

НОВАЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ



А.Н. Лукьянов, к.т.н.
генеральный директор
ООО «Аквалогика»

Основными источниками централизованного питьевого водоснабжения в большинстве регионов России являются поверхностные водоемы, загрязнение которых постоянно возрастает. На фоне некоторого снижения объема валового сброса сточных вод отмечается тенденция увеличения удельного веса сброса неочищенных стоков. Из-за крайне неудовлетворительного состояния канализационных коллекторов и нарушения в большинстве случаев режима обеззараживания стоков, сбрасываемых предприятиями коммунального хозяйства, резко выросло микробное загрязнение поверхностных водоемов.



В то же время, исследования показали, что загрязненность воды является причиной заболеваемости населения примерно на 40 %. По данным ВОЗ, инфекционная заболеваемость населения планеты, связанная с водоснабжением, достигает 500 млн случаев в год. Положение усугубляется тем, что из-за сильной изношенности сетей вода в них подвергается вторичному загрязнению, что требует ее дополнительной очистки и обеззараживания. Еще хуже положение с централизованным водоснабжением населения в сельской местности.

В связи с этим актуальным является вопрос внедрения новых высокоэффективных технологий для обеззараживания воды в системах централизованного питьевого водоснабжения.

Рассмотрим основные применяемые в России и за рубежом методы обеззараживания воды.

1) Наиболее распространенный метод (больше 50 % мирового рынка) использует для обеззараживания воды химические реагенты — хлор или хлорсодержащие соединения. Несмотря на то, что хлорирование используется во многих странах мира в течение многих лет, метод имеет несколько отрицательных моментов, главные из которых следующие:

- токсичность (исследования показали, что некоторые используемые химикаты убивают бактерии в воде, только создавая побочные канцерогенные соединения);
- неспособность очистить воду от некоторых форм опасных бактерий, например, *Cryptosporidium*. Более подробный перечень устойчивых к хлору патогенных микроорганизмов представлен в таблице 1;
- используемые химикаты, например, чистый хлор, сами по себе опасны в обращении и могут быть источником вреда для окружающей среды.

- 2) Вторая из рассматриваемых технологий — технология озонирования, является весьма эффективной и в настоящее время достаточно широко используется, в основном, в пищевой промышленности. Очень часто озонирование называют экологически чистым способом обеззараживания, и даже Институт гигиены имени Эрисмана рекомендовал её для использования на предприятиях пищевой промышленности. Однако опыт практического использования данной технологии на предприятии «Московский водоканал» (А. Б. Кожевников, О. П. Петросян, Современные системы водоподготовки станций централизованного водоснабжения, «СтройПРОФиль») показал, что эта технология приводит к образованию большого числа побочных продуктов в воде, основными из которых являются альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и другие соединения. Кроме того, технология озонирования характеризуется высокими эксплуатационными затратами, обусловленными её высокой энергоёмкостью, сложностью технического обслуживания и необходимостью наличия ряда дополнительных систем, например, УФ-системы деструкции озона.
- 3) Менее распространенный метод обеззараживания воды — микрофильтрация. Хотя он более эффективен, чем химическая дезинфекция, капитальные и, особенно, эксплуатационные затраты при его применении значительны из-за высоких требований к обслуживанию — фильтры необходимо постоянно очищать и менять очень часто. К тому же, системы фильтрации требуют поддержания высокого давления очищаемой воды, что приводит к росту энергопотребления системы.
- 4) Четвертый, он же наиболее передовой, метод дезинфекции воды — УФ-обеззараживание. УФ системы, как правило, не потребляют много электроэнергии и они безопасны для окружающей среды и человека.

Таблица 1

Примеры микроорганизмов, стойких к хлорированию и низким дозам УФ излучения

Виды микроорганизмов	Обычные УФ системы (низкая доза УФ)		Хлорирование (активный Cl-)	
	Мах. доза 40 мДж/см ²	Реальная доза 10-25 мДж/см ²	Мах. концентрация 5-10 ppm	Питьевая вода 0.5 ppm
	(max. Log.Inact.)	(max. Log.Inact.)	(max. Log.Inact.)	(max. Log.Inact.)
БАКТЕРИИ				
Vac. subtilis (споры)	2	1,5	1	Нет эффекта
Vac. cereus (споры)	2	1,5	1,5	1
SRB (sulfate reduce. bact.)	1	1,5	0,5	Нет эффекта
Deinococcus radiodurans	1,5	1	1,5	1
Vac.pumillus	1	1	1,5	Нет эффекта
Ps.aeruginisa	3	1,5	1	Нет эффекта
ГРИБКИ/ПЛЕСЕНЬ				
Asp.niger	Нет эффекта	Нет эффекта	2	Нет эффекта
Penicillum expansium	3	1,5	2	Нет эффекта
Saprolenia spp.	Нет эффекта	Нет эффекта	Нет эффекта	Нет эффекта
Sacch.servisia (споры)	3	2	2	Нет эффекта
ВИРУСЫ				
Adenovirus	1	Нет эффекта	Нет эффекта	Нет эффекта
Coxsackievirus	2	1	0,5	Нет эффекта
Enterovirus	1,5	Нет эффекта	1	Нет эффекта
Poliovirus	Нет эффекта	Нет эффекта	1	Нет эффекта
MS2 bacteriophage	1,5	1	Нет эффекта	Нет эффекта
FRNA bacteriophage	1,5	0,5	Нет эффекта	Нет эффекта
ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ				
Cryptosporidium parvum	3	1,5	Нет эффекта	Нет эффекта
Gargia lamblia	3	1	Нет эффекта	Нет эффекта
Gardia muris	Нет эффекта	Нет эффекта	Нет эффекта	Нет эффекта
НЕМАТОДЫ				
Trichinella spiralis	1,5	Нет эффекта	1	Нет эффекта

Примечание: В качестве низкой дозы УФ излучения была взята стандартная доза (Европейский стандарт) обычной системы для ультрафиолетового обеззараживания (40 мДж/см²). В действительности реальная доза у таких систем еще меньше.



Тем не менее ряд проблем ограничивает использование этой технологии и ее повсеместное принятие. Существующие УФ системы используют УФ лампы, непосредственно погруженные в воду. Это, в свою очередь, приводит к нескольким проблемам:

- неравномерное рассеивание УФ лучей, которое приводит к снижению качества дезинфекции;
- сравнительно невысокая доза УФ излучения, характерная для традиционных УФ ламп низкого давления. В частности, многие патогенные микроорганизмы практически не дезактивируются при характерных для традиционного УФ оборудования дозах (см. таблицу 1);
- локальное увеличение температуры около погруженной в воду лампы, которое ведет к увеличению энергетических затрат;
- сложность технического обслуживания УФ систем с погруженными в поток УФ лампами.

Применение УФ-облучения позволяет полностью избавиться от побочных продуктов обеззараживания, что является его несомненным достоинством. Но на сегодня его промышленное применение осложняется отсутствием возможности оперативного контроля эффективности обеззараживания воды.

Для сравнения различных технологий обеззараживания воды удобно использовать диаграмму (рис. 1), на которой вертикальная ось показывает степень обеззараживания воды, характерную для той или иной техно-

логии, а горизонтальная ось — затраты или, другими словами, стоимость той или иной технологии.

Рассмотрение данных, представленных на рис. 1, показывает, что можно выделить две характерные группы среди представленных технологий. К первой группе относятся технологии пастеризации, озонирования и микрофилтрации. Эти технологии характеризуются высокой степенью обеззараживания, но одновременно являются наиболее затратными. Например, технология пастеризации позволяет получить практически стерильную воду, но из-за своей большой энергоемкости является очень затратной.

Ко второй группе можно отнести технологию обработки хлорсодержащими химикатами и традиционную УФ-технологию. Они характеризуются сравнительно небольшими затратами, но, при этом, эффективность обеззараживания является ограниченной. Поэтому актуальной является задача разработки новых технологий, позволяющих получить высокую степень обеззараживания воды при сравнительно низких затратах.

Данная задача была успешно решена специалистами компании Atlantium Technologies из Израиля в 2005 году, когда была разработана новая технология гидрооптического обеззараживания (ГОО) воды. Взяв за основу ультрафиолетовое излучение, технологическое решение компании Atlantium эффективно использует передовые технологии и принципы волоконной оптики для преодоления основных недостатков традиционных методов дезинфекции воды.

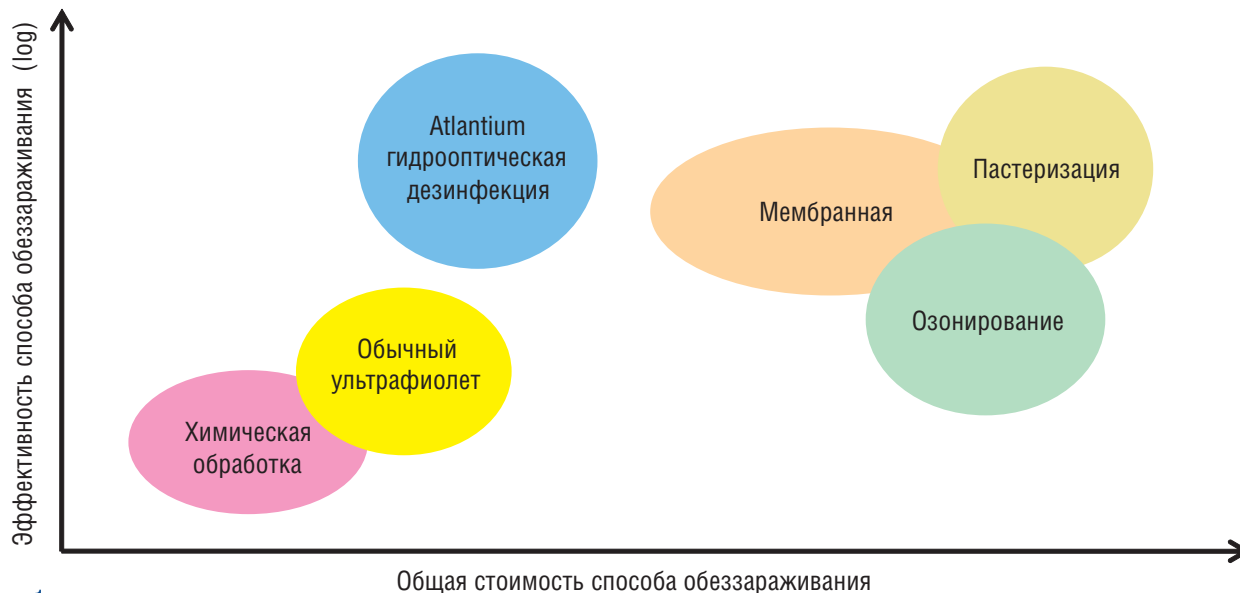


Рис. 1

Если посмотреть на место новой технологии гидрооптического обеззараживания воды на диаграмме (рис. 1), то не трудно заметить, что она сочетает в себе высокую эффективность, характерную для таких технологий, как микрофльтрация и озонирование, со сравнительно небольшими затратами, соизмеримыми с традиционной УФ-технологией. Рассмотрим, за счет чего было получено такое уникальное сочетание эксплуатационных характеристик.

Поперечный разрез установки для гидрооптического обеззараживания воды и принцип действия системы представлены на рис. 2.

Вода подается через входной патрубок, проходит через входной коллектор и далее поступает непосредственно в реактор, выполненный в виде цилиндрической трубы из кварцевого стекла. При прохождении воды через реактор на нее воздействует высокоинтенсивное УФ излучение, получаемое от двух источников УФ излучения, размещенных на торцах реактора. После прохождения реактора вода попадает в выходной коллектор и далее через выходной патрубок выводится из установки. Размещенные в торцах реактора УФ лампы отделены от водяной

полости кварцевыми окнами и снабжены специальными отражателями и системой автономного охлаждения. Интенсивность УФ излучения контролируется двумя УФ датчиками, один из которых размещен непосредственно у источника УФ излучения, а второй измеряет излучение, проходящее через слой воды.

Основным преимуществом данной конструкции является возможность использования специальных УФ ламп среднего давления и высокой эффективности, мощность которых более чем на порядок превышает мощность источников излучения, применяемых в традиционных УФ установках. Кроме того, за счет применения специальных отражателей и эффекта внутреннего отражения УФ излучения от стенок кварцевого реактора, достигается равномерное распределение УФ излучения по поперечному сечению воды, в результате чего происходит гарантированная обработка одинаково высокой дозой облучения всего объема воды, проходящего через реактор. Более того, в новой технологии используются УФ лампы среднего давления, спектр излучения которых имеет намного более сильный бактерицидный эффект, чем у традицион-

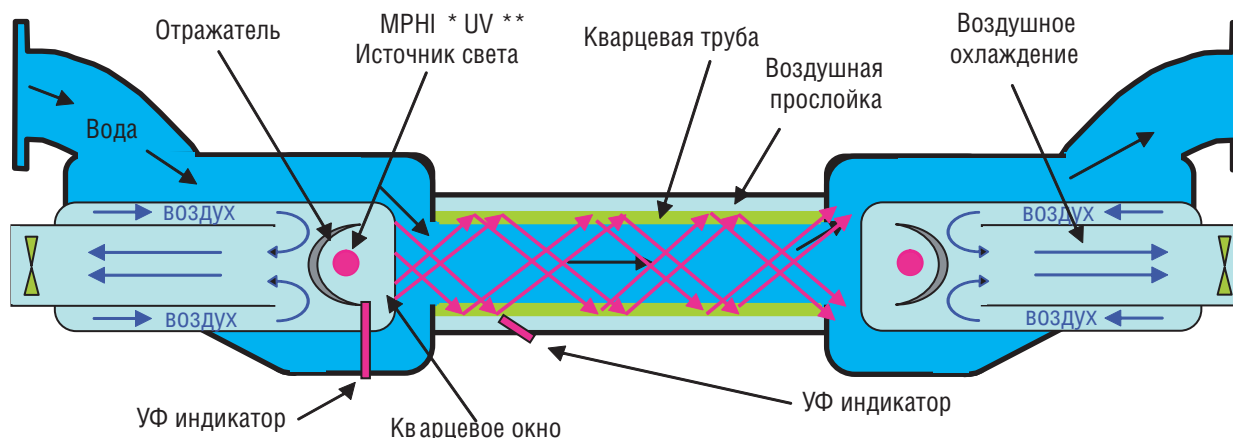


Рис. 2

* Среднее Давление Высокая Интенсивность

** Ультрафиолет

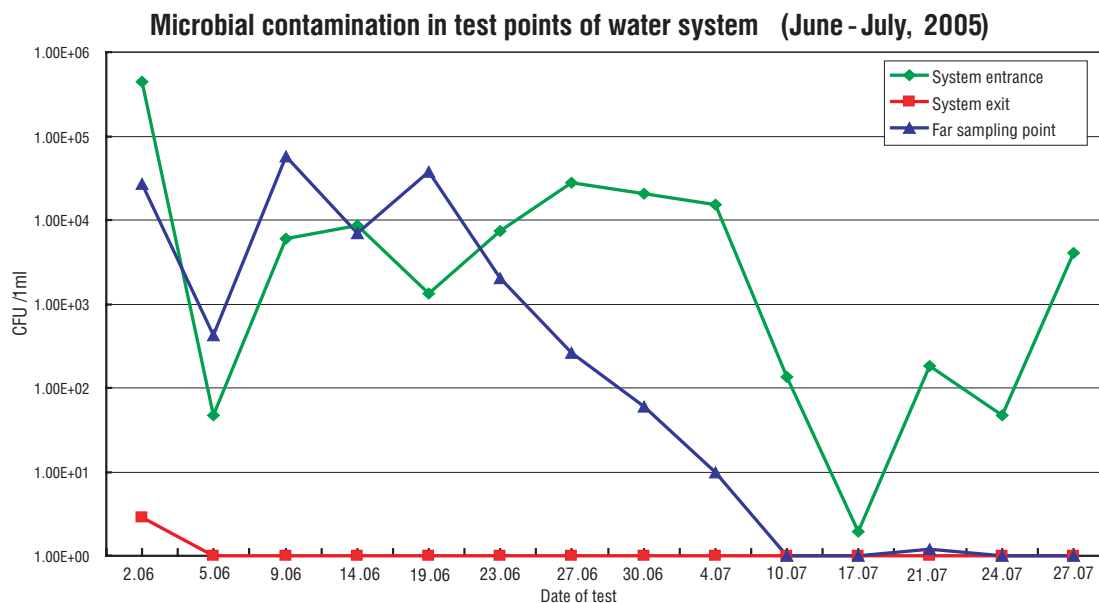


Рис. 4

ных УФ ламп низкого давления. Соответственно, за счет вышеперечисленных факторов достигается очень высокая эффективность обеззараживания (в предлагаемом варианте 5-6 log), эквивалентная эффективности обеззараживания при использовании таких технологий, как озонирование, микрофильтрация или пастеризация.

Другим важным преимуществом данной конструкции, в которой кварцевые лампы вынесены за пределы потока воды, является простота эксплуатации и технического обслуживания. В частности, практически отсутствует нагрев водяного потока и образование накипи на кварцевых стеклах, а также их биообрастание (за счет очень высокой интенсивности УФ излучения). Таким образом, отсутствует необходимость регулярной разборки и очистки реактора. Кроме того, расположение УФ ламп за пределами потока воды значительно упрощает техническое обслуживание системы и, в частности, операция по замене УФ лампы занимает от 5 до 10 минут времени и может происходить без остановки работы системы.

Третьим существенным преимуществом данной системы является наличие двух датчиков УФ излучения и современной системы управления, что позволяет постоянно контролировать эффективность обеззараживания и автоматически поддерживать параметры рабочего процесса вне зависимости от изменения внешних факторов.

В качестве примера использования новой технологии можно привести систему обеззараживания воды, введенную 4 года назад на крупнейшем молокоперерабатывающем заводе на Ближнем Востоке Tnuva.

Изначально для обеззараживания воды на заводе Tnuva использовались хлорсодержащие химикаты (гипохлорид натрия), однако эффективность обеззараживания в этом случае была низка. Для решения этой проблемы вместо хлорирования были установлены 3 установки ГОО общей производительностью 300 куб. метров воды в час. Замена химической обработки на технологию гидрооптического обеззараживания позволила радикально повысить

качество воды. В частности, на рис. 4 представлены данные специальных микробиологических исследований, которые производились в течение нескольких недель после внедрения новой технологии. По вертикальной оси на рис. 3 отложено значение общего микробного числа (ОМЧ) в 1 мл воды, а по горизонтальной оси — даты взятия проб. Зеленая кривая на рис. 1 показывает изменение микробиологических показателей воды на входе в установку для обеззараживания, красная кривая — на выходе из установки обеззараживания, а синяя кривая — в так называемой удаленной точке, расположенной на расстоянии 500 м от установки обеззараживания ниже по потоку.

Из рассмотрения представленных на рис. 4 данных видно, что поступающая на завод Tnuva вода имеет определенное микробиологическое загрязнение (зеленая кривая), которое изменяется с течением времени и в определенные моменты времени может достигать существенных значений. В то же время после установок обеззараживания (красная кривая) микробиологическое загрязнение практически равно нулю независимо от изменения показателей воды на входе. Интересно посмотреть, как изменяются микробиологические показатели воды в удаленной точке, расположенной на расстоянии 500 м ниже по потоку. Видно, что вначале там отмечалось некоторое значение ОМЧ, обусловленное остаточным микробиологическим загрязнением трубы. Однако с течением времени эта величина постепенно уменьшалась и приблизительно через 5 недель стала также практически равна нулю. Такое изменение показателей воды в удаленной точке можно объяснить постепенным вымыванием остаточного микробиологического загрязнения в трубе за счет подачи чистой воды.

В настоящее время технология гидрооптического обеззараживания воды широко используется в США, Германии, Франции, Италии, Испании, Греции, Австралии, Китае и др. В России внедрением новой технологии занимается компания «Аквалогика», являющаяся официальным представителем Atlantium Technologies.