

Государственный комитет
санитарно-эпидемиологического надзора
Российской Федерации

Московский ордена
Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский
институт гигиены
им. Ф. Ф. Эрисмана

141000, г. Мытищи, Московской обл.,
ул. Семашко, д. 2. Тел. 586-11-44

от 5.06.96г. № 06-126
на № _____ от _____

Заместителю директора
НПО "ЛИТ" по науке
и производству
С. В. Костюченко

105023, г. Москва,
ул. Краснобогатерская, 5

Московский НИИ гигиены направляет в Ваш адрес "Гигиеническое заключение о современных представлениях использования ультрафиолетового излучения для обеззараживания питьевой воды".

Приложение: упомянутое, на 9 стр. машинописи, в 2 экз.

Директор института,
академик РАМН



А. И. Потапов

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о современных представлениях использования ультрафиолетового излучения для обеззараживания питьевой воды

Одной из основных задач коммунального водоснабжения является создание барьера на пути возможной передачи кишечных инфекций через воду путем ее обеззараживания. Требования обеспечения безопасности питьевой воды в эпидемиологическом отношении содержатся в водно-санитарных законодательствах всех развитых стран мира.

Из числа известных методов обеззараживания питьевой воды в силу определенных гигиенических, технических и экономических позиций широкое применение имеет хлорирование.

Однако в последнее время данный метод обеззараживания подвергается серьезной критике. В первую очередь это связано с образованием в воде под действием хлора токсичных хлорорганических соединений, многие из которых являются канцерогенами и мутагенами. Кроме того, применение хлора и его производных на практике часто приводит к изменению органолептических свойств воды (появление хлорного запаха на уровне 3-4 баллов; специфических запахов и привкусов, возникающих как результат взаимодействия хлора с присутствующими в воде примесями типа фенолов природного или антропогенного происхождения).

Следует иметь ввиду высокую коррозионную активность хлорированной воды, что имеет прямое отношение к санитарной надежности питьевого водопользования.

Высокая токсичность хлора создает опасность для проживания населения на территориях, прилегающих к очистным сооружениям.

Хлорирование предполагает периодическую доставку реагентов, использование сложных в эксплуатации хлораторных установок.

Объективно, из-за опасности возникновения аварийных ситуаций,

продолжают повышаться требования безопасности и надежности на хлораторные установки водоочистных сооружений, особенно в городах и на крупных промышленных объектах (СанПиН 2.1.4.027-95; ПБХ-93).

Вышеизложенное определяет актуальность промышленного внедрения новых альтернативных хлорированию технологий обеззараживания питьевой воды.

В условиях возрастающего загрязнения поверхностных и подземных водоисточников, в мире имеет место использование озона для подготовки питьевой воды, в том числе и обеззараживания.

Озон обладает сильным дезинфицирующим действием в отношении бактерий и вирусов. Он эффективен для снижения цветности, устранения запахов и привкусов, окисления органических загрязнений.

В то же время при озонировании, как и при хлорировании, возможно образование продуктов, классифицируемых как токсичные. К ним относятся прежде всего альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, хиноны, фенолы и другие гидроксильированные и алифатические ароматические соединения. Безвредность некоторых продуктов разложения органических веществ, образующихся в результате озонирования, до настоящего времени окончательно не установлена.

Частичная деструкция под действием озона как органических загрязнений, так и природных гуминовых соединений приводит к их трансформации из биорезистентной формы в более биоразлагаемую. Это обуславливает появление отложений в резервуарах, распределительной системе и приводит к "повторному" росту микроорганизмов в сети.

Целесообразность применения озона в каждом конкретном случае должна решаться с учетом вышеизложенных фактов, а также с позиций экономической целесообразности.

Альтернативным химическим методам обеззараживания являются безреагентные физические методы, в частности, обеззараживание ультрафиолетовыми лучами.

Этот метод имеет ряд существенных преимуществ перед химическими технологиями, главным из которых является отсутствие изменений состава и свойств обеззараживаемой воды. Исключается образование в воде неприятных запахов и привкусов, характерное при хлорировании, а также токсичных побочных продуктов. Особо следует подчеркнуть отсутствие отрицательного эффекта в случае передозировки при облучении, в отличие от окислительных технологий. К преимуществам обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами следует отнести существенную простоту как самого оборудования, так и его использования.

Эксплуатация бактерицидных установок практически автоматизирована и требует лишь периодического контроля, а также смены 1 раз в год ламп, отработавших свой срок.

Преимуществом метода УФ-облучения является также быстрота процессов обеззараживания. Не требуется и последующего контакта воды с реагентом, который должен быть обязательно обеспечен в случаях использования хлора или озона. Отсутствуют проблемы транспортировки и хранения реагентов, а также опасность, которая может возникнуть в связи с токсичностью последних.

Обеззараживающий эффект бактерицидных лучей в основном обусловлен фотохимическими реакциями, в результате которых происходят необратимые повреждения ДНК. Помимо ДНК УФ-лучи действуют и на другие структуры клеток, в частности, на РНК и проницаемость клеточных мембран. Наибольшим воздействием на бактерии обладают лучи длиной волны от 200 до 295 нм. Максимум бактерицидного действия находится в диапазоне 250-270 нм.

Неприменным условием достижения требуемой (необходимой и достаточной) эффективности УФ обеззараживания воды является точный расчет всех элементов УФ технологии, учитывающий все основные факторы, влияющие на бактерицидный эффект облучения и обеспечивающий его. К таким факторам в первую очередь относятся:

- мощность бактерицидного излучения источников и пути рационального использования их в установках;
- степень поглощения бактерицидного излучения обеззараживаемой водой;
- закономерность отмирания бактерий под действием УФ лучей и стойкость отдельных видов бактерий по отношению к бактерицидным лучам, выраженная количеством бактерицидной энергии, необходимой для прекращения жизнедеятельности этих бактерий.

Относительно источников бактерицидного излучения, можно констатировать наличие современных отечественных бактерицидных ламповых систем с пускорегулирующей аппаратурой, обеспечивающей высокую степень надежности эксплуатации УФ комплексов дезинфекции в целом. Иллюстрацией этому могут быть УФ блоки дезинфекции, разработанные НПО "ЛИТ" совместно с Московским физико-техническим институтом. Данные блоки оснащены современной промышленно выпускаемой ламповой системой типа "ДБ-75". Лампа стандартизована, соответствует типовому ряду; по своим характеристикам (КПД, светоотдача с единицы поверхности) не уступает западным образцам.

На эффективность обеззараживания УФ лучами, как отмечалось выше, в определенной степени оказывают влияние физико-химические показатели качества воды. Дело в том, что УФ излучение поглощается водой и веществами, находящимися в ней как в растворенном, так и взвешенном состоянии. Основное влияние на поглощение оказывает цветность воды, в меньшей степени мутность и содержание железа. Влияние жесткости, рН и температуры очень мало.

Действующие санитарные и строительные нормативные документы (СНиП 2.04.02-84; СП 458-63) допускают применение обеззараживания бактерицидными лучами подземных вод и вод открытых водоемов, при условии доведения их качества по показателям мутности, цветности, содержания железа, до требований действующего стандарта на питьевую воду,

а именно: мутность- не более 1,5 мг/л; цветность- не более 20 град.; содержание железа- не более 0,3 мг/л; коли-индекс- не более 1000.

Следует отметить, что научные проработки последних лет, зарубежный опыт эксплуатации промышленных ультрафиолетовых систем на различных водах, позволили расширить границу возможного использования УФ дезинфекции вод по цветности до 50-60 град.; содержанию взвешенных частиц - до 30 мг/л; железу - до 2-3 мг/л.

Важным моментом, определяющим эффективность обеззараживания УФ лучами, является учет различий в степени устойчивости микроорганизмов к ультрафиолету коротковолновой области. В настоящее время накоплен обширный материал по воздействию УФ на многие виды бактерий. Установлены дозы бактерицидной энергии, необходимой для прекращения жизнедеятельности микроорганизмов.

В таблице (приложение) представлены дозы облучения для некоторых микроорганизмов, обеспечивающие степень дезактивации 99,9%. Имеющиеся в литературе различия в значениях доз инаktivации микроорганизмов объясняются отсутствием стандартных методик для оценки жизнеспособности, использованием различных штаммов одного и того же микроорганизма, трудностями в определении дозы.

Ряд чувствительности микроорганизмов к УФ располагается следующим образом: вегетативные бактерии > вирусы > бактериальные споры > цисты > протозоа.

Для оперативного санитарного и технологического контроля эффективности и надежности обеззараживания воды УФ излучением, как и при хлорировании и озонировании, рекомендуется определение бактерий группы кишечной палочки (БГКП). Данный показатель является основным общепринятым индикатором эпидемиологической безопасности питьевой воды (ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая"). Использование БГКП для контроля качества воды, обработанной УФ-лучами, основывается на том, что основной вид этой группы бактерий- *E. coli* обладает одним из самых высоких

коэффициентов сопротивляемости в общем ряду энтеробактерий, в том числе и патогенных, к данному фактору.

За дозу, необходимую для инактивации бактерий кишечной палочки на порядок, принята доза, равная 3 мДж/кв. см. Экспоненциальный рост степени обеззараживания с увеличением дозы УФ излучения обеспечивает более глубокое обеззараживание, а именно снижение числа *E. coli* на 99% и 99,9% при дозах, соответственно, равных 6 и 9 мДж/кв. см.

В регламентирующих документах ряда стран принято, что для эффективного обеззараживания воды УФ излучением необходимо обеспечить дозу не менее 16 мДж/кв. см. Эта величина была получена в результате обобщения опыта применения УФ технологии на муниципальных очистных сооружениях Западной Европы и Америки. Указанная доза облучения почти в два раза превышает дозу, установленную в качестве бактерицидной для *E. coli* в лабораторных условиях на чистой культуре, что создает необходимый запас прочности. В установках, которые не обеспечивали данный минимум по дозе облучения, отмечалось несоответствие качества воды действующим нормативным требованиям по бактериальным показателям. Возможно этой причиной и объясняется недостаточная эффективность обеззараживания при работе УФ установок "БАКТ" (завод "Коммунальник", г. Москва), ОВ-50 (Загорский машиностроительный завод), которые имеют расчетную дозу облучения, соответственно, 6 и 10 мДж/кв. см.

УФ излучение эффективно и для обеззараживания вирусов (приложение). Кишечная палочка при этом сохраняет санитарно-показательное значение при оценке эффективности УФ обеззараживания в отношении вирусов. Это обусловлено тем, что в научной литературе факт большей устойчивости энтеровирусов в воде, по сравнению с кишечной палочкой, к действию обеззараживающих агентов оценивается с учетом количественного соотношения вирусов и бактерий в воде. Установлено, что при действии УФ лучей та доза и срок экспозиции, которые обеспечивали обеззараживание в отношении кишечной палочки, дадут такой же эффект

и в отношении энтеровирусов в том случае, если содержание их в воде будет не менее, чем в 1000 раз ниже количества кишечных палочек, что соответствует вероятностному соотношению их в природных условиях.

Несмотря на значительные преимущества перед "окислительными", УФ технология в нашей стране до настоящего времени не получила широкого применения. В определенной мере это связано с ограниченным выпуском отечественного технологического оборудования, способного обеспечить приемлимые технико-эксплуатационные и экономические показатели.

Сдерживающими факторами широкого использования УФ технологии обеззараживания воды являлись повышенные требования к физико-химическим показателям качества обрабатываемой воды, а также отсутствие "последствия" лучей, что не позволяет обеспечить пролонгированный обеззараживающий (бактерицидный) эффект в разводящих сетях.

Следует подчеркнуть, что единственным надежным гарантом предупреждения вторичного загрязнения и бактериального заражения питьевой воды может служить **лишь** надлежащее санитарно-техническое состояние водопроводной сети и связанного с ней оборудования (колонки, вантузы, гидранты и др.).

Бытующее определенное время в санитарной практике представление о защитной барьерной роли остаточного хлора против вторичного загрязнения воды в сети не состоятельно. Экспериментальными и натурными исследованиями установлено, что остаточный хлор в концентрациях, регламентируемых ГОСТ "Вода питьевая", не является барьером при вторичном загрязнении питьевой воды, т.к. он не способен обеспечить бактерицидное действие в условиях отсутствия необходимого времени контакта и ухудшения качества воды (увеличения ее хлорпоглощаемости). Учитывая это, ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством" не требует обязательного наличия остаточного хлора в распределительной сети.

При внедрении УФ технологии (впрочем как и других методов обеззараживания /"Рекомендации по технологии хлорирования для устранения биологических факторов ухудшения качества воды в протяженных водоводах", ОНТИ АКХ -М, 1982/) в системах с протяженными групповыми водоводами целесообразно осуществлять процесс УФ обеззараживания как перед подачей воды в сеть (после очистных сооружений, накопительных резервуаров, насосных станций), так и непосредственно перед потребителем (разводящая сеть).

Таким образом, научные проработки проблемы, практическая эффективность обеззараживания воды, отсутствие отрицательных побочных эффектов УФ излучения, наличие надежных методов технологического и санитарного контроля за процессом, отечественный и зарубежный опыт эксплуатации УФ установок обеззараживания воды, а также серийный выпуск отечественных установок, соответствующих требованиям международных стандартов, позволяют рекомендовать более широкое использование УФ излучения для обеззараживания питьевой воды как из подземных, так и из поверхностных источников водоснабжения, а также в системах групповых водопроводов.

Зав. отделом гигиены воды
Московского НИИ гигиены
им. Ф. Ф. Эрисмана, член-
корр. РАМН, профессор



Ю. В. Новиков

Подпись руки профессора Новикова Ю. В. заверяю.

Ученый секретарь института,
кандидат медицинских наук

05.06.96 год



О. И. Голикова

Приложение

Дозы ультрафиолетового облучения (мДж/кв. см), необходимые для инактивации различных видов микроорганизмов

NN	Вид микроорганизмов	Этиологически обус-	Доза облучения, необ-
n/n		ловленная нозологи-	ходимая для инактива-
		ческая форма	ции 99,9% микроор-
			ганизмов

БАКТЕРИИ

1. <i>Escherichia coli</i>	ОКЗ)*	9,0
2. <i>Proteus vulgaris</i>	ОКЗ	7,8
3. <i>Pseudom. aeruginosa</i>	ОКЗ, конъюнктивиты, отиты	16,5
4. <i>Salmonella enteritis</i>	сальмонеллезы	7,6
5. <i>S. paratyphy</i>	ОКЗ	6,1
6. <i>S. typhosa</i>	брюшной тиф	6,0
7. <i>Shigella flexneri</i>	дизентерия	5,2
8. <i>Sh. dysenteriae</i>	дизентерия	4,2
9. <i>Vibrio cholerae</i>	холера	6,5

ВИРУСЫ

1. Bacteriophage(<i>E. coli</i>)		6,6
2. Virus Poliomyelitis	полиомиелит	6,0
3. Hepatitis virus	вирусный гепатит	8,0

Примечание: ОКЗ - острые кишечные заболевания.