

*Ультрафиолетовое обеззараживание находит все более широкое применение в основных отраслях коммунального хозяйства всего мира. Россия является одним из мировых лидеров в этой области: на муниципальных предприятиях России эксплуатируется свыше ста УФ-станций, в том числе крупнейшие комплексы УФ-обеззараживания питьевой воды в Санкт-Петербурге и сточных вод в Москве. Настоящий номер журнала посвящен вопросам обработки воды с применением ультрафиолета. В подборке статей вы найдете материалы, описывающие опыт ведущих Водоканалов России по внедрению УФ-технологии, технологические особенности применения метода в схемах водоподготовки и очистки сточных вод, методы контроля и аттестации УФ-систем, современный статус и перспективы развития УФ-обеззараживания воды в России и за рубежом.*

## Современное состояние и перспективы УФ-технологии

За последние десятилетия технология ультрафиолетового (УФ) обеззараживания воды заняла прочное место в ряду других методов водоподготовки и из развивающейся стала традиционной. Такая интенсивная динамика связана с новым качественным развитием метода и прежде всего с очередной технологической революцией в области подготовки питьевой воды и очистки сточных вод, вызванной осознанием в 1980–1990-е годы глобальных экономических, эпидемиологических и медицинских проблем, с которыми столкнулись все индустриально развитые и развивающиеся страны.

Новые требования к качеству хозяйственно-питьевой воды и сбрасываемых сточных вод сделали применяемые технологии более взаимосвязанными, а достижение требуемых микробиологических показателей любой ценой неприемлемым. Не так давно на ряде крупных станций очистки сточных вод из-за угрозы экологической катастрофы природных водоемов отказались от запроектованной стадии хлорирования и были вынуждены сбрасывать необеззараженные сточные воды.

Негативное влияние на здоровье людей побочных продуктов дезинфекции, образующихся в результате нерационального применения окислительных технологий (хлорирование, озонирование), а также их недостаточная эффективность в отношении ряда микроорганизмов (вирусы, цисты простейших, споры и т. д.) инициировали развитие таких технологий, как мембранная очистка, сорбция, ультрафиолетовое обеззараживание и др., которые позволяют сочетать химические окислительные и физические методы обработки воды. В рамках этих подходов ультрафиолет, как самый безопасный и в то же время максимально эффективный в отношении всего спектра микроорганизмов метод обеззараживания, нашел место практически во всех схемах подготовки питьевой воды, а его единственный недостаток (отсутствие последовательности) в случае необходимости компенсируется использованием других технологий.

В последние годы УФ-обеззараживание сточных вод заняло лидирующие позиции в индустриально развитых странах мира. Так, в США уже более 50% крупных и средних станций

аэрации производительностью свыше 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут работают на УФ-оборудовании, а более 90% строящихся и проектируемых будут его использовать. Интенсивно идет отказ от хлорирования сточных вод и переход на ультрафиолет на действующих станциях [1; 2]. В Южной Корее принята государственная программа, рассчитанная на 10 лет и направленная на отказ от хлорирования сточных вод и переход на УФ-метод. В Китае с 2005 г. каждый год вводятся в строй десятки станций аэрации производительностью свыше 50–100 тыс. м<sup>3</sup>/сут, при этом подавляющее большинство используют УФ-обеззараживание.

Ультрафиолет превалирует над другими методами при обеззараживании сточных вод и в Западной Европе. Франция, Италия, Испания делают выбор в пользу УФ-технологий при обеззараживании сточных вод, сбрасываемых в акватории побережий Средиземноморья и используемых для полива сельскохозяйственных культур. Отдельным, динамично развивающимся направлением в регионах с засушливым климатом и дефицитом пресной воды (Израиль,

США – Калифорния, Австралия, Арабские Эмираты и др.), является повторное использование доочищенных сточных вод. В этой области УФ-метод применяется как практически безальтернативный с экологической, экономической и гигиенической точек зрения [3; 4].

В России не просто копируется опыт других стран, а развиваются собственные практическая и исследовательская базы. Работы, проведенные ФГУП ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана, Московской медицинской академией им. И. М. Сеченова, Институтом медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е. И. Марциновского, ГУ НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина, НИИ ВОДГЕО, МФТИ, Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, позволили создать исчерпывающую нормативную базу по применению УФ-обеззараживания в различных отраслях коммунального хозяйства и промышленности [5–10]. Благодаря совместным усилиям ведущих Водоканалов России (Москва, Санкт-Петербург, Уфа, Самара), отраслевых и проектных институтов (НИИ ВОДГЕО, «Ростовводоканалпроект», «МосводоканалНИИпроект»), Главгосэкспертизы, а также ведущего российского производителя УФ-систем НПО «ЛИТ» в нашей стране накоплен большой практический опыт применения технологии УФ-обеззараживания воды.

В России действует более 20 УФ-станций обеззараживания сточных вод производительностью более 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в том числе на очистных сооружениях: Новолипецкого металлургического завода (90 тыс. м<sup>3</sup>/сут); ОАО «АНХК» г. Ангарска (250 тыс. м<sup>3</sup>/сут); ОАО «АвтоВАЗ» г. Тольятти (290 тыс. м<sup>3</sup>/сут); Юго-Западных очистных сооружений Санкт-

Петербурга (330 тыс. м<sup>3</sup>/сут); о. Голодный в Волгограде (458 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

В 2007 г. введен в эксплуатацию самый крупный в мире блок УФ-обеззараживания сточных вод на Люберецких очистных сооружениях Москвы (максимальная производительность 1,35 млн. м<sup>3</sup>/сут). Выполнены проекты для Северной станции аэрации в Санкт-Петербурге (1,25 млн. м<sup>3</sup>/сут), Курьяновских очистных сооружений Москвы (3 млн. м<sup>3</sup>/сут).

Как указывалось выше, технология УФ-обеззараживания находит все более широкое распространение в схемах подготовки питьевой воды. В зависимости от поставленных задач и технологической схемы УФ-облучение может использоваться в различных точках технологической цепи. В России накопился значительный положительный опыт применения ультрафиолета в системах централизованного водоснабжения, а по ряду позиций в реализации достигнут и приоритет по сравнению с ведущими западными странами.

На предприятиях Западной Европы и США УФ-облучение применяется для достижения требуемой степени защиты от возбудителей паразитарных и вирусных инфекций. Даже при приемлемом качестве воды в водоисточнике и отсутствии в питьевой воде нормируемых индикаторных показателей схема водоподготовки должна обеспечивать удаление вирусов и цист простейших на 3–4 порядка для обеспечения гарантированной безопасности питьевой воды. Учитывая жесткие ограничения по широкому спектру побочных продуктов, достижение такой степени защиты каким-либо одним методом невозможно, поэтому модернизация водопроводных сооружений в этих странах, как правило, происходит по пути

наращивания ступеней очистки и комбинации различных методов обеззараживания. УФ-облучение хорошо вписывается в концепцию множественных барьеров благодаря высокой эффективности в отношении ооцист криптоспоридий (контролю за которыми в Европе и США уделяется большое внимание) и отсутствию образования побочных продуктов. Даже в многоступенчатых схемах очистки, включающих сорбцию и (или) мембранную фильтрацию и обратный осмос, УФ-облучение применяется в качестве конечного гаранта безопасности воды [11]. По данным «Дегремон Технолоджи», даже по абсолютным финансовым затратам в ближайшие годы в США объем внедрения УФ-технологий на водопроводе опередит объем озоновых технологий, и это с учетом того, что стоимость УФ-метода на 1 м<sup>3</sup> обрабатываемой воды в разы дешевле озонирования [12].

В России имеется уникальный опыт применения УФ-обеззараживания на этапе первичной обработки природной воды, а также на промежуточных стадиях водоподготовки. Первая промышленная станция УФ-обеззараживания питьевой воды была построена в г. Тольятти на водопроводной станции «АвтоВАЗ» по схеме замены первичного хлорирования УФ-облучением. В отличие от традиционного для зарубежья применения УФ-облучения на этапе заключительной обработки воды такая схема требует более тщательного обоснования и интеграции с последующими этапами очистки. Положительный опыт эксплуатации этой станции в течение более 10 лет способствовал принятию аналогичной схемы и в ряде других городов: Самара, Отрадный, Жигулевск, Уфа и др.

Выбор места размещения станции УФ-обеззараживания зави-

сит от многих факторов, которые необходимо оценивать комплексно для каждого объекта. Например, в г. Череповце на одной из водопроводных станций этап УФ-облучения размещен после осветления на рециркуляторах, перед подачей воды на фильтры, а на другой станции – непосредственно перед подачей в сеть [13].

В рекордно короткие сроки (всего за 5 лет) в России был реализован крупнейший в мире проект системы УФ-обеззараживания питьевой воды для Санкт-Петербурга. Комплекс УФ-станций, охватывающий водоснабжение мегаполиса и его пригородов, имеет максимальную производительность свыше 5,5 млн. м<sup>3</sup>/сут. Аналогичный проект, разработанный для Нью-Йорка, будет введен в эксплуатацию в 2010–2012 годах.

Новым для России и динамично развивающимся на Западе является применение ультрафиолета в сочетании с окислителями (перекись водорода или озон). Так называемый метод глубокого окисления используется для удаления трудно окисляемых антропогенных примесей. В этом случае ультрафиолет воздействует на H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> либо O<sub>3</sub>, предварительно растворенные в воде, генерируя радикал OH<sup>•</sup>. Другим перспективным направлением УФ-облучения является фотокатализ. Большое количество научно-технологических работ по фотокатализу в воде ориентировано на применение диоксида титана совместно с УФ-облучением [14].

УФ-обеззараживание широко используется в различных отраслях: пищевая промышленность, оборотное водоснабжение, фармакологическая и электронная промышленность, рыбозаводство и т. д. [15]. Основными направлениями совершенствования УФ-аппаратов, комплексов и станций на их основе являются:

максимальная автоматизация, улучшение гидродинамики и достижение максимально возможных показателей УФ-источников (КПД, мощность, ресурс).

Российская компания НПО «ЛИТ» занимается ультрафиолетовым обеззараживанием с 1990-х годов, когда интерес к этому методу вновь начал набирать силу. Разрабатываемые и производимые УФ-установки не уступают лучшим западным аналогам, что позволяет доминировать отечественному оборудованию на рынках СНГ и успешно экспортироваться за рубеж. С 2005 г. НПО «ЛИТ» по объемам продаж и производства вошло в тройку мировых лидеров в этой области и развивает свои позиции в Азии, Восточной и Западной Европе. Активно продолжаются научно-технологические работы с отраслевыми институтами, продвигая УФ-технологии на объекты ведущих Водоканалов России. Все это позволяет надеяться на сохранение российской отраслью водопроводно-канализационного хозяйства лидирующих позиций в мире в этой технологической области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загорский В. А., Козлов М. Н., Данилович Д. А. Методы обеззараживания сточных вод // Водоснабжение и сан. техника. 1998. № 2.
2. Jejanayagam S., Pirnie M. The Links between Water and Wastewater Disinfection: The Past, Present, and Future // IUVA News. 2003. Nov. № 5 (4).
3. Rongjing X. Ultraviolet Technology in Water Reclamation from Secondary Effluent: a Perspective from the Tropical Environment // IUVA News. 2005. Dec. № 7 (4).
4. Ultraviolet (UV) disinfection for wastewater reuse. In Wastewater Reclamation and Reuse / F. J. Loge, J. L. Darby, G. Tchobanoglous, D. Swartzal: T. Asano, Ed. – Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, PA, 1998.
5. МУ 2.1.4.719-98. Санитарный надзор за применением ультра-

- фиолетового излучения в технологии подготовки питьевой воды. – Минздрав России, 1998.
6. МУ 2.1.5.732-99. Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением. – Минздрав России, 1999.
7. МУ 2.1.2.694-98. Использование ультрафиолетового излучения при обеззараживании воды плавательных бассейнов. – Минздрав России, 1998.
8. МУ 3.2.1757-03. Санитарно-паразитологическая оценка эффективности обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением. – Минздрав России, 2003.
9. МУК 4.3.2030-05. Санитарно-вирусологический контроль эффективности обеззараживания питьевых и сточных вод УФ-облучением.
10. МУ 2.1.5.1183-03. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий. – Минздрав России, 2003.
11. A w a d J. UV Disinfection Synergy with Ultrafiltration. – (CD-ROM) Proceedings 3rd International Congress on Ultraviolet Technologies, Wistler. – Canada, International Ultraviolet Association. May 24–27, 2005.
12. Алексеева Л. П., Драгинский В. Л. Озонирование в технологии очистки природных вод // Водоснабжение и сан. техника. 2007. № 4.
13. Результаты внедрения современных способов обеззараживания питьевой воды на очистных сооружениях Череповца / С. Н. Ильин, М. Н. Новиков, Ю. И. Нефедов, В. В. Малышев // Питьевая вода. 2004. № 4.
14. Sarathy S. R., Mohseni M. An Overview of UV-based advanced oxidation processes for drinking water treatment // IUVA News. Jun. 2006. № 8 (2).
15. Worobo R., Harman Ph. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies. Ultraviolet Light. – U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. June 2, 2000.

**С. В. КОСТЮЧЕНКО,**  
канд. физ.-мат. наук,  
генеральный директор НПО «ЛИТ»