорода устанавливаются специальные значения слагаемых С_і/ПДК_і – норма (таблица 3).

Таблица 3 - Норма для растворенного кислорода, учитываемая при расчете ИЗВ

Концентрация (мгО ₂ /л)	Норма
Выше 6	6
6-5	12
5-4	20
4-3	30
3-2	40
2-1	50
1-0	60

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы качества воды (таблица 4).

Таблица 4 - Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Значение ИЗВ	Класс качества воды	Характеристика воды
1	$\leq 0,2$	Очень чистые
2	$> 0,2-1,0$	Чистые
3	1,0-2,0	Умеренно загрязненные
4	2,0-4,0	Загрязненные
5	4,0-6,0	Грязные
6	6,0-10,0	Очень грязные
7	$>10,0$	Чрезвычайно грязные

Выполнение работы. Расчет выполнен для р. Нева – водного объекта хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения в черте города Санкт-Петербург, где определялись показатели (ингредиенты) физико-химического и эпидемического качества природной воды и воды после очистки на водозаборных станциях (табл. 4 и 5). Для расчёта ИЗВ использовались результаты химических исследований, взятые за период с 2012 по 2016 гг.

Таблица 5 - Значения норм для показателей качества воды

Показатель	Ед. измерения	ПДК*[1]	ЛПВ	Класс опасности
Растворенный кислород	мг/л	Не ниже 4	Санитарный	-
БПК ₅	мгО ₂ /л	Не выше 2	Санитарный	-
рН	Единицы Ph	6,5-8,5	Санитарный	-
Марганец	мг/л	0,1	Органолептический	3
Медь	мг/л	1,0	Органолептический	3
Железо общее	мг/л	0,3	Органолептический	3
Кадмий	мг/л	0,001	Санитарно-токсикологический	2
Нитраты	мг/л	45	Санитарно-токсикологический	3
Сульфаты	мг/л	100	Санитарно-токсикологический	-
Хлориды	мг/л	350	Санитарно-токсикологический	4
Алюминий	мг/л	0,5	Санитарно-токсикологический	2
Запах	Баллы	2	Органолептический	-
Цвет	градусы	20	Органолептический	-
Мутность	мг/л (по	1,5	Органолептический	-

	каолину)			
*предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.				

Таблица 6 - Показатели эпидемиологической безопасности воды [2]

Показатель	Ед.измерения	Норматив
Термотоллерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Количество микроорганизмов в 1 мл	Не более 50
Споры клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число спор в 50 мл	Отсутствие

Таблица 7 - Гидрохимическая информация о загрязненности воды р. Нева в створе черты города Санкт-Петербург (0,1 км выше Литейного моста) в период с 2012 по 2016 г

Показатель	Ед. измерения	Фактическое значение за период, год					Среднее
		2012 [3]	2013[4]	2014[5]	2015[6]	2016[7]	
Растворенный кислород	мг/л	7,35	8,30	8,65	7,90	7,45	7,93
БПК ₅	мгО ₂ /л	3	5	5	3	4	4
рН	Единицы Ph	6,9	7,1	6,9	7,0	7,0	6,98
Марганец	мг/л	0,05	0,05	0,045	0,052	0,06	0,0514
Медь	мг/л	4,3	5,0	4,9	4,8	5,1	4,82
Железо общее	мг/л	1,5	2,0	1,6	1,7	1,9	1,74
Кадмий	мг/л	0,0001	0,0001	0,00008	0,0001	0,0001	0,00009
Нитраты	мг/л	0,29	0,31	0,30	0,32	0,30	0,304
Сульфаты	мг/л	59,6	63,5	68,9	75,4	84,6	70,4
Хлориды	мг/л	68	75	79	74	80	75,2
Алюминий	мг/л	0,58	0,49	0,48	0,43	0,45	0,486
Запах	Баллы	1	2	2	2	2	1,8
Цвет	градусы	15	20	15	15	15	16
Мутность	мг/л (по каолину)	2,0	2,5	2,5	2,4	2,1	2,3

Таблица 8 - Качество питьевой воды на выходе из водопроводных станций по основным физико-химическим показателям, мг/л

Показатель	Ед. измерения	Интервал среднегодовых данных [8] (2015-2017 гг.)
Растворенный кислород	мг/л	8,1
БПК ₅	мгО ₂ /л	4

рН	Единицы Ph	6,4-6,7
Марганец	мг/л	0,0032-0,0066
Медь	мг/л	0,0008-0,0012
Железо общее	мг/л	0,025-0,030
Кадмий	мг/л	0,00005
Нитраты	мг/л	0,91-1,4
Сульфаты	мг/л	22-24
Хлориды	мг/л	7,4-8,3
Алюминий	мг/л	0,11-0,20
Запах	Баллы	0
Цвет	градусы	4-8
Мутность	мг/л (по каолину)	0,3-0,5

Таблица 9 - Усредненные данные о качестве поверхностных вод по микробиологическим показателям реки Нева за 2015-2017 гг.

Показатель	Единицы измерения	Фактическое значение	Фактическое значение после очистки
Термотоллерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	2	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	0	Отсутствие
Общее микробное число	Количество микроорганизмов в 1 мл	25	Отсутствие

По формуле (1) находим значение С/ПДК для каждого показателя и значение ИЗВ, данные занесены в таблицу (таблица 9).

Таблица 9 - Значения ИЗВ для природной воды реки Нева

Показатель	С (среднегодовая)	С/ПДК	Σ С/ПДК	ИЗВ
Растворенный кислород	7,93	6 (по таблице 4)	-	-
БПК ₅	4	3 (по таблице 3)	-	-
рН	6,98	-	-	-
Марганец	0,0514	0,514	-	-
Медь	4,82	4,82	-	-
Железо общее	1,74	5,8	-	-
Кадмий	0,00009	0,09	-	-
Нитраты	0,304	0,007	-	-
Сульфаты	70,4	0,70	-	-
Хлориды	75,2	0,21	-	-
Алюминий	0,486	0,97	-	-
Результат	-	-	21,30	3,55

$$\text{ИЗВ} = (6+3+4,82+5,8+0,7+0,97)/6 = 21,30/6 = 3,55$$

По значению ИЗВ равному 3,55 находим, какой класс качества воды соответствует данной величине ИЗВ (таблица 4). Величина ИЗВ, равная 3,55, попадает в градацию «от 2 до 4», соответственно, природная вода р. Нева по ИЗВ в створе черты города Санкт-Петербург (0,1 км выше Литейного моста) в период с 2012 по 2016 г относится к IV классу качества воды и характеризовалась как «загрязненная». Основной вклад в загрязненность воды реки приносят медь и общее железо.

Далее был произведен расчёт величины ИЗВ воды из реки Нева после очистки на ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Полученные значения занесены в таблицу 10.

Таблица 10 - Значения ИЗВ для природной воды реки Нева после очистки

Показатель	С (среднегодовая)	С/ПДК	∑ С/ПДК	ИЗВ
Растворенный кислород	8,1	6 (по таблице 3)	-	-
БПК ₅	4	3 (по таблице 2)	-	-
рН	6,6		-	-
Марганец	0,0049	0,0049	-	-
Медь	0,001	0,001	-	-
Железо общее	0,14	0,47	-	-
Кадмий	0,00005	0,05	-	-
Нитраты	1,16	0,026	-	-
Сульфаты	23	0,23	-	-
Хлориды	7,85	0,022	-	-
Алюминий	0,16	0,32	-	-
Результат	-	-	10,1	1,67

$$\text{ИЗВ} = (6+3+0,47+0,05+0,23+0,32)/6 = 10,1/6 = 1,67$$

По значению ИЗВ равному 1,67 находим, какой класс качества воды соответствует данной величине ИЗВ (таблица 4). Величина ИЗВ, равная 3,55, попадает в градацию «> 0,2-1,0», соответственно, вода р. Нева по ИЗВ в створе черты города Санкт-Петербург после очистки относится к III классу качества воды и характеризовалась как «умеренно загрязненная».

Для определения степени загрязнения воды можно использовать комплексную оценку уровня загрязнения по каждому лимитирующему признаку вредности. Данный комплексный показатель W рассчитывается по формуле:

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)}{n}, \quad (2)$$

$$\delta_i = C_i / N_i \quad (3)$$

где W – комплексная оценка уровня загрязнения воды по данному ЛПВ, n – число показателей, используемых в расчете; N_i – нормативное значение единичного показателя (чаще всего $N_i = \text{ПДК}_i$); δ_i – нормированная по ПДК_i концентрация i -го единичного показателя (C_i). Если $\delta_i < 1$, т.е. концентрация менее нормативной, то принимается $\delta_i = 1$.

При этом используются четыре критерия вредности, по каждому из которых сформирована определенная группа веществ и специфических показателей качества воды:

- критерий санитарного режима (W_c), где учитывается растворенный кислород, БПК₅, ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по влиянию на санитарный режим;

- критерий органолептических свойств (W_ϕ), где учитывается запах, взвешенные вещества, ХПК и специфические загрязнения, нормируемые по органолептическому признаку вредности;

- критерий, учитывающий опасность санитарно-токсикологического загрязнения ($W_{ст}$), где, как и в предыдущем критерии учитывается ХПК (органическое вещество при разложении ухудшает санитарное состояние водных объектов) и специфические загрязнения, нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку;

- эпидемиологический критерий (W_ε), учитывающий опасность микробного загрязнения.

По особым формулам рассчитываются вклады для содержания растворенного кислорода и взвешенных веществ. Растворенный кислород нормируется по нижнему уровню значения, т.е. его содержание должно быть меньше 4 мг/л, поэтому при $C_i < 4$ для него принято:

$$\delta_i = 1 + 10(N_i - C_i)/N_i \quad (4)$$

В зависимости от значений комплексных оценок W авторы предлагают 4 уровня загрязнения водоемов, таблица 11.

Таблица 11 - Степень загрязнения водоемов в зависимости от значений комплексных показателей W , рассчитанных по лимитирующим признакам вредности

Уровень загрязнения	Критерий загрязнения по величинам комплексных оценок			
	Органолептический	Санитарный режим	Санитарно-токсикологический	Эпидемиологический
Допустимый	1	1	1	1
Умеренный	1,0-1,5	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0-10,0
Высокий	1,5-2,0	3,0-6,0	3,0-10,0	10,0-100,0
Чрезвычайно высокий	>2,0	>6,0	>10,0	>100,0

Рассчитаем значения степени загрязнения воды в реке Нева по каждому ЛПВ:

- 1) критерий санитарного режима, исходя из представленных данных по БПК₅, рН и растворенному кислороду

$$W_c = \left(1 + \left(\frac{7,93}{4} - 1 \right) + \left(\frac{6,98}{7,0} - 1 \right) + \left(\frac{4,0}{2,0} - 1 \right) \right) / 3 = 0,99$$

- 2) критерий органолептических свойств исходя их данных по запаху, цветности, мутности, марганца, меди и общего железа

$$W_\phi = \left(1 + \left(\frac{1,8}{2} - 1 \right) + \left(\frac{16}{20} - 1 \right) + \left(\frac{2,3}{1,5} - 1 \right) + \left(\frac{0,051}{0,1} - 1 \right) + \left(\frac{4,82}{1,0} - 1 \right) + \left(\frac{1,74}{0,3} - 1 \right) \right) / 6 = 1,56$$

- 3) критерий, учитывающий опасность санитарно-токсикологического загрязнения, исходя из данных по кадмию, нитратам, сульфатам, хлоридам, алюминию

$$W_{ст} = \left(1 + \left(\frac{0,00009}{0,001} - 1 \right) + \left(\frac{0,304}{45} - 1 \right) + \left(\frac{70,4}{100} - 1 \right) + \left(\frac{75,2}{350} - 1 \right) + \left(\frac{0,486}{0,5} - 1 \right) \right) / 5 = < 1$$

- 4) эпидемиологический критерий, учитывающий опасность микробного загрязнения

$$W_э = < 1$$

Так, можно заключить что вода в реке Нева по критерию санитарного режима находится на допустимом уровне; по критерий органолептическому – высокий уровень загрязнения; на допустимом уровне по критериям санитарно-токсикологическому и эпидемическому.

В ходе проведения исследования уровня загрязнения воду в реке Нева в черте города Санкт-Петербург было выявлено, что по представленным показателям качества вода находится на высоком уровне загрязнения. В частности, основной вклад приносят химические вещества (медь, общее железо).

Однако, по произведенным расчетам качества воды после очистки на водоканале показано, что уровень воды находится на допустимом уровне и безопасно для населения.

Также уровни контроля качества включают в себя оперативный технологический контроль с использованием автоматических анализаторов online и систем автоматического непрерывного мониторинга, лабораторный контроль, контроль со стороны независимой организации – Центра исследования и контроля качества воды, а также контроль со стороны Роспотребнадзора [39].

За последние несколько лет количество жалоб на качество питьевой воды в Санкт-Петербурге ухудшалось, о чем свидетельствуют данные, представленные в виде рисунка (рисунок 11).

Из рисунка 11 видно, что за период последних трех число жалоб на качество питьевой воды в Санкт-Петербурге на 309 единиц, основными причинами чего эксперты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга» видят в следующих факторов [39]: устаревание очистительных технологий; ржавление труб в домах старого фонда; несоблюдение водноочистительными станциями города регламента очистки питьевой воды; некомпетентность специалистов, отвечающих за качество питьевой воды и пренебрежение ими исполнением служебных обязанностей.

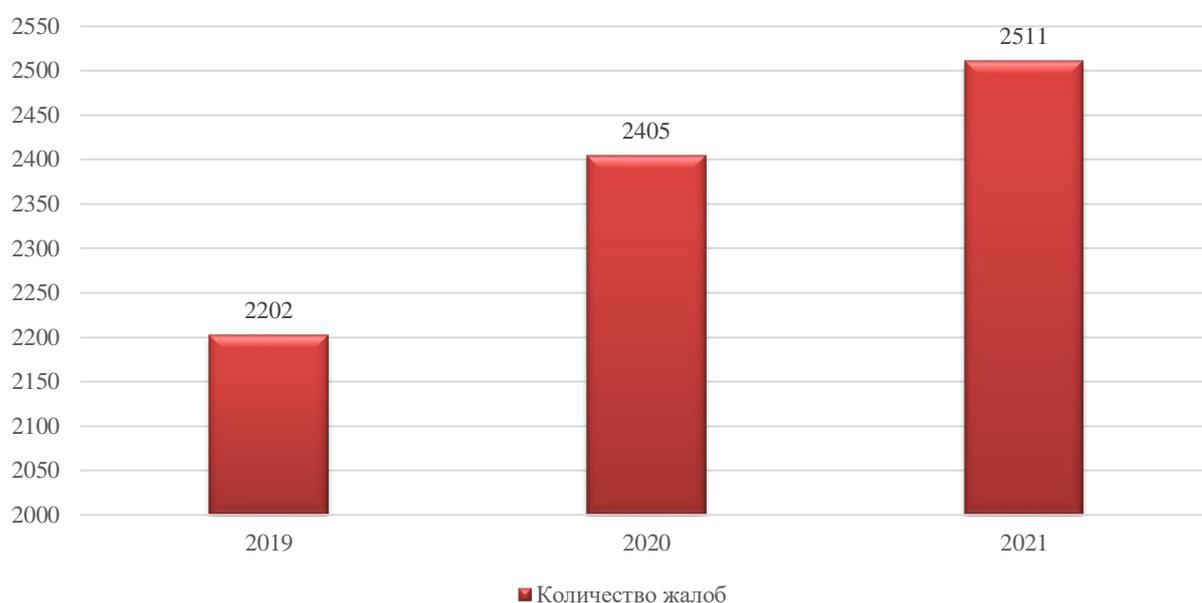


Рисунок 11 – Динамика численности жалоб на качество питьевой воды в Санкт-Петербурге за 2019-2021 годы, в единицах (по данным МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»)

Основными причинами жалоб граждан стали внешний вид воды, вкусовые качества и запах (рисунок 12) [40]. Из рисунка 12 видно, что за период с 2019 года по 2021 год в Санкт-Петербурге чаще всего население города жаловалось на внешний, вкус, запах воды, поступающей для питьевого пользования.

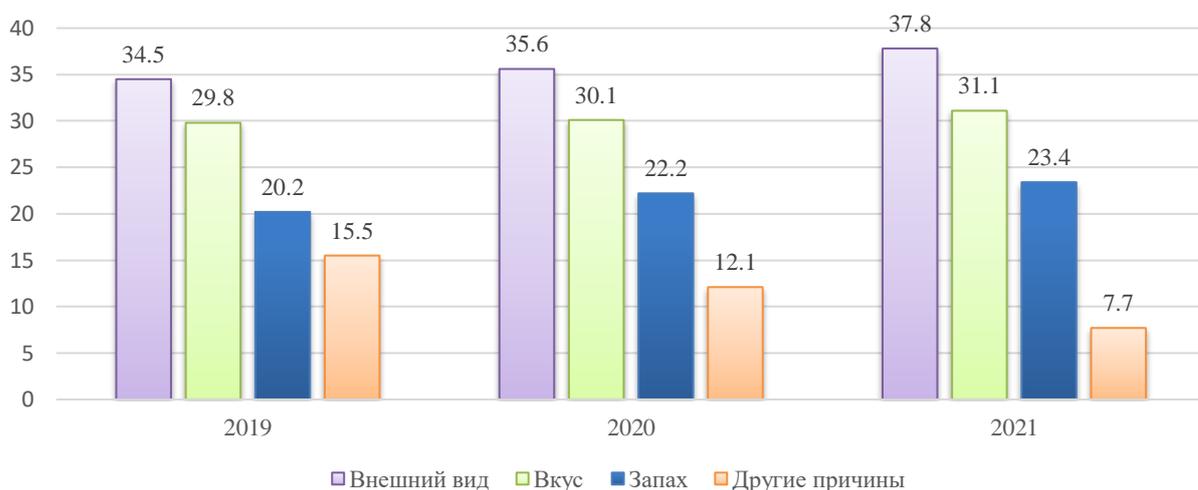


Рисунок 12 – Динамика численности жалоб от населения Санкт-Петербурга на качество питьевой воды в разрезе причин за 2019-2021 годы, в процентах

Положительной тенденцией в обеспечении населения Санкт-Петербурга питьевой водой стало то, что за период с 2019 года по 2021 год сократилось количество граждан, получивших паразитологический и вирусологический вред здоровью вследствие некачественности питьевой воды, что наглядно видно из рисунка (рисунок 13) [40].

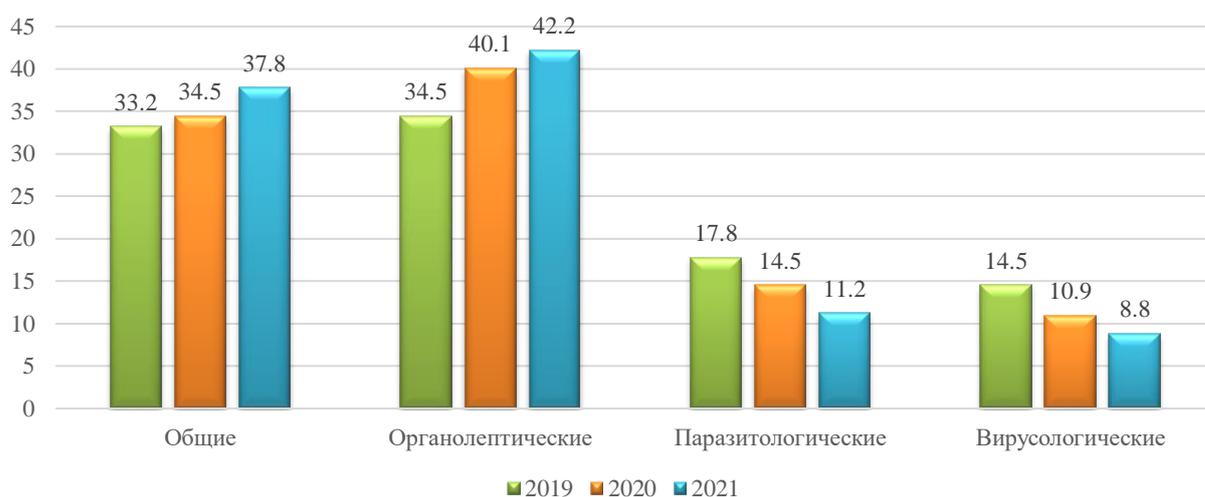


Рисунок 13 – Динамика паразитологических и вирусологических показателей некачественности питьевой воды в Санкт-Петербурге в сравнении с общим и органолептическими показателями за 2019-2021 годы, в процентах

Таким образом, проверка качества питьевой воды в Санкт-Петербурге осуществляется на 174 контрольных точках по 86 показателям, к ключевым из которых относятся такие, как обобщенные, органолептические, химические, микробиологические, паразитологические, вирусологические, гидробиологические и показатели радиационной безопасности.

Одной из центральных мест в оценке качества питьевой воды занимает МУП «Водоканал Санкт-Петербурга», являющийся ключевым предприятием по производству питьевой воды и снабжению им города. По этой причине жалобы от населения на качество воды в основном направляются в МУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Экспертный анализ качества питьевой воды в Санкт-Петербурге аналитиками учреждения позволил выявить ряд закономерностей. Во-первых, за последние несколько лет количество жалоб на качество питьевой воды в Санкт-Петербурге ухудшалось, причинами чего стали следующие: устаревание очистительных технологий; ржавление труб в домах старого фонда; несоблюдение водноочистительными станциями города регламента очистки питьевой воды; некомпетентность специалистов, отвечающих за качество питьевой воды и пренебрежение ими исполнением служебных обязанностей. Во-вторых, за период с 2019 года по 2021 год в Санкт-Петербурге чаще всего население города жаловалось на внешний, вкус, запах воды, поступающей для питьевого пользования. В-третьих, положительной тенденцией в обеспечении населения Санкт-Петербурга питьевой водой стало то, что за период с 2019 года по 2021 год сократилось количество граждан, получивших паразитологический и вирусологический вред здоровью вследствие некачественности питьевой воды в сравнении с общим и органолептическими показателями.

2.3. Основные проблемы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Исследование, представленное в параграфах 2.1-2.2 выпускной квалификационной работы, показало, что в настоящий момент в Санкт-

Петербурге существует ряд проблем, оказывающих существенное влияние на качество очистки питьевой воды. Их влияние на производство и водоснабжение населения питьевой водой в городе представлено в таблице (таблица 12) в виде ранжирования по следующей шкале [26, с. 72]:

- 3 балла – негативный уровень воздействия на очистку питьевой воды;
- 2 балла – нейтральный уровень воздействия на очистку питьевой воды;
- 1 балл – критический уровень воздействия на очистку питьевой воды.

Таблица 12 - Ранжирование основных проблем очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Проблема	Количество баллов, в баллах	Характеристика уровня
1	2	3
Устаревание очистительных технологий.	1	критический уровень воздействия на очистку питьевой воды
Ржавление труб в домах старого фонда.	1	критический уровень воздействия на очистку питьевой воды
Несоблюдение водноочистительными станциями города регламента очистки питьевой воды.	1	критический уровень воздействия на очистку питьевой воды
Некомпетентность специалистов, отвечающих за качество питьевой воды и пренебрежение ими исполнением служебных обязанностей.	1	критический уровень воздействия на очистку питьевой воды
Увеличение количества жалоб на качество питьевой воды, поступающих в МУП «Водоканал Санкт-Петербурга».	1	критический уровень воздействия на очистку питьевой воды
Ухудшение органолептических показателей качества питьевой воды и ее внешнего вида.	1	критический уровень воздействия на очистку питьевой воды
Количество баллов, итого	1	= критический уровень воздействия на очистку питьевой воды
Средний удельный вес	1,0	

Из таблицы 12 видно, что к основным проблемам очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге относятся такие: устаревание очистительных

технологий; ржавление труб в домах старого фонда; несоблюдение водноочистительными станциями города регламента очистки питьевой воды; некомпетентность специалистов, отвечающих за качество питьевой воды и пренебрежение ими исполнением служебных обязанностей; увеличение количества жалоб на качество питьевой воды, поступающих в МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»; ухудшение органолептических показателей качества питьевой воды и ее внешнего вида.

Ранжирование влияния перечисленных проблем на качество очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге показало, что в настоящий момент все они оказывают критическое воздействие на уровень качества питьевой воды, следовательно, санитарно-эпидемиологическое состояние населения.

Выводы по главе 2

1) Анализ структуры очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге позволил выявить ряд характерных закономерностей: инфраструктура водоснабжения в Санкт-Петербурге представлена непосредственно системой водоснабжения и системой канализования; за период с 2015 года по 2021 год объемы поставляемой воды в Санкт-Петербурге сокращались, основными причинами чего стали следующие: снижение объемов промышленности; массовая установка приборов учета расходов воды (счётчиков); экономия воды из-за повышения тарифов на пользование ею; центральное место в производстве питьевой воды в Санкт-Петербурге занимает ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», которое за период с 2019 года по 2021 год существенно увеличило снабжение питьевой водой жителей города, что связано со следующими факторами; технологическая схема очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге может быть одноступенчатой и двухступенчатой.

2) Экспертный анализ качества питьевой воды в Санкт-Петербурге аналитиками учреждения позволил выявить ряд закономерностей: за

последние несколько лет количество жалоб на качество питьевой воды в Санкт-Петербурге ухудшалось, причинами чего стали следующие: устаревание очистительных технологий; ржавление труб в домах старого фонда; несоблюдение водноочистительными станциями города регламента очистки питьевой воды; некомпетентность специалистов, отвечающих за качество питьевой воды и пренебрежение ими исполнением служебных обязанностей; за период с 2019 года по 2021 год в Санкт-Петербурге чаще всего население города жаловалось на внешний, вкус, запах воды, поступающей для питьевого пользования; положительной тенденцией в обеспечении населения Санкт-Петербурга питьевой водой стало то, что за период с 2019 года по 2021 год сократилось количество граждан, получивших паразитологический и вирусологический вред здоровью вследствие некачественности питьевой воды в сравнении с общим и органолептическими показателями.

ГЛАВА 3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

3.1. Разработка программы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Исследование, представленное в параграфах 2.2-2.3 выпускной квалификационной работы, позволило определить основные проблемы, которые существуют в системе очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге. По этой причине в данном разделе представлена разработка программы очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге. На рисунке (рисунок 14) представлены направления улучшения очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге.



Рисунок 14 – Направления улучшения очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Из рисунка 14 видно, что в целях улучшения очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге необходимо реализовать следующие направления: организационные, которые направлены на улучшение работы персонала по

водоочистке и повышение их дисциплинарной ответственности за несоблюдение регламента исполнения должностных обязанностей; технические – ориентированные на улучшение состояния очистительных систем; технологические – направлены на улучшение инженерного состояния водных коммуникаций.

В таблице (таблица 13) представлена конкретизация направлений улучшения очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге.

Таблица 13 - Конкретизация направлений улучшения очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Проблема	Направление решения проблемы очистки питьевой воды
1	2
Устаревание очистительных технологий.	Привлечение к сотрудничеству предпринимательского сектора для осуществления модернизации очистительных технологий на основе государственно-частного партнерства, доказавшего свою состоятельность в развитых европейских государствах.
Ржавление труб в домах старого фонда.	Проведение мониторинга и аудита состояния труб в домах старого фонда с привлечением независимых экспертов, выносящих объективное заключение о техническом и инженерном состоянии труб, по которым в квартиры поступает питьевая вода; централизованная замена труб по результатам аудиторского заключения.
Несоблюдение водноочистительными станциями города регламента очистки питьевой воды.	Ужесточение степени ответственности водноочистительных станций за несоблюдение регламента очистки питьевой воды с заменой административной ответственности на уголовную; налаживание сотрудничества с правоохранительными органами города.
Некомпетентность специалистов, отвечающих за качество питьевой воды и пренебрежение ими исполнением служебных обязанностей.	Повышение степени административной и дисциплинарной ответственности специалистов, отвечающих за качество питьевой воды, а также за пренебрежение ими регламента очистки питьевой воды (в частности, путем вынесения запрета на право профессиональной деятельности на срок до пяти лет; наложение штрафных санкций в размере 50% от установленного оклада).

Продолжение таблицы 13

Проблема	Направление решения проблемы очистки питьевой воды
1	2
Увеличение количества жалоб на качество питьевой воды, поступающих в МУП «Водоканал Санкт-Петербурга».	Вынесение на рассмотрение широкой общественности результатов проводимых экспертиз по оценке качества питьевой воды на официальном электронном ресурсе МУП «Водоканал Санкт-Петербурга».
Ухудшение органолептических показателей качества питьевой воды и ее внешнего вида.	Повышение органолептических показателей качества питьевой воды за счет ужесточения процедуры ее очистки и подготовки для полдачи гражданам, проживающим в городе Санкт-Петербурге.

Из таблицы 13 видно, что в целях повышения эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге необходимо реализация следующих мероприятий: привлечение к сотрудничеству предпринимательского сектора для осуществления модернизации очистительных технологий на основе государственно-частного партнерства, доказавшего свою состоятельность в развитых европейских государствах; проведение мониторинга и аудита состояния труб в домах старого фонда с привлечением независимых экспертов, выносящих объективное заключение о техническом и инженерном состоянии труб, по которым в квартиры поступает питьевая вода; централизованная замена труб по результатам аудиторского заключения; ужесточение степени ответственности водноочистительных станций за несоблюдение регламента очистки питьевой воды с заменой административной ответственности на уголовную; налаживание сотрудничества с правоохранительными органами города; повышение степени административной и дисциплинарной ответственности специалистов, отвечающих за качество питьевой воды, а также за пренебрежение ими регламента очистки питьевой воды (в частности, путем вынесения запрета на право профессиональной деятельности на срок до пяти лет; наложение штрафных санкций в размере 50% от установленного оклада); вынесение на рассмотрение широкой общественности результатов

проводимых экспертиз по оценке качества питьевой воды на официальном электронном ресурсе МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»; повышение органолептических показателей качества питьевой воды за счет ужесточения процедуры ее очистки и подготовки для подачи гражданам, проживающим в городе Санкт-Петербурге.

Перечисленные мероприятия направлены на достижение следующих результатов (рисунок 15).



Рисунок 15 – Результаты реализаций программы, направленной на улучшение очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге

Таким образом, конкретизация направлений улучшения очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге позволила определить, что для повышения эффективности очистки питьевой воды в городе необходимо реализовать следующие направления: организационные, которые направлены на улучшение работы персонала по водоочистке и повышение их дисциплинарной ответственности за несоблюдение регламента исполнения должностных обязанностей; технические – ориентированные на улучшение состояния очистительных систем; технологические – направлены на улучшение инженерного состояния водных коммуникаций.

Показателями результативности перечисленных мероприятий являются такие, как улучшение состояния питьевой воды по всем группам показателей, в том числе, органолептическим, улучшение состояния здоровья населения из-за сокращения заболеваемости по причине наличия в воде паразитов, грязи, улучшение экологической ситуации, так как вода является одним из наиболее важных ресурсов, необходимых для жизнеобеспечения населения.

3.2. План реализации программы и материально-техническое обеспечение

В связи с тем, что ведущим водоочистительным предприятием Санкт-Петербурга является МУП «Водоканал Санкт-Петербурга», реализация программы по улучшению качества питьевой воды в городе ориентирована на данное предприятие и осуществляется за счет его материально-технического обеспечения.

В таблице (таблица 14) представлен план реализации программы по улучшению очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге и ее материально-техническое обеспечение.

Таблица 14 - План реализации программы по улучшению очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге и ее материально-техническое обеспечение

Направление решения проблемы очистки питьевой воды	Специалисты, ответственные за исполнение	Сроки реализации программы	Материально-техническое обеспечение
1	2	3	4
Привлечение к сотрудничеству предпринимательского сектора для осуществления модернизации очистительных технологий на основе государственно-частного партнерства, доказавшего свою состоятельность в развитых европейских государствах.	Специалисты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	Июль-декабрь 2022 года	Материально-техническая база МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Продолжение таблицы 14

Направление решения проблемы очистки питьевой воды	Специалисты, ответственные за исполнение	Сроки реализации программы	Материально-техническое обеспечение
1	2	3	4
Проведение мониторинга и аудита состояния труб в домах старого фонда с привлечением независимых экспертов, выносящих объективное заключение о техническом и инженерном состоянии труб, по которым в квартиры поступает питьевая вода; централизованная замена труб по результатам аудиторского заключения.	Специалисты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	Июль-декабрь 2022 года	Материально-техническая база МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»
Ужесточение степени ответственности водноочистительных станций за несоблюдение регламента очистки питьевой воды с заменой административной ответственности на уголовную; налаживание сотрудничества с правоохранительными органами города.	Специалисты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	Июль-декабрь 2022 года	Материально-техническая база МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»
Повышение степени административной и дисциплинарной ответственности специалистов, отвечающих за качество питьевой воды, а также за пренебрежение ими регламента очистки питьевой воды (в частности, путем вынесения запрета на право профессиональной деятельности на срок до пяти лет; наложение штрафных санкций в размере 50% от установленного оклада с учетом ежемесячного удержания).	Специалисты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	Июль-декабрь 2022 года	Материально-техническая база МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»
Вынесение на рассмотрение широкой общественности результатов проводимых экспертиз по оценке качества питьевой воды на официальном электронном ресурсе МУП «Водоканал Санкт-Петербурга».	Специалисты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	Июль-декабрь 2022 года	Материально-техническая база МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Продолжение таблицы 14

Направление решения проблемы очистки питьевой воды	Специалисты, ответственные за исполнение	Сроки реализации программы	Материально-техническое обеспечение
1	2	3	4
Повышение органолептических показателей качества питьевой воды за счет ужесточения процедуры ее очистки и подготовки для полдачи гражданам, проживающим в городе Санкт-Петербурге.	Специалисты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	Июль-декабрь 2022 года	Материально-техническая база МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

Таким образом, реализация программы по улучшению качества питьевой воды в Санкт-Петербурге запланирована к реализации на июль-август 2022 года. В качестве специалистов, ответственных за ее исполнение, выбраны сотрудники, задействованные в различных функциональных подразделениях МУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Материально-техническим обеспечением реализации программы занимается МУП «Водоканал Санкт-Петербурга» как учреждение, ответственное за осуществление направлений по улучшению качества питьевой воды в городе.

3.3. Бюджетный план реализации программы и возможный прогноз эффективности

Для того, чтобы составить бюджетный план реализации программы по улучшению очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге, необходимо на основе мониторинга данных официального портала Правительства Санкт-Петербурга распределить расходы, выделяемые властями города на обеспечение повышение качества питьевой воды, что наглядно видно из таблицы (таблица 15).

Кроме того, МУП «Водоканал Санкт-Петербурга» планирует вкладывать собственные средства в реализацию программы по улучшению качества и очистки питьевой воды.

Таблица 15 - Бюджетный план реализации программы по повышению эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге, в тысячах рублей

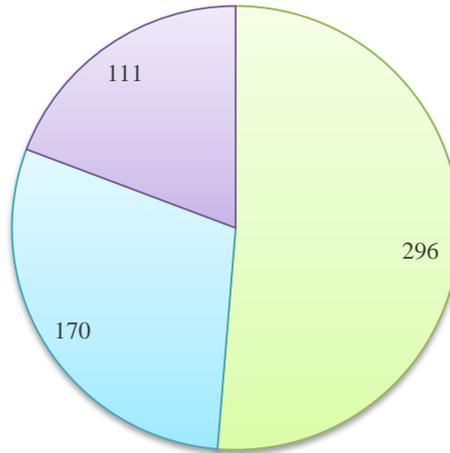
Направление решения проблемы очистки питьевой воды	Финансирование		
	За счет МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	За счет Правительства Санкт-Петербурга	За счет привлеченного капитала
1	2	3	4
Привлечение к сотрудничеству предпринимательского сектора для осуществления модернизации очистительных технологий на основе государственно-частного партнерства, доказавшего свою состоятельность в развитых европейских государствах.	50,0	36,0	18,0
Проведение мониторинга и аудита состояния труб в домах старого фонда с привлечением независимых экспертов, выносящих объективное заключение о техническом и инженерном состоянии труб, по которым в квартиры поступает питьевая вода; централизованная замена труб по результатам аудиторского заключения.	60,0	30,0	25,0
Ужесточение степени ответственности водноочистительных станций за несоблюдение регламента очистки питьевой воды с заменой административной ответственности на уголовную; налаживание сотрудничества с правоохранительными органами города.	55,0	30,0	23,0
Повышение степени административной и дисциплинарной ответственности специалистов, отвечающих за качество питьевой воды, а также за пренебрежение ими регламента очистки питьевой воды (в частности, путем вынесения запрета на право профессиональной деятельности на срок до пяти лет; наложение штрафных санкций в размере 50% от установленного оклада).	40,0	20,0	15,0

Продолжение таблицы 15

Направление решения проблемы очистки питьевой воды	Финансирование		
	За счет МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»	За счет Правительства Санкт-Петербурга	За счет привлеченного капитала
1	2	3	4
Вынесение на рассмотрение широкой общественности результатов проводимых экспертиз по оценке качества питьевой воды на официальном электронном ресурсе МУП «Водоканал Санкт-Петербурга».	66,0	35,0	15,0
Повышение органолептических показателей качества питьевой воды за счет ужесточения процедуры ее очистки и подготовки для полдачи гражданам, проживающим в городе Санкт-Петербурге.	25,0	19,0	15,0
Итого, в тысячах рублей	296,0	170,0	111,0
Итого, в тысячах рублей	577,0		

Из таблицы 15 видно, что на осуществление программы, направленной на повышение эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге, необходим бюджет в размере 577,0 тысяч рублей, из которых 296 тыс. руб. – это средства МУП «Водоканал Санкт-Петербурга», 170 тыс. руб. – средства Правительства Санкт-Петербурга, 111 тыс. руб. – привлеченный частный капитал. В целом бюджетный план реализации программы свидетельствует о том, что она является посильной, так как затраты не превышают одного миллиона рублей, а дополнительными источниками финансирования являются Правительство Санкт-Петербурга и частные предпринимательские структуры. Такое распределение затрат считается рациональным с точки зрения экономики, так как позволяет своевременно подстраховать расходы учреждения, реализующего программу.

На рисунке (рисунок 16) представлен бюджетный план финансирования программы по повышению эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге.



■ За счет МУП "Водоканал Санкт-Петербурга"
 ■ За счет Правительства Санкт-Петербурга
■ За счет привлеченного частного капитала

Рисунок 16 – Бюджетный план финансирования программы по
 повышению эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге,
 в тысячах рублей

Эксперты МУП «Водоканал Санкт-Петербурга» считают, что после внедрения программы по улучшению качества и очистки питьевой воды в городе, количество жалоб в организацию сократится на 20% (рисунок 17) по следующим причинам:

- улучшаются органолептические показатели воды за счет модернизации технического и инженерного обслуживания водопроводных сетей в городе;

- повышается качество обслуживания граждан чистой питьевой воды за счет повышения уровня административной и дисциплинарной ответственности сотрудников, работающих в сфере очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге;

- повышается уровень доверия населения к работе специалистов, задействованных в сфере водоочистки в связи улучшением показателей производительности и качества их профессиональной деятельности, направленной на повышение эффективности питьевой воды.

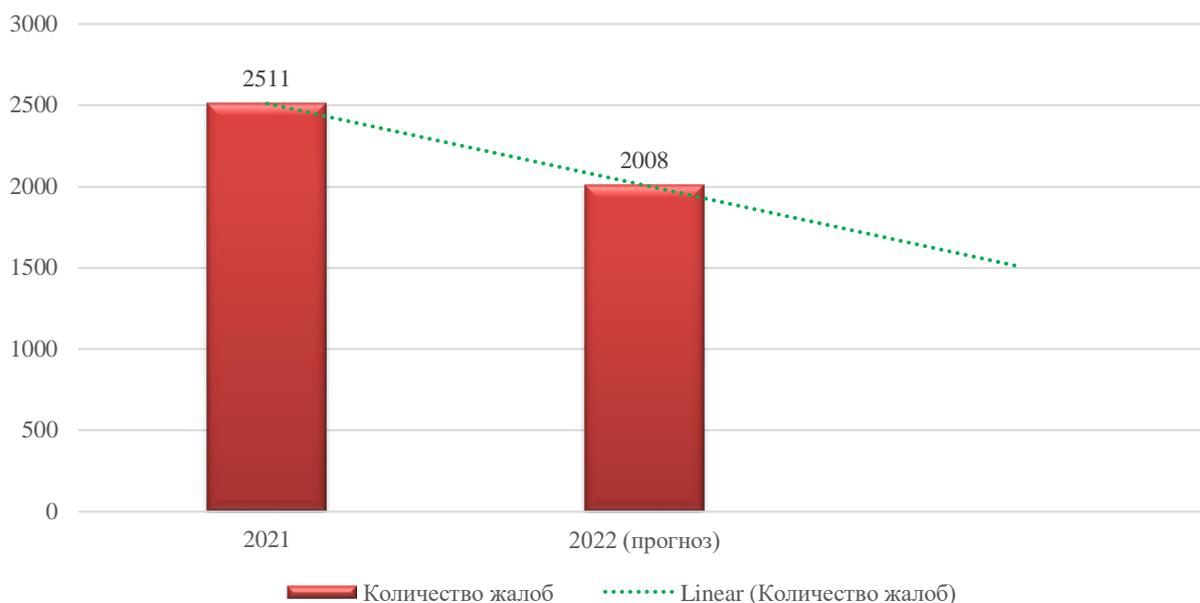


Рисунок 17 – Динамика численности жалоб на качество питьевой воды в Санкт-Петербурге по прогнозу на 2022 год, в единицах (по данным МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»)

Таким образом, финансовые условия для реализации программы, направленной на повышение эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге можно оценить как благоприятные, так как они предполагают трехступенчатое привлечение капитала за счет покрытия расходов из средств МУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Правительства Санкт-Петербурга, частного предпринимательского капитала. Это, в свою очередь, позволит рационально расходовать средства и планомерно покрывать расходы за счет резерва, сформированного из денежных капитала Правительства Санкт-Петербурга и предпринимательства.

Прогнозная оценка количества жалоб на качество питьевой воды после реализации программы по повышению эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге показала, что численность жалоб (по мнению экспертов МУП «Водоканал Санкт-Петербурга») снижается на 20%, что является подтверждением их практической значимости, а также целесообразности реализации.

Значения степени загрязнения воды в реке Нева по каждому ЛПВ после очистки:

- 1) критерий санитарного режима, исходя из представленных данных по БПК₅, рН и растворенному кислороду

$$W_c = \left(1 + \left(\frac{8,1}{4} - 1 \right) + \left(\frac{6,6}{7,0} - 1 \right) + \left(\frac{4,0}{2,0} - 1 \right) \right) / 3 = 0,99$$

- 2) критерий органолептических свойств исходя их данных по запаху, цветности, мутности, марганца, меди и общего железа

$$W_\phi = \left(1 + \left(\frac{0}{2} - 1 \right) + \left(\frac{6}{20} - 1 \right) + \left(\frac{0,4}{1,5} - 1 \right) + \left(\frac{0,0049}{0,1} - 1 \right) + \left(\frac{0,001}{1,0} - 1 \right) + \left(\frac{0,14}{0,3} - 1 \right) \right) / 6 = < 1$$

- 3) критерий, учитывающий опасность санитарно-токсикологического загрязнения, исходя из данных по кадмию, нитратам, сульфатам, хлоридам, алюминию

$$W_{ст} = \left(1 + \left(\frac{0,00005}{0,001} - 1 \right) + \left(\frac{1,16}{45} - 1 \right) + \left(\frac{23}{100} - 1 \right) + \left(\frac{7,85}{350} - 1 \right) + \left(\frac{0,16}{0,5} - 1 \right) \right) / 5 = < 1$$

- 4) эпидемиологический критерий, учитывающий опасность микробного загрязнения

$$W_3 = < 1$$

Так, можно заключить что вода в реке Нева после очистки по всем критериям находится на допустимом уровне загрязнения.

Выводы по главе 3

1) Конкретизация направлений улучшения очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге позволила определить, что для повышения эффективности очистки питьевой воды в городе необходимо реализовать следующие направления: организационные, которые направлены на улучшение работы персонала по водоочистке и повышение их дисциплинарной ответственности

за несоблюдение регламента исполнения должностных обязанностей; технические – ориентированные на улучшение состояния очистительных систем; технологические – направлены на улучшение инженерного состояния водных коммуникаций.

Показателями результативности перечисленных мероприятий являются такие, как улучшение состояния питьевой воды по всем группам показателей, в том числе, органолептическим, улучшение состояния здоровья населения из-за сокращения заболеваемости по причине наличия в воде паразитов, грязи, улучшение экологической ситуации, так как вода является одним из наиболее важных ресурсов, необходимых для жизнеобеспечения населения.

2) Реализация программы по улучшению качества питьевой воды в Санкт-Петербурге запланирована к реализации на июль-август 2022 года. В качестве специалистов, ответственных за ее исполнение, выбраны сотрудники, задействованные в различных функциональных подразделениях МУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Материально-техническим обеспечением реализации программы занимается МУП «Водоканал Санкт-Петербурга» как учреждение, ответственное за осуществление направлений по улучшению качества питьевой воды в городе

3) Финансовые условия для реализации программы, направленной на повышение эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге можно оценить как благоприятные, так как они предполагают трехступенчатое привлечение капитала за счет покрытия расходов из средств МУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Правительства Санкт-Петербурга, частного предпринимательского капитала. Это, в свою очередь, позволит рационально расходовать средства и планомерно покрывать расходы за счет резерва, сформированного из денежных капитала Правительства Санкт-Петербурга и предпринимательства.

Прогнозная оценка количества жалоб на качество питьевой воды после реализации программы по повышению эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге показала, что численность жалоб (по мнению

экспертов МУП «Водоканал Санкт-Петербурга») снижается на 20%, что является подтверждением их практической значимости, а также целесообразности реализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с темой выпускной квалификационной работы, поставленной целью и задачами определено, что очистка воды представляет собой синтез применения различных методов и способов удаления из воды вредных примесей, газов, тяжелых металлов в целях доведения до потребителя питьевой воды, пригодной для использования. Очистка воды и обеспечение ее соответствия государственным и санитарно-эпидемиологическим стандартам является одной из приоритетных задач государства. Основным значением очистки воды является предотвращение развития заболеваний и обеспечение полноценной жизнедеятельности общества.

В настоящий момент в российской практике водоочистки используются четыре основных группы методов, среди которых физические, химические, биологические и физико-химические.

Способы очистки водопроводной воды в разных странах имеют свои особенности, которые зависят от местных условий и состава воды. В России применяются синтезированные методы очистки воды до питьевой, что связано с различными условиями развития регионов страны, а также широтой географического положения государства, предполагающего наличие в каждом из субъектов своих проблем с водой.

Анализ структуры очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге позволил выявить ряд характерных закономерностей: инфраструктура водоснабжения в Санкт-Петербурге представлена непосредственно системой водоснабжения и системой канализования; за период с 2015 года по 2021 год объемы поставляемой воды в Санкт-Петербурге сокращались, основными причинами чего стали следующие: снижение объемов промышленности; массовая установка приборов учета расходов воды (счётчиков); экономия воды из-за повышения тарифов на пользование ею; центральное место в производстве питьевой воды в Санкт-Петербурге

занимает ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», которое за период с 2019 года по 2021 год существенно увеличило снабжение питьевой водой жителей города, что связано со следующими факторами; технологическая схема очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге может быть одноступенчатой и двухступенчатой.

Экспертный анализ качества питьевой воды в Санкт-Петербурге аналитиками учреждения позволил выявить ряд закономерностей: за последние несколько лет количество жалоб на качество питьевой воды в Санкт-Петербурге ухудшалось, причинами чего стали следующие: устаревание очистительных технологий; ржавление труб в домах старого фонда; несоблюдение водноочистительными станциями города регламента очистки питьевой воды; некомпетентность специалистов, отвечающих за качество питьевой воды и пренебрежение ими исполнением служебных обязанностей; за период с 2019 года по 2021 год в Санкт-Петербурге чаще всего население города жаловалось на внешний, вкус, запах воды, поступающей для питьевого пользования; положительной тенденцией в обеспечении населения Санкт-Петербурга питьевой водой стало то, что за период с 2019 года по 2021 год сократилось количество граждан, получивших паразитологический и вирусологический вред здоровью вследствие некачественности питьевой воды в сравнении с общим и органолептическими показателями.

В целях повышения эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге необходимо реализация следующих мероприятий: привлечение к сотрудничеству предпринимательского сектора для осуществления модернизации очистительных технологий на основе государственно-частного партнерства, доказавшего свою состоятельность в развитых европейских государствах; проведение мониторинга и аудита состояния труб в домах старого фонда с привлечением независимых экспертов, выносящих объективное заключение о техническом и инженерном состоянии труб, по которым в квартиры поступает питьевая вода; централизованная замена труб

по результатам аудиторского заключения; ужесточение степени ответственности водноочистительных станций за несоблюдение регламента очистки питьевой воды с заменой административной ответственности на уголовную; налаживание сотрудничества с правоохранительными органами города; повышение степени административной и дисциплинарной ответственности специалистов, отвечающих за качество питьевой воды, а также за пренебрежение ими регламента очистки питьевой воды (в частности, путем вынесения запрета на право профессиональной деятельности на срок до пяти лет; наложение штрафных санкций в размере 50% от установленного оклада); вынесение на рассмотрение широкой общественности результатов проводимых экспертиз по оценке качества питьевой воды на официальном электронном ресурсе МУП «Водоканал Санкт-Петербурга»; повышение органолептических показателей качества питьевой воды за счет ужесточения процедуры ее очистки и подготовки для полдачи гражданам, проживающим в городе Санкт-Петербурге.

Реализация программы по улучшению качества питьевой воды в Санкт-Петербурге запланирована к реализации на июль-август 2022 года. В качестве специалистов, ответственных за ее исполнение, выбраны сотрудники, задействованные в различных функциональных подразделениях МУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Материально-техническим обеспечением реализации программы занимается МУП «Водоканал Санкт-Петербурга» как учреждение, ответственное за осуществление направлений по улучшению качества питьевой воды в городе.

Финансовые условия для реализации программы, направленной на повышение эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге можно оценить как благоприятные, так как они предполагают трехступенчатое привлечение капитала за счет покрытия расходов из средств МУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Правительства Санкт-Петербурга, частного предпринимательского капитала. Это, в свою очередь, позволит рационально расходовать средства и планомерно покрывать расходы за счет

резерва, сформированного из денежных капитала Правительства Санкт-Петербурга и предпринимательства.

Прогнозная оценка количества жалоб на качество питьевой воды после реализации программы по повышению эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге показала, что численность жалоб (по мнению экспертов МУП «Водоканал Санкт-Петербурга») снижается на 20%, что является подтверждением их практической значимости, а также целесообразности реализации.

Финансовые условия для реализации программы, направленной на повышение эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге можно оценить как благоприятные, так как они предполагают трехступенчатое привлечение капитала за счет покрытия расходов из средств МУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Правительства Санкт-Петербурга, частного предпринимательского капитала. Это, в свою очередь, позволит рационально расходовать средства и планомерно покрывать расходы за счет резерва, сформированного из денежных капитала Правительства Санкт-Петербурга и предпринимательства.

Прогнозная оценка количества жалоб на качество питьевой воды после реализации программы по повышению эффективности очистки питьевой воды в Санкт-Петербурге показала, что численность жалоб (по мнению экспертов МУП «Водоканал Санкт-Петербурга») снижается на 20%, что является подтверждением их практической значимости, а также целесообразности реализации.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы является достигнутой, поставленные задачи – решены, теоретическая и практическая значимость – подтверждены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Нормативно-правовые акты

1. Конвенция о защите прав человека и основных свобод (Заключена в г. Риме 04.11.1950) (с изм. от 24.06.2013) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

2. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

3. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть 1) от 30 ноября 1994 года № 51-ФЗ (с изм. и доп. от 21.12.2021 № 430-ФЗ) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 30.12.2021) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

5. Федеральный закон РФ «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 № 174-ФЗ (с изм. и доп. от 02.07.2021 № 341-ФЗ) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

6. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (с изм. и доп. от 30.12.2021 № 446-ФЗ) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

7. Федеральный закон РФ «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ (с изм. и доп. от 02.07.2021 № 352-ФЗ) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

8. Постановление Правительства РФ «О государственном регулировании тарифов в сфере водоснабжения и водоотведения» от 13.05.2013 № 406 (ред. от 23.11.2021) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

9. Постановление Правительства РФ «Об инвестиционных и производственных программах организаций, осуществляющих деятельность в сфере водоснабжения и водоотведения» от 29.07.2013 № 641 (ред. от 22.05.2020) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

10. Закон Санкт-Петербурга «Экологический кодекс Санкт-Петербурга» от 18.07.2016 № 455-88 (с изм. и доп. от 16.12.2021) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

11. Постановление Правительства Санкт-Петербурга «Об утверждении Программы «Региональная программа «Чистая вода Санкт-Петербурга» на 2011-2025 годы» от 24.05.2011 № 625 (с изменениями на 14 июня 2011 года) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

Государственные стандарты

12. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ «О введении в действие Санитарных правил» (вместе с «СанПиН 2.1.4.1074-01. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы») от 26.09.2001 № 24 (ред. от 28.06.2010) // СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>.

13. ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости. – М.: Министерство стандартов, 1972. – 50 с. (с изм. и доп. от 13.09.2018).

14. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. – М.: Министерство стандартов, 1982. – 67 с. (с изм. и доп. от 08.09.2017).

15. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: Министерство стандартов, 1998. – 70 с. (с изм. и доп. от 14.05.2019).

16. ГОСТ 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Министерство стандартов, 2000. – 61 с. (с изм. и доп. от 05.09.2018).

Научная литература

17. Бенчмаркинг качества питьевой воды / Г.Г. Онищенко, Ю.А. Рахманин, В.Ф. Кармазинов, В.А. Грачев, Е.Д. Нефедова. – СПб.: Новый журнал, 2019. – 432 с.

18. Богомолов М.В., Коверга А.В., Волков С.В. Международный конгресс озоновых и ультрафиолетовых технологий в Лос-Анджелесе // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – № 4. – С. 27-56.

19. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2018. – 130 с.

20. Гигиеническое обоснование эффективности водоподготовки в Санкт-Петербурге на основе метода интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности / А.В. Киселев, А.В. Мельцер, Н.В. Ерастова, А.А. Шульга // Современные проблемы военной медицины, обитаемости и профессионального отбора. – СПб.: ВМедА, 2019. – С. 128-129.

21. Гигиенические основы формирования перечней показателей для оценки и контроля безопасности питьевой воды / Г.Н. Красовский // Гигиена и санитария. – 2019. – № 4. – С. 8-12.

22. Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование профилактических мер для обеспечения населения г. Санкт-Петербурга питьевой водой высокого качества // Энергетика и рациональное природопользование. – 2020. – № 13. – С. 101-104.

23. Интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности на основе методологии оценки риска для здоровья населения, апробированная на водопроводных станциях ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» / А.В. Мельцер, А.В. Киселев, Н.В. Ерастова, А.А. Шульга // Гигиенические и медикопрофилактические технологии управления рисками здоровью населения. – Пермь: Книжный формат, 2019. – С. 158-161.

24. Мельцер А.В. Опыт реализации метода интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности в Санкт-Петербурге // Экология. – 2021. – № 15. – С. 19-24.

25. Мельцер А.В. Этапы создания системы здоровьесберегающих технологий водоподготовки в Санкт-Петербурге (к 155-летию ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга») // Научное обозрение. – 2018. – № 55. – С. 116-123.

26. Обеспечение населения Санкт-Петербурга физиологически полноценной питьевой водой: миф или реальность / О.Е. Сергеев, И.А. Меркушев. – СПб.: Эдиция, 2019. – 169 с.

27. Озонирование в технологии очистки природных вод / Л.П. Алексеева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 4. – С. 25-30.

28. Онищенко Г.Г. О состоянии и мерах по обеспечению безопасности хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. – 2021. – № 3. – С. 4-5.

29. Осторожно! Водопроводная вода! Ее химические загрязнения и способы доочистки в домашних условиях. / Под ред. Г.А. Скоробогатов, А.И. Калинин. – СПб.: Питер, 2019. – 134 с.

30. Первов А.Г., Андрианов А.П. Перспективы применения технологии ультрафильтрации в системах водоснабжения // Вода: экология и технология. – 2020. – № 11. – С. 26-34.

31. Рахманин Ю.А. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности // ЭКО. – 2019. – № 16. – С. 32-40.

32. Рыбаков Н.А. Качество питьевой воды: проблемы и их решения. Доклад. – М.: МГУ, 2019. – 12 с.

33. Фридман К.Б. Оценка риска для здоровья в целях гигиенической характеристики систем водоснабжения // Природопользование. – 2019. – № 15. – С. 36-40.

34. Якубова И.Ш. Гигиеническая оценка обеспечения населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой // Экология. – 2020. – № 16. – С. 18-25.

Интернет-ресурсы

35. Актуальные вопросы обеспечения населения Санкт-Петербурга доброкачественной питьевой водой // Водоснабжение и санитарная очистка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vstnews.ru/ru/component/tags/tag/pitevaya-voda> (дата обращения 18.01.2022).

36. Бытовые системы очистки питьевой воды: наливные и проточные под мойку // Русская вода. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ruswater.com/sistemy-ochistki/ochistka-pitevoy-vody/> (дата обращения 13.01.2022).

37. Город на воде: Как очищают воду в Петербурге // The Village. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.the-village.ru/city/situation/113179-skazhi-mne-cto-piesh-kak-ochischayut-vodu-v-peterburge> (дата обращения 16.01.2022).

38. Модернизация и реконструкция водоподготовки для систем водоснабжения на промышленных объектах // Экодар. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ekodar.ru/prom/uslugi/modernizatsiya_i_remont/ (дата обращения 17.01.2022).

39. На водопроводных станциях появятся «умные» системы управления очисткой питьевой воды // Правительство Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/218242/> (дата обращения 15.01.2022).

40. Технологический процесс водоподготовки // ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii_ochistki/ (дата обращения 14.01.2022).