

## УФ-ОБЛУЧЕНИЕ КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

*Горбенко О.О.*

*Московский государственный университет инженерной экологии  
Обеззараживание питьевой воды имеет важное значение в  
общем цикле очистки воды и почти повсеместное применение.  
Использование для питья подземной и поверхностной воды в  
большинстве случаев невозможно без обеззараживания.  
Наиболее эффективным методом обеззараживания при очистке  
воды является ультрафиолетовое облучение.*

Двадцатое столетие характеризуется интенсивным ростом населения Земли, развитием урбанизации. Появились города-гиганты с населением более десяти миллионов человек. Развитие промышленности, транспорта, энергетики, индустриализация сельского хозяйства привели к тому, что антропогенное воздействие на окружающую среду приняло глобальный характер. Повышение эффективности мер по охране окружающей среды связано прежде всего с широким внедрением ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологических процессов, уменьшением загрязнения воздушной среды и водоемов.

Охрана окружающей среды представляет собой весьма многогранную проблему, решением которой занимаются, в частности, инженерно-технические работники практически всех специальностей, которые связаны с хозяйственной деятельностью в населенных пунктах и на промышленных предприятиях, которые могут являться источником загрязнения в основном воздушной и водной среды.

Водоотводящие системы и сооружения - это один из видов инженерного оборудования и благоустройства населенных пунктов, жилых, общественных и производственных зданий, обеспечивающих необходимые санитарно-гигиенические условия труда, быта и отдыха населения. Системы водоотведения и очистки состоят из комплекса оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для приема и удаления по трубопроводам бытовых производственных и атмосферных сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед сбросом в водоем или утилизацией.

Объектами водоотведения являются здания различного назначения, а также вновь строящиеся, существующие и реконструируемые города, поселки, промышленные предприятия, санитарно-курортные комплексы и т.п.

Сточные воды – воды, загрязнённые бытовыми отбросами и производственными отходами и удаляемые с территорий населённых мест и промышленных предприятий системами канализации. К сточным относят также воды, образующиеся в результате выпадения атмосферных

осадков в пределах территорий населённых пунктов и промышленных объектов. Содержащиеся в сточных водах органические вещества, попадая в значительных количествах в водоёмы или скапливаясь в почве, могут быстро гнить и ухудшать санитарное состояние водоёмов и атмосферы, способствуя распространению различных заболеваний. Поэтому вопросы очистки, обезвреживания и утилизации сточных вод являются неотъемлемой частью проблемы охраны природы, оздоровления окружающей человека среды и обеспечения санитарного благоустройства городов и других населённых мест.

Известно, что в сточных водах, даже прошедших все этапы традиционной очистки, содержатся патогенные бактерии. Это может привести к инфицированию людей, контактирующих со сточными водами. Содержание патогенных бактерий может достигать десятков тысяч клеток на 1л сточных вод. Патогенные микроорганизмы не удаляются полностью в процессе очистки: даже в очищенных сточных водах после вторичных отстойников могут присутствовать, например, сальмонеллы. В распространении кишечных инфекций водный путь передачи, в ряде случаев, имеет не меньшее значение, чем пищевой фактор, и может приводить к вспышкам заболеваний.

В сточных водах кроме патогенных бактерий присутствуют и вирусы. В настоящее время известно, что в сточных водах могут встречаться более 110 патогенных для человека вирусов.

Сточные воды, содержащие патогенную микрофлору, попадая в водоёмы, инфицируют их и делают небезопасными в эпидемиологическом отношении. Так, по данным ВОЗ, уже в 70-х годах структура заболеваемости двух третей населения земного шара свидетельствовала о явном преобладании инфекционных заболеваний, обусловленных загрязнением водоёмов. Очень часто загрязнение поверхностных водоёмов сточными водами приводило к распространению таких заболеваний, как холера, дизентерия и др.

Не меньшую опасность представляет попадание сточных вод в подземные водоносные горизонты, которые используются в качестве источников хозяйственно-питьевого, особенно децентрализованного, водоснабжения. Выпуск сточных вод в поверхностные водоёмы также создает риск заражения во время купания при интенсивном бактериальном заражении водной флоры и фауны.

Еще большее значение обеззараживания сточных вод приобретает в связи с возрастающим дефицитом водных ресурсов и необходимостью использования технических нужд очищенных сточных вод. Заражение человека патогенными микроорганизмами при его случайном контакте с водой оборотного водоснабжения.

В отношении обеззараживания сточных вод СанПиН 4630-88 «Охрана поверхностных вод от загрязнения» указывает: «Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний. Сточные воды, опасные в эпидемиологическом отношении, могут сбрасываться в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания до колииндекса не более 1000 КОЕ/л.»

Наиболее перспективным в этих условиях промышленным методом является обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением. Применение УФ-метода для обеззараживания в системах очистки сточных вод оптимально решает возникшие проблемы. УФ-облучение обладает высокой эффективностью по отношению к патогенным микроорганизмам.

Действие УФ на разные типы микроорганизмов имеет одинаковую природу. Принцип УФ-обеззараживания заключается в прямом воздействии излучения на нуклеиновые кислоты, входящие в состав ДНК и РНК всех живых организмов. Уже в первых работах по исследованию воздействия УФ-излучения на микроорганизмы был обнаружен оптимум длин волн для уничтожения бактерий, находящийся в области 250 – 266 нм. Действие ультрафиолета на разные типы микроорганизмов имеет одинаковую природу. Входящие в состав ДНК пиридиновые основания - тимин и цитозин, отличающиеся высокой фотохимической активностью в области 250 - 280 нм, образуют под воздействием облучения сшивки (димеры). Этот фотопродукт обнаружен при использовании коротковолнового УФ-излучения в биологических дозах у самых различных объектов. Многочисленные факты свидетельствуют об определяющей роли димеров в летальном, мутагенном и других эффектах УФ-излучения. При этом внешняя структура микроорганизма оказывает минимальное влияние на эффективность УФ-излучения. Ультрафиолетовое облучение является летальным для большинства микроорганизмов, в том числе и для устойчивых к окислительным методам вирусов и цист простейших.

Ультрафиолетовые лучи длиной волн 220-280 нм действуют на бактерии губительно, причем максимум бактерицидного действия соответствует длине волн 260 нм. Данное обстоятельство используется в бактерицидных установках. Источником ультрафиолетовых лучей является ртутно-аргонная или ртутно-кварцевая лампа, устанавливаемая в кварцевом чехле в центре металлического корпуса. Чехол защищает лампу от контакта с водой, но свободно пропускает ультрафиолетовые лучи.

В таблице приведена зависимость степени обеззараживания от различных доз облучения [степень обеззараживания — это десятичный логарифм или количество порядков отношения исходной и конечной концентрации микроорганизмов  $\lg(N_0/N)$ ]. Для вирусов доза облучения 16 мДж/см<sup>2</sup> обеспечивает снижение на 1,8-2,9 порядка, достижение более значительной степени обеззараживания обеспечивается дозой 40 мДж/см<sup>2</sup> (более 4 порядков). Доза облучения 80 мДж/см<sup>2</sup> инактивирует цисты на 1-4 порядка.

Таблица

| Микроорганизм          | Степень обеззараживания при дозе УФ-облучения, мДж/см <sup>2</sup> |         |     |
|------------------------|--|---------|-----|
|                        | 16   | 40      | 80  |
| <b>Бактерии</b>        |  |         |     |
| Aeromonas hydrophila   | >6   | >6      | >6  |
| Campylobacter jejuni   | >6   | >6      | >6  |
| Clostridium tetani     | 1,8  | 4,4     | >6  |
| Escherichia coli       | 6  | >6      | >6  |
| Enterococcus           | 1,6  | 4       | 8   |
| Fecal Coliform         | >6   | >6      | >6  |
| Fecal Streptococcus    | 1,6  | 4       | 8   |
| Pseudomonas aeruginosa | >6   | >6      | >6  |
| Salmonella paratyphi   | 5  | >6      | >6  |
| Salmonella typhi       | >6   | >6      | >6  |
| Shigella dysenteriae   | >6   | >6      | >6  |
| Shigella flexneri      | >6   | >6      | >6  |
| Vibrio cholerae        | >6   | >6      | >6  |
| <b>Вирусы</b>          |  |         |     |
| Hepatitis A            | 2,9  | >4      | >4  |
| Coliphage              | 4,4  | >4      | >4  |
| Coliphage MS-2         | 0,7  | 1,7     | 3,5 |
| Coxsackie              | 2,7  | >4      | >4  |
| Poliovirus             | 2,1  | >4      | >4  |
| Rotavirus              | 1,8  | >4      | >4  |
| <b>Простейшие</b>      |  |         |     |
| Giardia lamblia        | 0,19   | 0,49    | 1,5 |
| Cryptosporidium parvum | —  | 4 (0,1) | —   |

Обеззараживание происходит во время протекания воды в пространстве между корпусом и чехлом при непосредственном

воздействию ультрафиолетовых лучей на микробы. Поэтому наличие в воде взвешенных веществ, поглощающих световое излучение, снижает эффективность обеззараживания. Необходима также постоянная чистка наружной поверхности кварцевого чехла от осаждающегося осадка. Для этого имеются продольные щетки, которые приводятся в движение поршневым механизмом.

Ультрафиолетовое излучение действует мгновенно, поэтому контактные бассейны не нужны. В то же время излучение не придает воде остаточных бактерицидных свойств, а также запаха или привкусов.

Бактерицидная установка не нуждается в реагентах, она компактна, управление ее работой можно легко автоматизировать.

В отличие от применения химических реагентов процесс облучения абсолютно не изменяет вкусовых качеств воды. УФ-облучение не образует побочных продуктов реакции, его доза может быть увеличена до значений, обеспечивающих эпидемиологическую безопасность, как по бактериям, так и по вирусам. Этот вид излучения обладает энергией, достаточной для воздействия на химические связи, в том числе и на живые клетки. Поглощаясь внутри микроорганизмов молекулами ДНК и РНК, оно вызывает фотохимические изменения в их структуре. Также известно, что УФ-облучение действует на вирусы намного эффективнее, чем хлор.