

С. В. ХРАМЕНКОВ, канд. техн. наук, генеральный директор; А. Н. ПАХОМОВ, первый заместитель генерального директора; М. В. БОГОМОЛОВ, начальник Управления канализации; Д. А. ДАНИЛОВИЧ, канд. техн. наук, главный технолог Управления канализации; М. Н. КОЗЛОВ, канд. техн. наук, начальник Управления новой техники и системного развития; С. А. СТРЕЛЬЦОВ, заместитель начальника – главный инженер ПУ «Мосочиствод»; Н. А. БЕЛОВ, главный специалист Управления канализации (МГУП «Мосводоканал»); С. В. КОСТЮЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор; С. В. ВОЛКОВ, заместитель генерального директора; В. И. ЖУКОВ, главный конструктор (НПО «ЛИТ»)

## Разработка и внедрение систем УФ-обеззараживания сточных вод г. Москвы

Курьяновские и Люберецкие очистные сооружения Москвы являются крупнейшими в Европе станциями по очистке производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Производительность станций составляет 3,125 и 3 млн. м<sup>3</sup>/сут соответственно. Очищенные воды используются повторно в водном балансе Подмосковья для обводнения рек Москвы и Пехорки. Обводнение р. Пехорки очищенной водой Люберецких очистных сооружений составляет 90% расхода в устьевом участке. Обводнение р. Москвы очищенной водой Люберецких и Курьяновских очистных сооружений в створе «Отдых» составляет более 50% среднего расхода.

До последнего времени вода, обработанная на очистных сооружениях, не подвергалась обеззараживанию. Это было связано с отсутствием экономичного и в то же время экологически безвредного метода дезинфекции большого объема воды. Применение традиционного хлорирования было невозможно по целому ряду принципиальных проблем. Хранение больших запасов газообразного хлора на территории очистных сооружений в черте города, а также его транспортировка потенциально опасны как для населения, так и для окружающей

среды. Сточные воды, содержащие остаточные концентрации активного хлора, токсичны для гидробионтов. При хлорировании сточных вод образуются канцерогенные и мутагенные хлорорганические соединения, способные длительное время сохраняться в природной среде и по трофической цепи поступать в организм человека.

Учитывая эти факторы, в 1989 г. по поручению Совета Министров РСФСР Госстроем РСФСР по согласованию с органами Минжилкомхоза РСФСР и Госкомприроды РСФСР было принято вынужденное решение об исключении обеззараживания из технологических схем очистки сточных вод на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях в связи с экологическим несовершенством хлорирования и отсутствием альтернативных технологий [1; 2]. В настоящее время обеззараживанию с использованием гипохлорита натрия подвергается только доочищенная на зернистых фильтрах вода Курьяновских очистных сооружений, поступающая в Юго-Восточную систему промышленного водоснабжения Москвы.

В городских сточных водах обнаруживаются многие виды патогенных простейших, бактерий и вирусов. Болезни, вызываемые этими микроор-

ганизмами, различны и могут приводить к серьезным последствиям для организма человека [3; 4]. Учитывая важность обеззараживания сточных вод, МГУП «Мосводоканал» постоянно занималось поиском приемлемого технического решения этой задачи.

По результатам обобщения отечественного и зарубежного опыта в 1995 г. была проведена ранговая экспертная оценка 15 основных промышленных методов обеззараживания воды по 24 показателям. По 17 вариантам схем обеззараживания были выполнены технологические и технико-экономические расчеты. В итоге сделан вывод, что ни один из известных химических методов обеззараживания не может быть применен по техническим или экономическим соображениям. По совокупности показателей наиболее приемлемым был признан метод обеззараживания ультрафиолетом как высокоэффективный в эпидемическом отношении и не сопровождающийся образованием побочных продуктов, негативно влияющих на окружающую природную среду и здоровье человека [2; 5].

С 1997 г. МГУП «Мосводоканал» совместно с ведущим российским производителем УФ-оборудования – НПО «ЛИТ»



Рис. 1. Опытно-промышленная станция УФ-обеззараживания на очистных сооружениях Зеленограда



Рис. 3. Опытно-промышленная станция УФ-обеззараживания на Курьяновских очистных сооружениях

на московских станциях аэрации организовано проведение цикла исследовательских работ, направленных на определение требований к эксплуатации УФ-оборудования на крупных очистных сооружениях. В процессе работ определялись эффективность и стабильность обеззараживания ультрафиолетом биологически очищенных сточных вод по отношению к различным видам микроорганизмов, включая простейшие и вирусы. Отрабатывались технологические режимы работы УФ-оборудования в процессе длительной эксплуатации.

Технологические исследования и испытания проводились на Зеленоградских, Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях. На очистных сооружениях Зеленограда длительная эксплуатация (1997–1998 годы) опытно-промышленной УФ-станции производительностью 24 тыс. м<sup>3</sup>/сут на основе серийной установки УДВ 1000/288 (рис. 1) производства НПО «ЛИТ» показала высокую эффективность и стабильность

обеззараживания сточных вод УФ-облучением [2; 6].

В ходе технологических модельных испытаний на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях были определены значения величины коэффициента УФ-пропускания сточными водами в условиях реальных колебаний физико-химических показателей качества, а также дозы УФ-облучения, необходимые для обеспечения эффективного обеззараживания (рис. 2).

Результаты долговременных опытно-промышленных

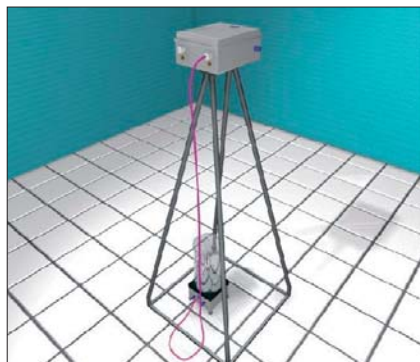


Рис. 2. Прибор ПИКЧ для определения эффективной дозы УФ-облучения

испытаний, проведенных в 1999–2000 годах на Курьяновских очистных сооружениях (рис. 3) на УФ-оборудовании корпусного и лоткового типа производства НПО «ЛИТ» (ртутные и амальгамные лампы низкого давления повышенной мощности), были положены в основу конструктивных и технических решений УФ-систем, соответствующих масштабам московских очистных сооружений [1; 2].

Анализ качества сточных вод в ходе опытно-промышленных испытаний и исследований проводился в химико-бактериологической лаборатории Курьяновских очистных сооружений, бактериологической лаборатории Московского ЦГСЭН, лаборатории санитарной микробиологии НИИ ЭЧиГОС им. А. Н. Сысина, отделения медицинской гельминтологии НИИ МПиТМ им. Е. И. Марциновского.

На первом этапе выявлялась эффективность УФ-обеззараживания по основным микробиологическим показателям



Рис. 4. Здание блока УФ-обеззараживания на Ново-Люберецких очистных сооружениях (на заднем плане)

телям, нормируемым СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». В течение всего периода исследований эффективность обеззараживания по общим и термотолерантным колиформным бактериям составляла 99,9%. На последующих этапах проводились специальные испытания по воздействию УФ-излучения на специфические виды микроорганизмов – вирусы и цисты простейших, также определялась токсичность сточных вод до и после УФ-облучения. Инвазионность содержащихся в сточных водах цист лямблий и ооцист криптоспоридий определялась методом биопроб на мышах. В процессе исследований была выявлена 100-процентная эффективность обеззараживания по колифагам и энтеровирусам, 100-процентная инактивация цист патогенных простейших, установлены эффективные дозы УФ-облучения, также было определено, что УФ-облучение не влияет на токсичность сточных вод [1; 2].

Результаты исследований позволили рекомендовать метод УФ-обеззараживания для применения на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях. В 1999 г. была разработана и согласована органами

санэпиднадзора Москвы «Концепция по обеззараживанию очищенных сточных вод на Московских станциях аэрации». Согласно Постановлениям Правительства Москвы от 11 мая 2004 г. № 289-ПП «О Целевой среднесрочной программе «Повышение экологической и эпидемиологической безопасности на городских объектах и в местах массового скопления людей на основе современных ультрафиолетовых технологий обеззараживания воды и воздуха (2005–2007 гг.)» и от 14 марта 2006 г. № 176-ПП «О развитии систем водоснабжения и канализации города Москвы на период до 2020 г.», в 2006 г. специалистами ГУП «Институт МосводоканалНИИ-проект» была разработана проектная документация на блок УФ-обеззараживания для Люберецких очистных сооружений.

В соответствии с проектом, на УФ-обеззараживание направляется вода, очищенная на втором блоке Ново-Люберецких очистных сооружений с удалением соединений азота (производительность 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут), введенном в эксплуатацию в 1997 г.; на блоке удаления биогенных элементов с удалением соединений азота и фосфора (производительность 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут), введенном в

эксплуатацию в 2006 г. Обеззараженные сточные воды сбрасываются в р. Пехорку.

Строительство блока УФ-обеззараживания проведено в кратчайшие для такой масштабной станции сроки (в течение одного года). Ввод его в эксплуатацию состоялся в августе 2007 г. Максимальная пропускная способность блока составляет 56 250 м<sup>3</sup>/ч, или 1 млн. 350 тыс. м<sup>3</sup>/сут при среднесуточном расходе 1 млн. м<sup>3</sup> (рис. 4). УФ-станция рассчитана на достижение микробиологических показателей качества сточных вод, соответствующих требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных водоемов».

Очищенные сточные воды в самотечном режиме первоначально поступают на механические щелевые плоские сита с прозором 1,4 мм (пять сдвоенных сит), предназначенные для удаления грубодисперсных примесей, и далее, через сборно-распределительный канал, на комплекс УФ-обеззараживания.

В блоке УФ-обеззараживания применены УФ-модули



Рис. 5. Вертикальный УФ-модуль

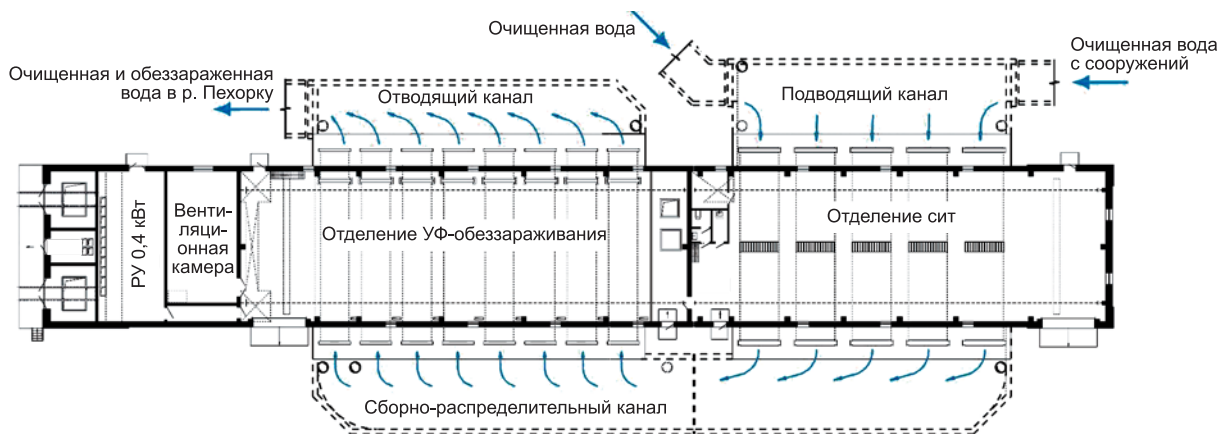


Рис. 6. План УФ-станции на Ново-Люберецких очистных сооружениях

специальной конструкции с вертикально установленными лампами. Учитывая значительный расход обрабатываемых сточных вод, в УФ-модулях использованы уникальные амальгамные лампы низкого давления высокой мощности ДБ-600, разработанные и произведенные НПО «ЛИТ» (рис. 5). Использование вертикальных УФ-систем на лампах низкого давления такой высокой мощности позволяет создавать компактные УФ-станции, размещаемые на действующих очистных сооружениях при отсутствии свободных площадей (рис. 6).

Вертикальное расположение ламп, установленных в шахматном порядке (рис. 7), позволяет также обеспечить

максимально высокую эффективность перемешивания и, как следствие, обеззараживания сточных вод, существенно упростить процедуру замены ламп. При замене ламп исключается выполнение операций по извлечению модулей из сточных вод и их отмывке от загрязнений (для систем горизонтального типа проведение данных операций обязательно). При этом значительно сокращен ручной труд обслуживающего персонала.

Блок УФ-обеззараживания состоит из восьми каналов, в каждом из которых – по четыре последовательно расположенных секции в составе двух УФ-модулей вертикального типа, установленных поперек канала (рис. 8).

В состав УФ-комплекса входит автоматизированная система поддержания уровня сточных вод в каждом канале. Поддержание уровня обеспечивается посредством изменения положения щита регулирующего щитового затвора в зависимости от уровня сточных вод в канале. В комплект каждого модуля входит также автоматическая механическая система очистки кварцевых чехлов с пневматическим приводом. Общая потребляемая мощность УФ-модулей составляет менее 30% мощности, затрачиваемой на биологическую очистку этого же расхода сточных вод. Эксплуатация УФ-станции производится в автоматическом режиме. Себестоимость обеззараживания воды на новом

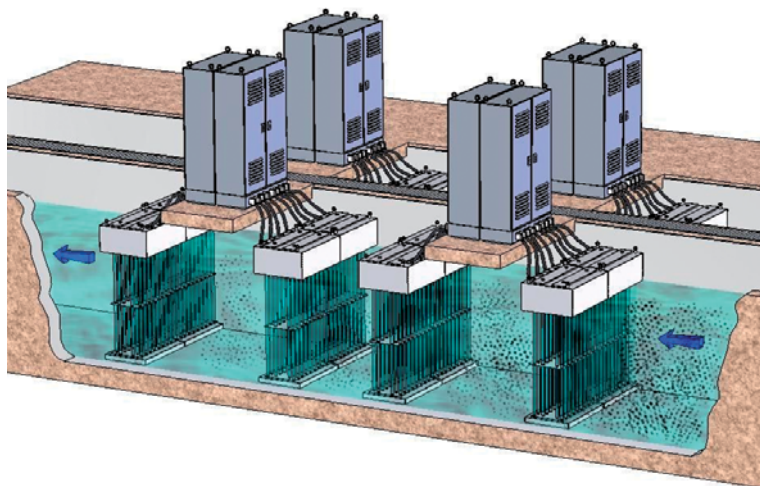


Рис. 7. Продольный разрез канала УФ-станции



Рис. 8. УФ-модули в канале

Дата	ОКБ, КОЕ/100 мл		ТКБ, КОЕ/100 мл		Колифаги, БОЕ/100 мл		
	до облучения	после облучения	до облучения	после облучения	до облучения	после облучения	
<b>Лаборатория ЛОС</b>							
23.10	280000	200	130000	100	50	< 5	
25.10	410000	100	200000	70	10	3	
30.10	230000	360	120000	100	67	Не обнаружены	
6.11	420000	210	190000	100	120	3	
8.11	390000	270	170000	100	67	< 3	
13.11	320000	100	150000	50	100	3	
15.11	340000	150	150000	60	300	Не обнаружены	
20.11	400000	150	200000	75	133		
4.12	430000	260	190000	57	200	5	
6.12	380000	130	150000	100	220		
11.12	330000	80	150000	50	120	Не обнаружены	
13.12	320000	70	120000	35	120		
18.12	410000	180	200000	90	240	< 3	
25.12	350000	100	180000	80	320	Не обнаружены	
26.12	620	60	280000	60	120	3	
<b>Лаборатория Роспотребнадзора</b>							
23.10	5200000	180	5200000	100	Не обнаружены	Не обнаружены	
24.10	71818	Не обнаружены	71818	Не обнаружены			
29.10	2200000		2200000				
31.10	6364		6364				
1.11	810		810				
8.11	249549		199640				1
12.11	32000		25946				Не обнаружены
13.11	133333		100000				3
14.11	376577		282432				6
15.11	244000		244000				Не обнаружены
19.11	72973		54730				3
20.11	73874		73874				Не обнаружены
21.11	39640		34675				3
22.11	78378		68586		Не обнаружены		
27.11	37838	28378	11				

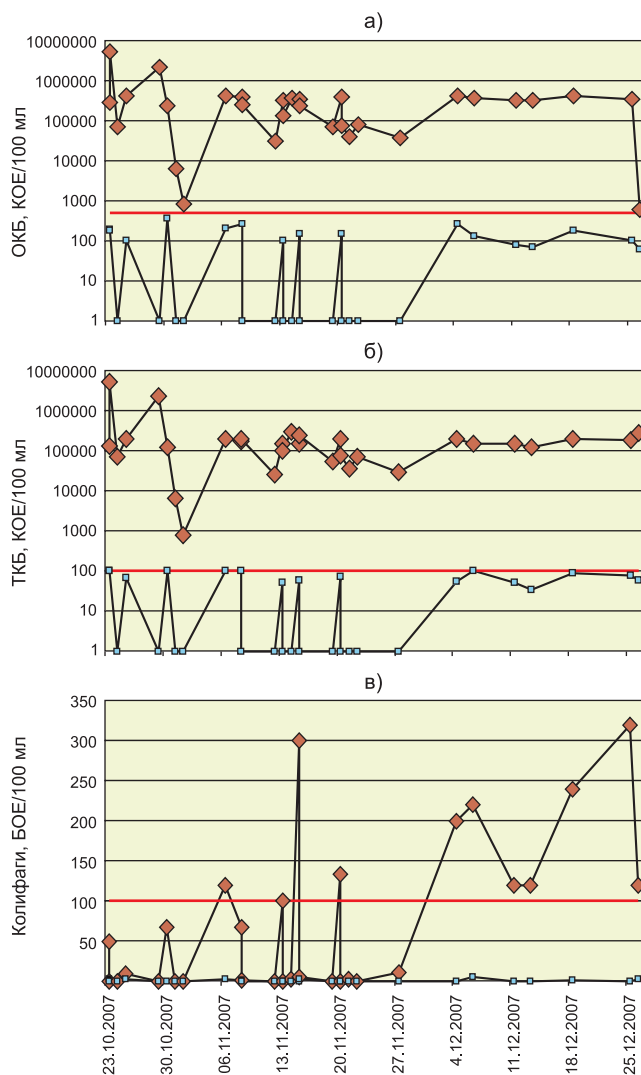
блоке не превышает 10 коп. за 1 м<sup>3</sup> воды.

Физико-химические показатели качества сточных вод, поступающих на обеззараживание: взвешенные вещества 4–10 мг/л; БПК<sub>5</sub> 2–4 мг/л; ХПК 20–50 мг/л. При вводе УФ-блока в промышленную эксплуатацию микробиологические показатели качества обеззараженных сточных вод

контролировались бактериологическими лабораториями «Территориального управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве» и Аналитического центра «РОСА». По данным лабораторий Роспотребнадзора и Люберецких очистных сооружений, за весь период эксплуатации УФ-

система стабильно обеспечивает проектные показатели качества обеззараженных сточных вод (таблица и рис. 9).

Введенный в эксплуатацию блок на Люберецких очистных сооружениях является первым этапом в создании систем УФ-обеззараживания в Москве. В 2008 г. планируется строительство систем УФ-обеззараживания на Курья-



**Рис. 9. Эффективность УФ-обеззараживания по микробиологическим показателям**

а – ОКБ; б – ТКБ; в – колифаги;  $\blacklozenge$  – до облучения;  $\blacksquare$  – после облучения; — нормируемый уровень

новских очистных сооружениях производительностью 3,125 млн. м<sup>3</sup>/сут с выпуском обеззараженных сточных вод в р. Москву. Согласно Генеральной схеме развития канализации г. Москвы, к 2014 г. весь объем очищенных сточных вод будет подвергаться УФ-обеззараживанию.

**Выводы**

МГУП «Мосводоканал» осуществлен комплекс работ по поиску, обоснованию, разработке и реализации оптимального технического решения проблемы обеззараживания очищенных вод Курьяновских

и Люберецких очистных сооружений. Многолетняя планомерная работа позволила выбрать наиболее эффективный и экологически безопасный метод обеззараживания, разработать оборудование для его реализации. Технические решения и оборудование НПО «ЛИТ» стали основой уникального, крупнейшего в мире блока УФ-обеззараживания сточных вод на Люберецких очистных сооружениях. Оснащение всех очистных сооружений Москвы блоком УФ-обеззараживания позволит существенно улучшить экологическое и санитарно-

эпидемиологическое состояние рек Москвы и Пехорки.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Обеззараживание очищенных сточных вод УФ-излучением на Московских станциях аэрации / С. В. Храменков, А. Н. Пахомов, В. А. Загорский и др. // Водоснабжение и сан. техника. 2004. № 4.
2. Развитие систем обеззараживания сточных вод на московских станциях / А. Н. Пахомов, М. Н. Козлов, Д. А. Данилович, Н. А. Белов // Водоснабжение и сан. техника. 2005. № 12, ч. 1.
3. Fate of bacterial indicators, viruses and protozoan parasites in a wastewater multi-component treatment system / L. Bonadonna, R. Briancesco, M. Divizia, etc. // New Microbiol. 2002. Oct., 25 (4).
4. Филатов Н. Н. Об актуальности вопроса обеззараживания воды в современных условиях // Водоснабжение и сан. техника. 2007. № 10.
5. Загорский В. А., Козлов М. Н., Данилович Д. А. Методы обеззараживания сточных вод // Водоснабжение и сан. техника. 1998. № 2.
6. Опыт эксплуатации систем УФ-обеззараживания сточных вод / В. В. Ахмадеев, С. А. Васильев, С. В. Волков и др. // Водоснабжение и сан. техника. 1998. № 11.
7. Mc Clean J. Emerging Trends in UV Disinfection // Water & Wastewater Digest. 2007. May, 47 (5).
8. Опыт и перспективы практического применения обеззараживания сточных вод УФ-излучением / Н. Н. Кудрявцев, С. В. Костюченко, С. В. Волков, С. Г. Зайцева // Водоснабжение и сан. техника. 2004. № 1.