

Н. Н. ФИЛАТОВ, д-р мед. наук, руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в г. Москве, главный государственный санитарный врач Москвы;

С. В. КОСТЮЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор; С. Г. ЗАЙЦЕВА, начальник технологического отдела; М. Е. КУЗЬМЕНКО, начальник отдела разработки (НПО «ЛИТ»)

## Аттестация оборудования для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением

Интенсивное промышленное использование метода УФ-обеззараживания воды во всем мире привело к разработке протоколов аттестации УФ-систем, позволяющих давать независимую оценку эффективности работы УФ-оборудования и производить измерение основного параметра – дозы облучения.

Эффективность обеззараживания воды ультрафиолетовым облучением определяется конструкцией систем и выбором оборудования, соответствующего условиям эксплуатации. Критерием надежности обеззараживания является доза облучения, обеспечиваемая для всего объема обрабатываемой воды. В условиях идеальной модели доза облучения зависит только от УФ-интенсивности, определяемой количеством и мощностью ламп, расхода и прозрачности воды на длине волны 254 нм. Однако на практике распределение облучения в зоне обеззараживания неоднородно. Наиболее очевидно влияние межлампового расстояния на распределение дозы облучения.

На рис. 1 показаны поперечные разрезы УФ-установок с различным межламповым расстоянием и распределение дозы облучения. Снижение дозы облучения обозначено цветом от темного, соответствующего максимальной дозе, до белого,

соответствующего нулевой дозе. Чем больше расстояние между лампами, тем меньше средняя доза облучения при одинаковом количестве и мощности ламп. С уменьшением пропускания воды неравномерность распределения дозы облучения будет возрастать. Поэтому, например, УФ-оборудование, предназначенное для питьевой воды, не может эксплуатироваться для сточной только за счет снижения расхода воды. Оборудование, рассчитанное для воды с низким и высоким пропусканием, должно иметь и конструктивные отличия. Это пример грубого несоответствия типа оборудования условиям эксплуатации.

Ситуация может быть не столь очевидной. Например, УФ-оборудование европейских производителей, предназначенное для обеззараживания питьевой воды, в большинстве случаев рассчитано на диапазон

коэффициента пропускания 80–100%. Это связано с тем, что в Европе для питьевого водоснабжения широко распространено использование подземных вод даже в тех случаях, когда источниками водоснабжения служат открытые водоемы. При этом схема очистки ориентирована на глубокое удаление органических соединений, в результате питьевая вода имеет высокие значения коэффициента пропускания.

В России питьевая вода, соответствующая требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, может иметь коэффициент пропускания от 67%, в среднем 75%. Дилерские компании не всегда учитывают такие нюансы и могут предлагать оборудование, не соответствующее условиям эксплуатации.

Существенное влияние на обеспечение дозы облучения оказывает распределение потоков воды. Доза облучения рас-

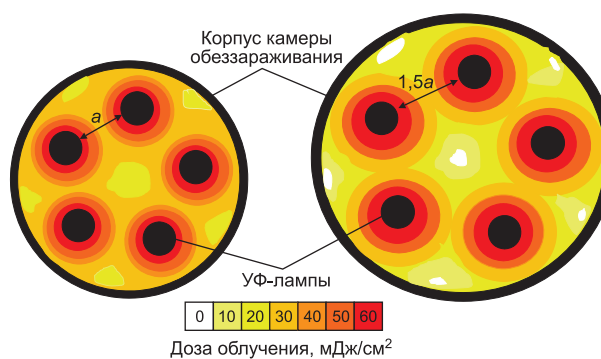


Рис. 1. Схема распределения дозы облучения в поперечном разрезе УФ-установок с различным межламповым расстоянием

считывается исходя из условия, что вода в зоне обеззараживания хорошо перемешивается и равномерно распределяется. На практике может иметь место значительная неравномерность скоростей потоков воды в камере обеззараживания, в этом случае часть воды получит недостаточную дозу облучения. На распределение воды оказывает влияние конструкция камеры: расположение и диаметры патрубков, наличие специальных элементов для выравнивания потоков. При конструировании УФ-систем должны проводиться расчеты или компьютерное моделирование распределения потоков воды в зоне обеззараживания, на основании которых определяются рабочие характеристики оборудования. Кроме того, доза облучения должна обеспечиваться с учетом загрязнения кварцевых чехлов и спада интенсивности излучения на момент истечения срока службы ламп. Все эти факторы должны быть указаны в паспорте на УФ-оборудование.

Таким образом, УФ-установки, имеющие одинаковое количество ламп и одинаковую их мощность, могут обеспечивать разную дозу облучения за счет конструктивных отличий.

Расчет фактической дозы облучения УФ-систем в Европе и США производится методом биодозиметрии [1; 2], суть которого заключается в определении дозы облучения по достигаемой степени инактивации микроорганизмов.

В настоящее время существует несколько протоколов проведения аттестационных тестов биодозиметрии, разработанных Австрийским институтом стандартов (ONORM M 5873-2),

Агентством по защите окружающей среды США – US EPA (Draft 6/03) и Германской ассоциацией по проблемам воды и газа (DVGW). Протоколы имеют некоторые различия в обработке результатов и проведении процедуры, однако в целом сопоставимы. Согласно этим протоколам, проверяются и другие технические характеристики оборудования: электросовместимость, безопасность применяемых материалов, надежность системы контроля за дозой облучения. Используемые в оборудовании УФ-датчики должны соответствовать четко описанным условиям, гарантирующим адекватное измерение УФ-интенсивности на бактерицидной длине волны.

Целью биодозиметрии является проверка заявленных производителем доз облучения в условиях минимального, среднего и максимального расходов воды, снижения мощности УФ-ламп и коэффициента пропускания воды. Для проведения испытаний производитель представляет свое оборудование и диапазон допустимых условий эксплуатации.

Процедура биодозиметрии проводится в несколько этапов. На первом этапе определяется калибровочная кривая чувствительности микроорганизмов, по которой затем и вычисляют фактическую дозу об-

лучения. Калибровочную кривую получают в лаборатории на приборе, моделирующем идеальные условия. Зараженная тестовыми микроорганизмами вода облучается различными дозами, полученная степень инактивации откладывается по оси ординат, дозы облучения – по оси абсцисс. По протоколу ONORM и DVGW, в качестве тест-микроорганизма используются споры бактерий *Bacillus subtilis*.

На втором этапе определяются параметры проведения испытания в соответствии с данными, представленными производителем оборудования по условиям эксплуатации. Согласно протоколу Австрийского института стандартов, при тестировании одной УФ-системы проводится 12 испытаний, в каждом из которых оборудование должно обеспечить заданную дозу облучения. Согласно требованиям ONORM, DVGW и US EPA, УФ-оборудование, предназначенное для обработки питьевой воды, должно обеспечивать дозу облучения не менее 40 мДж/см<sup>2</sup>.

Сами испытания проводятся в проточном режиме. В ходе испытаний на установку подается вода, зараженная тест-микроорганизмами с концентрацией 10<sup>6</sup>–10<sup>7</sup> КОЕ/л. В пробах воды, отобранных после УФ-установки, определяется количество микроорганизмов после обеззараживания и рассчитывается степень инактивации. Фактическая доза облучения определяется по калибровочной кривой. На рис. 2 изображены калибровочная кривая и точки, соответствующие результатам, полученным в проточном режиме, по которым была определена доза.

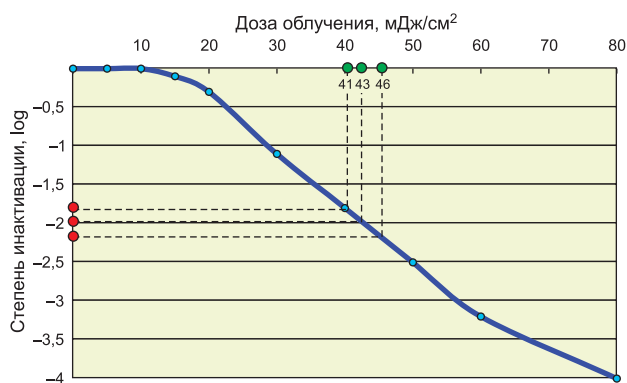


Рис. 2. Определение дозы облучения методом биодозиметрии



Рис. 3. Испытания УФ-оборудования НПО «ЛИТ» в Венском институте гигиены и микробиологии

В последние годы компания НПО «ЛИТ» продвигает свое оборудование не только в России, но и в других странах. Поэтому аттестация УФ-оборудования по какому-либо из существующих протоколов была необходима для успешной деятельности компании на международном рынке. В 2006–2007 годах серия оборудования НПО «ЛИТ» на амальгамных лампах успешно прошла процедуру аттестации по протоколу ONORM и получила сертификат соответствия Австрийской ассоциации по проблемам воды и газа (OVGW), подтверждающий высокий уровень продукции в соответствии с мировыми стандартами. Аттестация оборудования УДВ-А проводилась Венским институтом гигиены и микробиологии на испытательном стенде в Австрии. На рис. 3 представлен испытательный стенд с оборудованием НПО «ЛИТ».

В сертификатах OVGW и протоколах ONORM приводится таблица значений расхода и коэффициента пропускания воды, при которых обеспечивается требуемая доза облучения, что очень важно для выбора оборудования, соответствующего условиям эксплуатации.

Процедура определения дозы облучения биодозиметрией

может быть использована как для сточной, так и для питьевой воды. При обеззараживании сточных вод снижение дозы облучения будет заметно по превышению установленного лимита на индикаторные показатели, поскольку на обеззараживание всегда поступает вода с высоким содержанием микроорганизмов.

В практике обеззараживания питьевой воды в основном используется схема, при которой на УФ-облучение подается вода, прошедшая полный цикл очистки, в ней периодически могут обнаруживаться микроорганизмы в единичных количествах. В такой ситуации оперативно определить несоответствие фактической дозы облучения заданному уровню невозможно. В то же время УФ-облучение выполняет важную функцию барьера для возбудителей опасных заболеваний, устойчивых к другим методам обеззараживания (вирусы, цисты простейших), и к надежности метода предъявляются высокие требования. Поэтому аттестация УФ-систем на соответствие дозы облучения является необходимой процедурой для оборудования, применяемого при обеззараживании питьевой воды в странах Европейского союза и США.

В России аттестация УФ-систем не проводится. Тем не менее следует иметь в виду, что наличие сертификата об аттестации является объективным подтверждением надежности УФ-системы.

*Авторы выражают благодарность коллегам из UV-Team Austria, проводившим испытания УФ-оборудования в Вене: профессору, доктору биологических наук Регине Зоммер (Венский медицинский университет, Клинический институт гигиены и микробиологии), Александру Кабаю (Медицинский институт физики и биостатистики, Венский ветеринарный университет), Джорджу Хиришману (Arsenal Research), и надеются на дальнейшее сотрудничество.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hulsey R. A., Mackey H. E., Neemann J. J. Application of UV in North America and USEPA Guidance Manual for UV Disinfection // J. IUVA News Dec. 2004. V. 6. № 4.
2. UV Drinking Water Disinfection – Requirements, Testing and Surveillance: Exemplified by the Austrian National Standards M 5873-1, M 5873-2 / R. Sommer, A. Cabaj, T. Haider, G. Hirschmann // J. IUVA News. Dec. 2004. V. 6. № 4.