



Изображение от Freeprk

Ультрафиолет И ХЛОРАМИНЫ:

Мифы и реальность

Андрей Ткачев, заместитель генерального директора по маркетингу, НПО «ЛИТ»
Сергей Кожин, к. т. н., начальник проектно-технологического отдела, ООО «Аква Инжиниринг»

Ультрафиолетовое оборудование прочно занимает свое место в технологических схемах водоподготовки как общественных, так и частных бассейнов. В основном УФ-установки применяют для обеззараживания воды и для снижения содержания хлораминов в воде. Интересно отметить, что в профессиональной бассейновой среде есть мнение, что для обеззараживания хороши установки с лампами низкого давления (амальгамные), а вот для снижения содержания хлораминов – установки с лампами среднего давления. Но так ли сильно влияет тип лампы на эффективность? С этим мы и попробуем разобраться.

КОРОТКО О ХЛОРАМИНАХ

Хлорамины в бассейнах образуются при взаимодействии соединений хлора, используемого для обеззараживания

воды, и соединений азота, которые приносятся человеком (пот, моча и т. п.), а также образуются в процессе жизнедеятельности бактерий, находящихся в воде бассейна и вырастающие в колонии на стенках сооружений, оборудованных и особенно в загрузке фильтра. Финальным продуктом их взаимодействия являются монохлорамины (NH_2Cl), дихлорамины (NHCl_2) и трихлорамины (NCl_3), которые способны превращаться друг в друга. Моно- и дихлорамины, насколько сегодня известно, не оказывают вреда здоровью, но их наличие может приводить к образованию вредных веществ, например нитрозаминов. А вот трихлорамин вреден для здоровья, он может вызывать раздражение кожи, глаз, воспаление респираторных путей и, потенциально, астму. Санитарными требованиями нормируется показатель «связанный хлор», включающий все три формы хлораминов.

ВОЗДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТА НА ХЛОРАМИНЫ

Все хлорамины поглощают УФ-излучение с длиной волны от 200 до 300 нм, и здесь следует отметить, что амальгамные лампы низкого давления излучают пик на длине волны 254 нм, а лампы среднего давления – в диапазоне 230–400 нм с определенными пиками, как показано на рис. 1.

Пик поглощения УФ-излучения (и как следствие распада) монохлораминами приходится на 243 нм, что практически совпадает с пиком УФ-излучения ламп низкого давления. Следует отметить, что монохлорамины являются исходным веществом для дальнейших реакций образования ди- и трихлораминов. В то же время, по форме графика излучения ламп среднего давления видно, что не более 30% мощности их излучения в УФ-диапазоне будет приходиться на спектр поглощения монохлорамина.

Согласно литературным данным из трех форм хлораминов в составе соединений связанного хлора наибольшее содержание (около 88%) составляют монохлорамины. Следовательно, максимальное снижение содержания связанного хлора в воде может быть достигнуто путем разложения монохлораминов за счет спектра излучения ламп низкого давления, максимально воздействующего именно на монохлорамины. Возникает вопрос: какой должна быть доза УФ-излучения для эффективного разложения соединений связанного хлора?

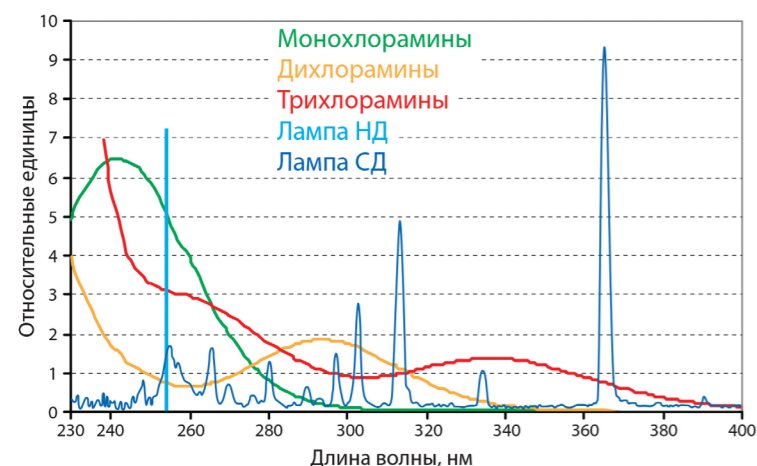


Рис. 1. Спектры поглощения УФ-излучения хлораминами и спектры излучения УФ-ламп низкого давления (НД) и среднего давления (СД)

ИНТЕРЕСНЫЕ НАУЧНЫЕ ДАННЫЕ

Зарубежные лабораторные исследования эффективности УФ-излучения для разложения хлораминов показывают, что разложение моно- и дихлорамина возможно только при огромных дозах облучения: так, для ламп среднего давления требовалась доза около 4000 мДж/см² для снижения концентрации монохлорамина на 50% и для дихлорамина — около 1000 мДж/см². Лампы низкого давления показали лучшие результаты: снижение концентрации моно- и дихлораминов на 50% достигалось при дозе около 750 мДж/см², но и эти дозы в десятки-сотни раз выше, чем традиционные дозы 16–40 мДж/см², которые требуются для обеззараживания воды согласно нормативным требованиям.

Зарубежные данные подтверждаются исследованиями российских ученых, которые изучили влияние УФ-излучения ламп низкого давления на содержание моно- и дихлораминов в воде бассейнов. Российские экспериментальные данные показали, что доза ультрафиолетового излучения 40 мДж/см² является недостаточной для разрушения хлораминов. Однако, это был лабораторный эксперимент, а что же происходит в реальных бассейнах?

Швейцарские исследователи изучали работу УФ-установки среднего давления с УФ-дозой порядка 50–55 мДж/см² на нескольких работающих бассейнах. На выходе из УФ-установки практически не уменьшалась концентрация моно- и дихлораминов, а уменьшение содержания трихлораминов носило кратковременный, несущественный характер. Швейцарские исследователи заключают: наиболее подходящим способом уменьшения хлораминов в воде бассейна является снижение содержания свободного хлора. Именно он реагирует с азотистым прекурсором, «предшественником», участвующим в реакции, приводящей к образованию хлораминов. Однако с данным утверждением можно поспорить, так как свободный хлор – это остаточное содержание хлора от введенной дозы хлорреагента после процесса окисления всех находящихся в воде веществ, и от него не зависит ни концентрация аммонийных соединений, которую необходимо понизить, ни доза хлора, которая расходуется на окисление, в том числе на азотистые прекурсоры. Таким образом, основной, приоритетной задачей снижения связанного хлора должно быть не устранение хлорами-



нов, а предотвращение их образования за счет метаболизма бактерий, производящих органические вещества, содержащие аминогруппы и являющиеся прекурсорами образования хлораминов. Для решения данной задачи и используется высокая бактерицидная способность ультрафиолетовых ламп в борьбе с бактериями и микроорганизмами.

БАКТЕРИЦИДНАЯ СПОСОБНОСТЬ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

УФ-излучение является физическим безреагентным методом обеззараживания и основан на фотохимическом воздействии на микроорганизмы, находящиеся в воде. В технологии водоподготовки используется биологически активная область спектра УФ-излучения с длиной волны от 205 до 315 нм, называемая бактерицидным излучением с максимумом бактерицидного действия в области 250–270 нм. Наибольший коэффициент полезного действия имеют лампы низкого давления. Бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей проявляется необратимыми повреждениями ДНК и РНК в структуре молекулы, в то же время, действие ультрафиолетового излучения вызывает нарушения в структуре мембран и клеточных стенок микроорганизмов, и в результате приводит к их гибели. УФ-лучи уничтожают не только вегетативные, но и спорообразующие бактерии, которые при хлорировании нормативными дозами хлора могут сохранять жизнеспособность. УФ-излучение обеспечивает эпидемиологическую безопасность в отношении вирусов, цист простейших и грибов. Тем самым ультрафиолет позволяет эффективно снижать общее содержание микроорганизмов, в процессе жизнедеятельности которых происходит образование аммонийных соединений,

приводящих к образованию хлораминов. Достоинствами метода УФ-обеззараживания воды является сохранение физико-химического состава воды, отсутствие ограничений по верхнему пределу дозы облучения, отсутствие образования побочных продуктов обеззараживания (для амальгамных ламп).

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННОЙ С ХЛОРАМИНАМИ

Ультрафиолет, к сожалению, не является универсальной «золотой таблеткой», которая всегда способна решить проблему превышения связанного хлора в воде бассейнов, но ультрафиолет является «золотым стандартом» для применения в качестве дополнительного метода обеззараживания и способен обеспечивать гарантированную эпидемиологическую безопасность воды. Решение проблемы образования связанного хлора (хлораминов) должно быть комплексным для максимального предотвращения их образования: это и правильный подбор оборудования водоподготовки (нормативное время водообмена, скорость фильтрации, оборудование контроля качества воды и оборудование обеззараживания), и правильная эксплуатация системы водоподготовки бассейна для поддержания ее санитарного состояния (регулярная промывка фильтров с необходимой интенсивностью, ежедневная нормативная подпитка бассейна, очистка стен и дна бассейна, переливных лотков и емкости и др.), и применение надежного дополнительного метода обеззараживания воды УФ-установками. Весь этот комплекс мер позволяет предотвратить рост колоний бактерий и микроорганизмов, тем самым значительно сократить выделение азотистых прекурсоров образования хлораминов.



раминоов, а значит и снизить содержание связанного хлора в воде бассейна.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Основной эффект снижения связанного хлора при применении УФ-оборудования достигается не за счет фотолиза трихлораминов, а за счет снижения содержания прекурсоров их образования, то есть благодаря мощному бактерицидному воздействию в качестве дополнительного обеззараживания и отмирания микроорганизмов и бактерий, включая хлорустойчивые. Для достижения этой цели достаточно даже традиционной дозы 16–25 мДж/см² и не требуется рекламируемая доза 60 мДж/см². При этом для достижения противовирусного и более стабильного бактерицидного эффекта с целью недопущения процесса реактивации микроорганизмов (когда при слабом

повреждении ДНК клетки УФ-облучение не приводит к устойчивому эффекту) НПО «ЛИТ» и многими другими производителями УФ-оборудования обоснованно рекомендуется доза ультрафиолетового обеззараживания не менее 25 мДж/см².

ТАК КАКУЮ ЛАМПУ ВЫБИРАТЬ?

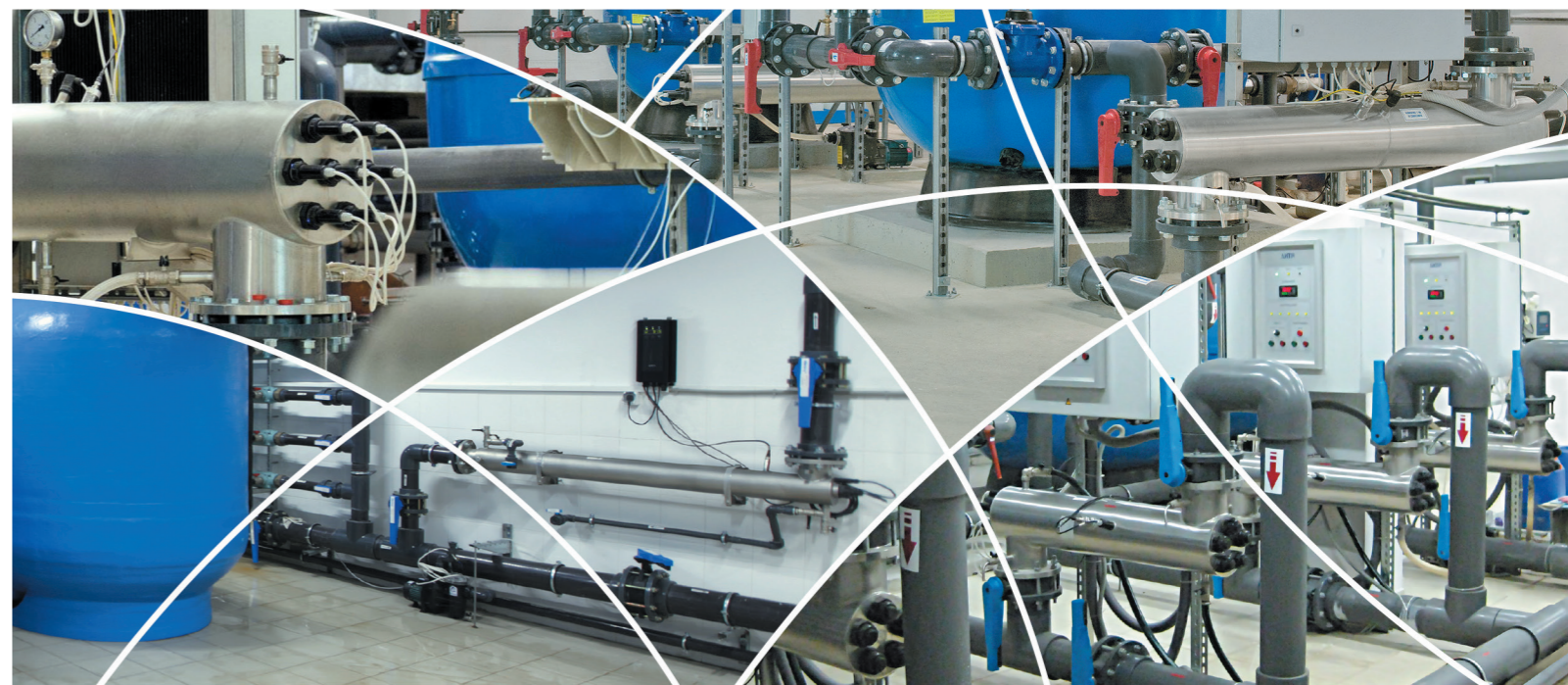
Отечественная практика применения УФ-установок показывает, что эффект воздействия достигается и на установках низкого давления, и на установках среднего давления. Почему же тогда существует мнение о лампах среднего давления и их эффективности в разложении хлораминов? Вероятно, это связано с пиететом перед западным оборудованием. Ведь европейские производители УФ-оборудования активно производят, а маркетологи активно агитируют и продвигают именно модели с лампами среднего давления, дорогие в эксплуатации

и сервисе. Лампы среднего давления потребляют электроэнергию в 2–3 раза больше, чем установки на амальгамных лампах низкого давления, да и сами лампы стоят дороже, а производить замену их надо в 2 раза чаще. Такая бизнес-модель выбирается многими европейскими производителями, «подсаживающими» пользователей на свои дорогостоящие запчасти и сервис. С учетом сложившейся общеполитической и общеэкономической ситуации риски остаться без работающего УФ-оборудованиякратно возрастают. Поэтому стоит полагаться на российских, профессиональных производителей УФ-оборудования, которые, с одной стороны, выпускают отечественный продукт с минимальной долей импортных комплектующих, а с другой – аттестовали и сертифицировали свои установки на соответствие ведущим мировым стандартам, подтверждающим эффективность работы УФ-установок. Именно такой компанией является НПО «ЛИТ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Youri Gendel; Ori Lahav (2011). Revealing the mechanism of indirect ammonia electrooxidation. *Electrochimica Acta*. 2012, 63, p. 209–219. DOI:10.1016/j.electacta.2011.12.092.
2. Ультрафиолетовые технологии в современном мире (под редакцией: Кармазинов Ф. В., Костюченко С. В., Кудрявцев Н. Н., Храменков С. В.). Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; 2012.
3. Soltermann, F., Widler, T., Canonica, S., von Gunten, U., Photolysis of inorganic chloramines and efficiency of trichloramine abatement by UV treatment of swimming pool water. *Water Research*. Volume 56, 2014, p. 280–291. DOI: 10.1016/j.watres.2014.02.034.
4. Собур Д.А., Ткачев А. А., Костюченко С. В. О целесообразности использования ультрафиолета для удаления хлораминов в плавательных бассейнах. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2023; 8, стр. 17–22. DOI 10.35776/VST.2023.08.02
5. Жолдакова З.И., Лебедь-Шарлевич Я.И., Беляева Н.И., Мамонов Р.А. Влияние УФ-излучения на трансформацию моно- и дихлораминов в воде плавательных бассейнов в натуральных испытаниях и в эксперименте. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(3): 230–234.
6. МУ 2.1.2.694-98 «Использование ультрафиолетового излучения при обеззараживании воды плавательных бассейнов.
7. МУ 2.1.5.732-99 «Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод УФ-излучением».

Системы обеззараживания ультрафиолетом воды бассейнов и аквапарков



Российский производитель мирового уровня

- Более 10 000 объектов в 55 странах мира.
- Качественное и долговечное оборудование.
- Собственный завод УФ-ламп.
- Гарантия наличия комплектующих.



Антикоррозийное покрытие

Инновационное полимерное покрытие подходит для применения в морской воде. Покрытие является прочным, устойчивым к УФ-излучению и коррозии, а также безопасно для купающихся.



Облачный доступ и хранение данных

- Веб-доступ или через приложение на iOS и Android.
- Оповещения по смс, в приложении, на электронную почту или в Telegram-бот.
- Возможность гибкой настройки интерфейса и создания удобных мнемосхем.
- Подключение неограниченного числа УФ-установок.

Россия, г. Москва, ул. Краснобогатырская, 44, стр. 1
 Россия, Московская обл., г. Долгопрудный, Лихачевский пр-д, 25
 Тел.: +7 495 197-76-58, +7 800 100-61-75
 e-mail: lit@lit-uv.ru
 www.lit-uv.ru

