

Ф. В. КАРМАЗИНОВ, д-р техн. наук, генеральный директор;  
 А. К. КИНЕБАС, заместитель генерального директора (ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»);  
 С. В. КОСТЮЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор; Ю. И. НЕФЕДОВ, канд. техн. наук,  
 заместитель генерального директора; С. В. ВОЛКОВ, заместитель генерального директора (НПО «ЛИТ»)

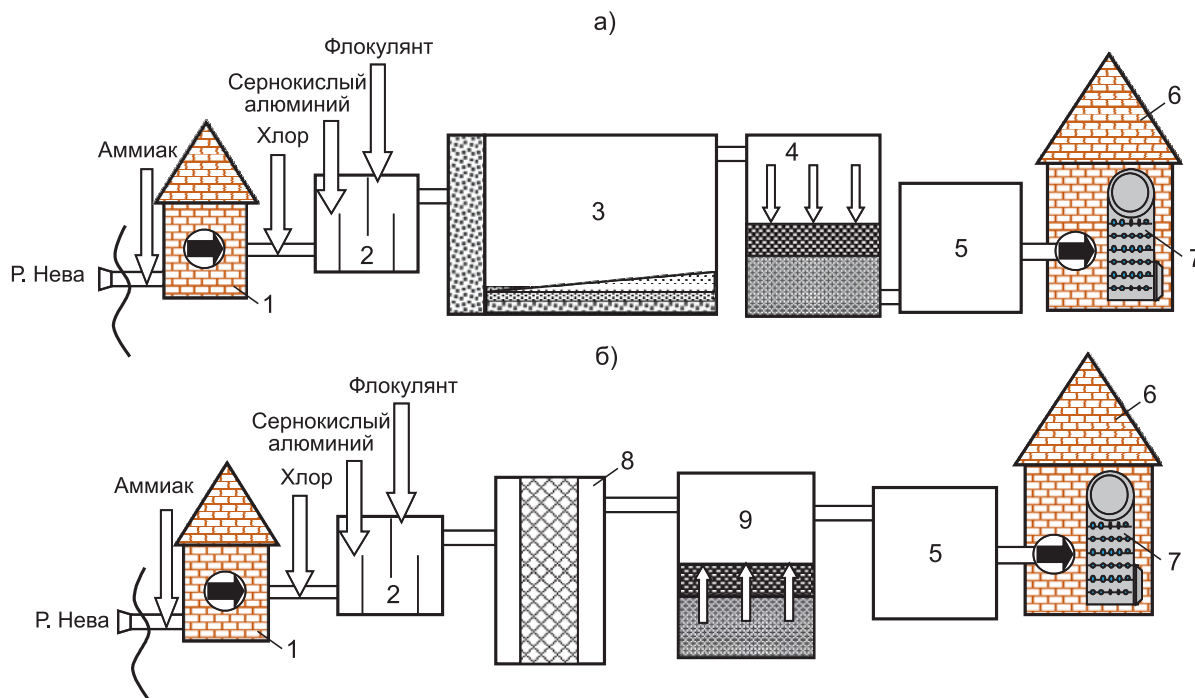
## Крупнейшая в мире система УФ-обеззараживания питьевой воды в Санкт-Петербурге

В последние годы ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» реализована комплексная модернизация системы обеззараживания питьевой воды, включающая в себя замену жидкого хлора гипохлоритом натрия и внедрение технологии ультрафиолетового облучения. В результате были решены задачи обеспечения безопасной эксплуатации водопроводных сооружений и повышения барьерной роли технологических схем водоподготовки в отношении устойчивых к хлору микроорганизмов. Благодаря успешной

совместной работе ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и НПО «ЛИТ» реализован крупнейший в мире на данный момент проект УФ-комплекса для обеззараживания питьевой воды Санкт-Петербурга. Комплекс обработки воды УФ-облучением охватывает водоснабжение всего города и его пригородов. Максимальная суммарная производительность этой системы превышает 5,5 млн. м<sup>3</sup>/сут.

Необходимость применения комплексной технологии обеззараживания воды обусловле-

на, в первую очередь, высокой микробиологической нагрузкой водоисточника – р. Невы. В речной воде, поступающей на станции водоподготовки, общее микробное число достигает нескольких тысяч КОЕ/мл, общие колиформные бактерии – десятков тысяч КОЕ/100 мл, при этом половину из них составляют термотолерантные бактерии, споры сульфитредуцирующих клостридий – сотен КОЕ/20 мл. Концентрация колифагов в среднем составляет от десятков до сотен единиц, а в отдельные периоды может



**Рис. 1. Технологические схемы водоподготовки с вариантами размещения блока УФ-обеззараживания воды**  
 1 – насосная станция; 2 – смеситель; 3 – отстойник; 4 – фильтр; 5 – резервуар чистой воды; 6 – насосная станция; 7 – блок УФ-обеззараживания; 8 – микрофильтр; 9 – контактный осветлитель

увеличиваться до ста тысяч БОЕ/100 мл. Постоянно высокий уровень индикаторных микроорганизмов в водоисточнике свидетельствует об интенсивном его загрязнении, что требует создания множественных барьеров при водоподготовке для обеспечения эпидемиологической безопасности питьевой воды.

Разработке концепции модернизации систем обеззараживания с применением УФ-облучения предшествовал комплекс исследований, проведенных НПО «ЛИТ» совместно с ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в 2001–2002 годах [1; 2] и включавших в себя: технологическое обследование водопроводных станций; проведение лабораторных исследований с привлечением ведущих исследовательских центров; долговременные опытно-промышленные испытания.

В процессе технологического обследования были выявлены факторы, необходимые для выбора оптимальной конфигурации УФ-оборудования: состав и характеристика водопроводных сооружений; максимальные фактические часовые расходы воды; коэффициенты УФ-пропускания воды и их зависимость от физико-химических показателей качества воды.

Исходная речная вода подвергается обработке на четырех основных водопроводных станциях Санкт-Петербурга – Главной, Волковской, Южной и Северной. Сооружения водоподготовки включают отстойники и песчаные фильтры (рис. 1, а) или микрофильтры и контактные осветлители (рис. 1, б). Реагентная обработка воды производится коагулянтами и флокулянтами. До внедрения УФ-технологии обеззараживание речной воды на водопровод-

ных станциях производилось одноступенчатым хлорированием с предварительной аммонизацией. При этом минимизировалось образование побочных продуктов хлорирования – токсичных и канцерогенных хлорорганических соединений. Поскольку пропускание УФ-излучения в бактерицидном спектре (254 нм) в речной воде составляет 44–61%, а в фильтрованной воде 79–85%, оптимальным представлялось применение УФ-обеззараживания на заключительном этапе подготовки питьевой воды, непосредственно перед подачей ее потребителям. Тем не менее в целях моделирования различной микробиологической нагрузки в широком диапазоне колебаний физико-химических показателей качества воды технологические исследования и опытно-промышленные испытания проводились как на фильтрованной, так и на речной воде.

Основной целью технологических исследований являлось определение дозы УФ-облучения, эффективной в отношении устойчивых к хлору микроорганизмов: вирусов, спор клостридий и цист простейших. В связи с этим был

проведен цикл исследований по УФ-обеззараживанию воды, искусственно зараженной вирусами и цистами паразитарных простейших. Исследовалось также влияние максимальных доз УФ-облучения на токсичность воды и возможность образования побочных продуктов. В исследованиях принимали участие лаборатории ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ЗАО «Центр исследования и контроля качества воды» (ЦИКВ), Центр санэпиднадзора Санкт-Петербурга, а также технологические подразделения НПО «ЛИТ».

В результате исследований было выявлено, что для инактивации индикаторных микробиологических показателей и энтеровирусов достаточной является доза облучения 25 мДж/см<sup>2</sup>, а для обеспечения эпидемиологической безопасности в отношении паразитарных простейших эффективна доза 45 мДж/см<sup>2</sup>. В то же время УФ-обработка речной и фильтрованной воды в дозах, превышающих в несколько раз необходимую для эффективного обеззараживания, не приводит к образованию побочных продуктов и изменению токсичности воды.

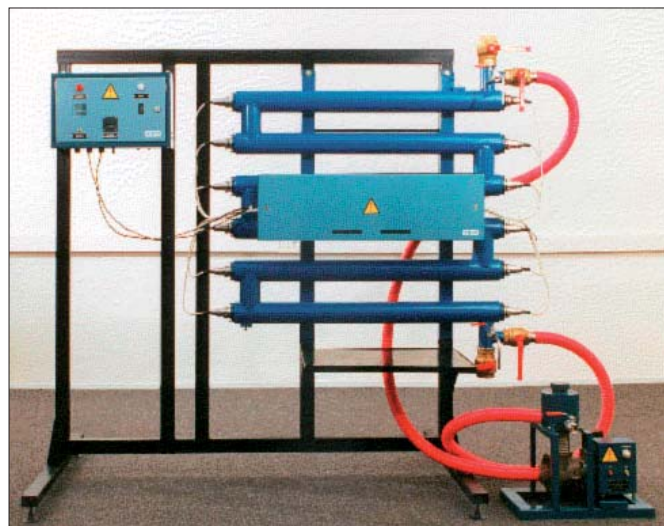


Рис. 2. УФ-установка для опытно-промышленных испытаний

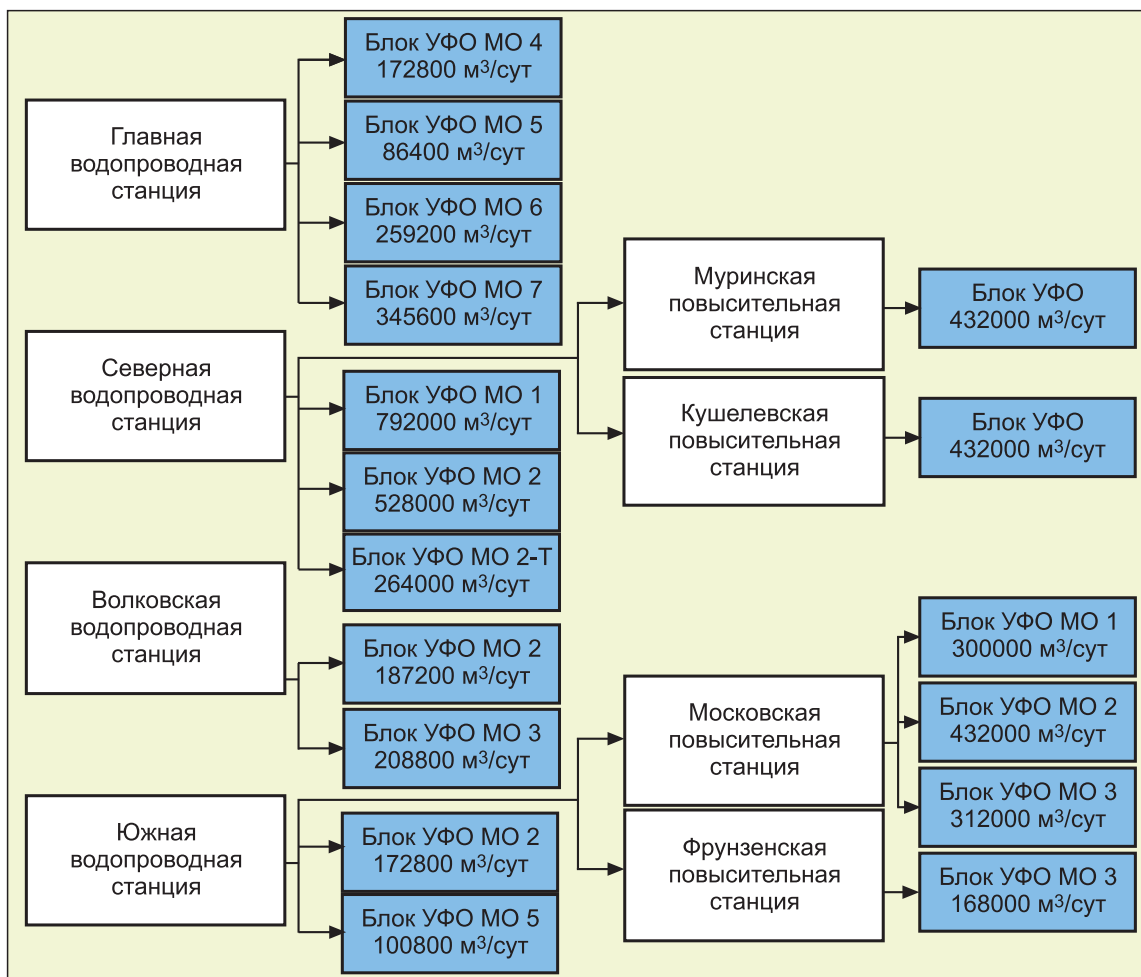


Рис. 3. Принципиальная схема размещения систем УФ-обеззараживания питьевой воды в Санкт-Петербурге

Опытно-промышленные испытания проводились на серийных УФ-установках производительностью 6 м³/ч (рис. 2). Опытно-промышленные комплексы были размещены в насосной станции первого подъема и после блока контактных осветлителей Главной водопроводной станции, их непрерывная эксплуатация составила несколько месяцев. Цель опытно-промышленных испытаний заключалась в подтверждении эффективности дозы облучения, определенной на этапе лабораторных исследований и оценки технологических параметров эксплуатации будущей УФ-станции (интенсивности загрязнения кварцевых чехлов и условий их очистки).

По результатам лабораторных и опытно-промыш-

ленных испытаний было получено положительное заключение Центра санитарно-эпидемиологического надзора Санкт-Петербурга о целесообразности дополнения существующей схемы водоподготовки стадией УФ-обеззараживания. Предприятием «Водоканал Санкт-Петербурга» была разработана концепция внедрения УФ-оборудования на объектах водоснабжения города, предполагающая УФ-обеззараживание воды непосредственно перед подачей ее потребителям.

Основные работы по проектированию УФ-блоков для водопроводных станций города были выполнены ЗАО «Фирма СЭНС». Согласно принятой концепции, станции УФ-обеззараживания размещаются

непосредственно в машинных залах действующих насосных станций второго подъема или повысительных станций, а также во вновь возводимых помещениях, непосредственно примыкающих к зданиям насосных станций. Принципиальная схема размещения систем УФ-обеззараживания питьевой воды города представлена на рис. 3.

Внедрение УФ-обеззараживания в систему водоподготовки города – комплексная задача, предполагающая поставку, монтаж УФ-оборудования, разработку технологического регламента, увязанного с режимом работы насосного оборудования и интеграцией в систему автоматического управления действующими сооружениями. На основе



Рис. 4. Главная водопроводная станция

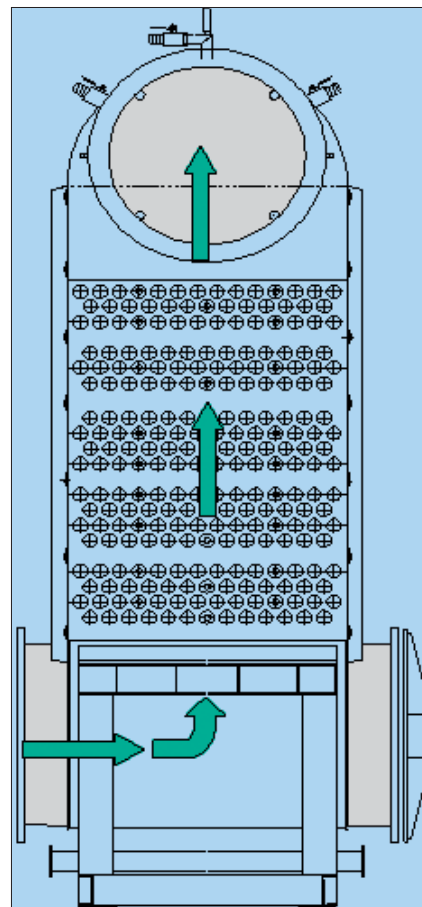


Рис. 5. УФ-оборудование вертикального типа

тендера, в котором принимали участие ведущие мировые производители УФ-систем – фирмы «Wedeco» (Германия) и «Trojan» (Канада), было выбрано УФ-оборудование НПО «ЛИТ».

В зависимости от различных вариантов размещения УФ-комплексов (в действующих насосных станциях или на застроенных территориях водопроводных сооружений) в НПО «ЛИТ» была разработана уникальная серия

УФ-установок максимальной единичной производительностью до 6300 м<sup>3</sup>/ч на основе амальгамных ламп повышенной мощности, рассчитанных на обеззараживание больших расходов воды. При разработке дизайна УФ-установок учитывалась возможность их внедрения в конкретных условиях. Так, на Главной водопроводной станции, расположенной в центре города, в связи с невозможностью изменения фасадов зданий насосных станций, яв-

ляющихся памятниками архитектуры, УФ-установки были размещены в помещениях четырех машинных отделений.

Для реализации проекта было выбрано вертикальное расположение УФ-установок, позволяющее использовать высоту существующего здания и возможность размещения оборудования на минимальной площади (рисунки 4–7). При этом производительность всего УФ-комплекса составила 36 тыс. м<sup>3</sup>/ч, или 864 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

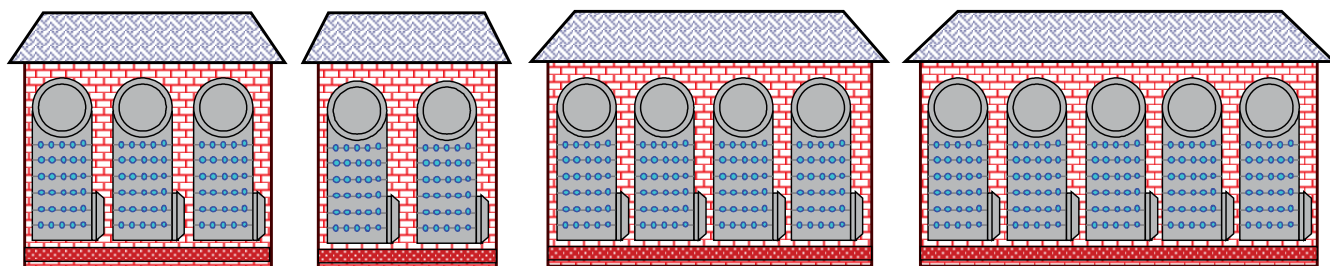


Рис. 6. Структура УФ-блоков на Главной водопроводной станции



Рис. 7. УФ-блок на Главной водопроводной станции

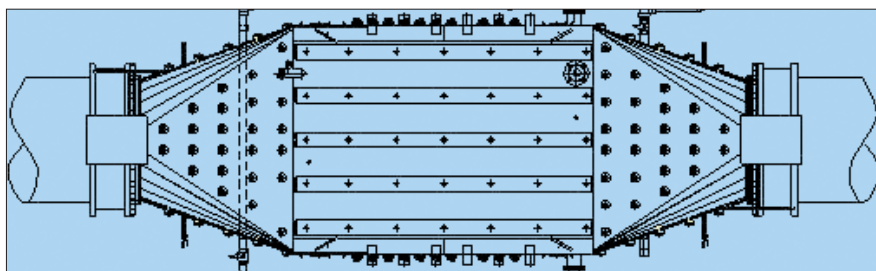


Рис. 8. УФ-установка горизонтального типа

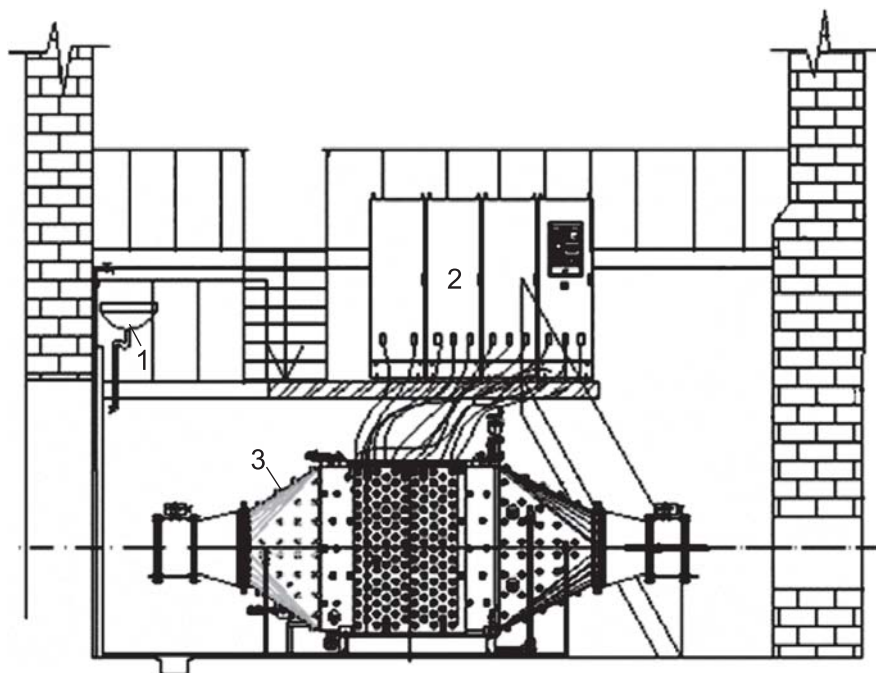


Рис. 9. Двухуровневое расположение камеры обеззараживания и блока управления

1 – отбор проб; 2 – блок управления; 3 – УФ-установка

Установки размещены на напорных линиях после насосов и рассчитаны на давление до 6 атм.

На других сооружениях было применено УФ-оборудование горизонтального типа с различным количеством амальгамных ламп повышенной мощности (рис. 8).

На Волковской водопроводной станции комплекс УФ-обеззараживания суммарной производительностью 396 тыс. м<sup>3</sup>/сут состоит из двух блоков, размещенных в помещениях, пристроенных к насосным станциям второго подъема (рис. 9).

На Южной водопроводной станции два блока УФ-обеззараживания суммарной производительностью 273600 м<sup>3</sup>/сут установлены во вновь возведенных зданиях.

На Московской повысительной подстанции УФ-оборудование располагается в трех машинных отделениях (рис. 10). В одном из них УФ-установки помещены непосредственно в машинном отделении, в двух других – в новых зданиях. Комплекс состоит из одиннадцати УФ-установок и позволяет обрабатывать до 1,044 млн. м<sup>3</sup>/сут воды.

Наибольшую производительность 1,584 млн. м<sup>3</sup>/сут имеет УФ-комплекс на Северной водопроводной станции. Три блока УФ-обеззараживания расположены в новых зданиях и включают в себя 18 установок.

Системы УФ-обеззараживания также внедрены на ряде водопроводных станций пригорода: Крондштадтской (43200 м<sup>3</sup>/сут) и Колпинской (250 тыс. м<sup>3</sup>/сут). Общий расход воды, обрабатываемой УФ-излучением в Санкт-Петербурге и пригородах, составляет 5645720 м<sup>3</sup>/сут.



Рис. 10. Московская повывисительная подстанция

Строительство всех станций УФ-обеззараживания выполнено фирмой «СЭНС» в период с 2003 по 2007 годы.

Для контроля за процессом обеззараживания воды НПО «ЛИТ» была разработана программа, позволяющая рассчитать дозу облучения в каждой из УФ-установок в любой момент времени. При расчете дозы учитываются текущие значения расхода воды, коэффициент пропускания воды, загрязнение кварцевых чехлов, спад интенсивности УФ-ламп в зависимости от времени работы. С помощью данной программы персонал станции (или автоматизированная система управления) производит расчет дозы УФ-облучения для каждой установки и конкретных условий, что позволяет корректировать режим работы УФ-оборудования в зависимости от расхода и качества воды.

Четырехлетний опыт эксплуатации УФ-оборудования на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» подтверждает его простоту и надежность. Промывка кварцевых чехлов производится один раз в 3–4 месяца, замена УФ-ламп —

через 12 тыс. ч работы, т. е. примерно через 1,5 года эксплуатации.

#### Выводы

После ввода в эксплуатацию блоков ультрафиолетового обеззараживания на Главной водопроводной станции Санкт-Петербурга были проведены исследования по оценке эффективности работы УФ-оборудования. Анализ проб воды, отбираемых в течение года, показал, что дополнительная обработка хлорированной питьевой воды УФ-облучением в соответствии с регламентом работы оборудования улучшает качество питьевой воды по микробиологическим показателям [3]. Мониторинг вирусологических показателей в питьевой воде, осуществляемый службами Роспотребнадзора и ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», а также исследования, проведенные Институтом эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, свидетельствуют о том, что в питьевой воде Санкт-Петербурга отсутствует вирусное загрязнение [4]. Положительные данные об эффективности применения УФ-облучения, получен-

ные в первый год в Водоканале Санкт-Петербурга, были в полной мере подтверждены исследованиями Роспотребнадзора Санкт-Петербурга [4]. В результате совершенствования технологии очистки с применением УФ-облучения жителям города подается доброкачественная питьевая вода, безопасная в эпидемиологическом отношении и соответствующая требованиям СанПиН [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модернизация систем обеззараживания на очистных сооружениях водопровода (опыт ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» / Ф. В. Кармазинов, В. Б. Чернов, С. В. Костюченко и др. // Водоснабжение и сан. техника. 2005. № 1.
2. Костюченко С. В., Волков С. В., Зайцева С. Г. Применение УФ-обеззараживания на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Водоснабжение и сан. техника. 2005. № 12, ч. 1.
3. Кинебас А. К. Внедрение обеззараживания воды гипохлоритом натрия и ультрафиолетовым облучением в системах водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга // Водоснабжение и сан. техника. 2005. № 12, ч. 1.
4. Обеспечение эпидемиологической безопасности питьевой воды Санкт-Петербурга / А. Б. Жебрун, В. В. Малышев, Л. А. Кафтырова и др. // Водоснабжение и сан. техника. 2007. № 7, ч. 2.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества. — Минздрав России, 2002.