



Москва

Тел./Факс: **8 (800) 100-123-7** (Звонки по России бесплатно);

+7 (495) 617-19 -45, -46, -47, -48; +7(499) 795-77-86

E-mail: svarog@svarog-uv.ru

Дезинфекция (обеззараживание) воды ультрафиолетовым излучением и типовые испытания дезинфекционных (обеззараживающих) установок для питьевой воды.

ВВЕДЕНИЕ

Дезинфекция (обеззараживание) питьевой воды с помощью ультрафиолетового излучения поставлена в Австрии на новую ступень: каждая новая установка по обеззараживанию питьевой воды должна проходить прототипные испытания в соответствии с Австрийским Стандартом NORM M 5873. Требуется минимальная эквивалентная доза редукции (Reduction Equivalent Dose, сокращенно RED) излучения с длиной волны 253,7 нм равная 400 Дж/м², которая должна быть подтверждена биодозиметром определенной ультрафиолетовой чувствительности. Кроме того, необходим ультрафиолетовый датчик с абсолютной калибровкой на облучение в Вт/м², который измеряет эталонное (опорное) облучение и должен поддерживаться минимальный уровень опорного облучения. Для типовых испытаний вода, поступающая в дезинфекционную установку по обеззараживанию питьевой воды, засеивается микроорганизмами и ее пропускание в ультрафиолетовой области регулируется добавлением тосульфата натрия. В потоке, проходящем через системы, величина RED после облучения сильно зависит от распределений дозы среди микроорганизмов. Если гидравлическое поведение обеззараживающей установки не оптимизировано, возникают сильные неоднородности в распределении дозы, которые уменьшают RED. В настоящее время биодозиметрия является единственным методом измерения эффективности ультрафиолетовой дезинфекционной (обеззараживающей) установки для питьевой воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве биодозиметрических спор бацилл использовались тонкие (subtilis) препараты АТТС 6633 (выращенные по методике, описанной Соммером и Кабажем в 1993 г.), которые были калиброваны с учетом их чувствительности по отношению к ультрафиолетовому излучению с длиной волны 253,7 нм в лабораторном устройстве облучения с квазипараллельным пучком облучения от ртутных ламп низкого давления ультрафиолетовый поток измерялся с помощью радиометра фирмы International Light (IL1700 с детектором SED240, интерференционный фильтр NS 254 и входная оптика типа W). Делались поправки на отражение от поверхности суспензии и оптическое поглощение в суспензии.

Калиброванные споры добавлялись в воду, протекающую через дезинфекционную установку по обеззараживанию питьевой воды, и определялась их концентрация до и после облучения. Кроме спор, в воду добавлялся тиосульфат натрия для уменьшения оптического пропускания воды до требуемого уровня. Статические смеси использовались для получения однородных концентраций спор и тиосульфата натрия, поглощающего ультрафиолетовое излучение.

Вообще каждый микроорганизм, проходя через ультрафиолетовую дезинфекционную установку по обеззараживанию питьевой воды, получает поток интегральные плотности потока отличные от других микроорганизмов; поэтому среди микроорганизмов, прошедших через бактерицидную установку по обеззараживанию питьевой воды, существует распределение интегральной плотности потоков. Результатом такого рода измерений является эквивалентная доза редукции (Reduction Equivalent Dose (RED)), которая вообще ниже, чем среднеарифметическое значение интегральных плотностей потока (Кабаж и сотр., 1996а и Кабаж и сотр., 1996 б).

Части данных экспериментов были выполнены в Австрийском исследовательском и испытательном центре (Austrian Research and Testing Centre Arsenal), Вена, Австрия.

РЕЗУЛЬТАТЫ

К настоящему времени прошли типовые испытания 25 коммерческих дезинфекционных установок для обеззараживания питьевой воды, при этом в нескольких случаях были установлены резкие отличия в значениях RED, вычисленных производителем и измеренных экспериментально при испытаниях.

Для испытанных установок по обеззараживанию питьевой воды мы измерили при переменных потоках воды ($\text{м}^3/\text{час}$ ($\text{м}^3/\text{h}$)) ультрафиолетовое пропускание воды и мощности ламп, которые выражались как опорные плотности облучения, измеренные ультрафиолетовым датчиком. На **Рис.1** приведен пример этих результатов. Испытания проводились при уменьшенной мощности ламп эквивалентной мощности состаренной лампы в конце ее срока службы.

Если обнаруживаются различия между измеренным значением RED и минимальной величиной 400 $\text{Дж}/\text{м}^2$, то максимально допустимый поток должен быть откорректирован обратно пропорционально. Другой возможный вариант корректировки этого расхождения состоит в увеличении минимально допустимой опорной плотности облучения. Оба этих метода дают одинаковые результаты, но, если кривые определения на графике не линейны, существуют очень незначительные различия.

Дальнейшие эксперименты были выполнены для исследования, влияют ли мощность ультрафиолетовых ламп и ультрафиолетовое оптическое пропускание воды на RED в равной степени или существуют отличия (Соммер и сот. 1997).

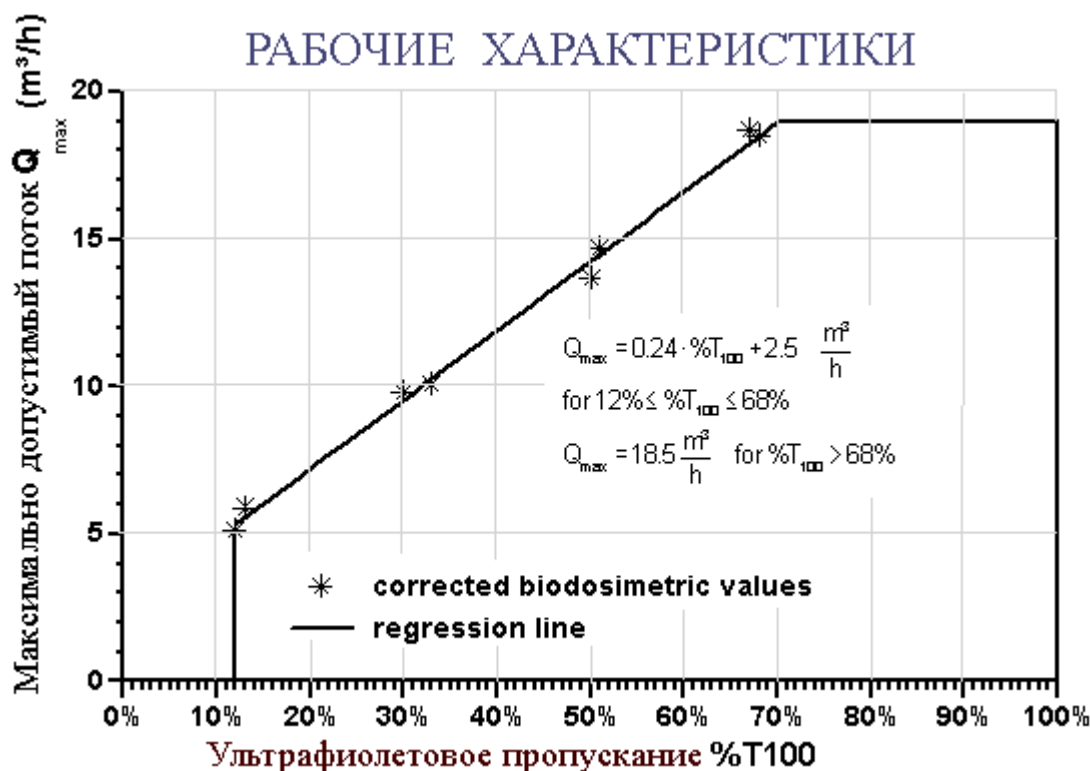


Рис. 1. Максимальный допустимый поток в определенной дезинфекционной установке по обеззараживанию питьевой воды в зависимости от ультрафиолетового пропускания (оптическая длина пути – 100 мм) воды, испытанный с помощью биодозиметра. Если рабочие параметры лежат внутри указанного поля, то значение RED по меньшей мере равно 400 $\text{Дж}/\text{м}^2$ гарантировано.

Были испытаны одна установка для обеззараживания питьевой воды с одной ультрафиолетовой лампой и вторая с тремя ультрафиолетовыми лампами. Определенная опорная плотность облучения достигалась, с одной стороны, варьируя мощность лампы и используя воду с постоянно высоким ультрафиолетовым пропусканием, и с другой стороны, поддерживая мощность лампы постоянной при ее максимально высоком уровне и уменьшая пропускание воды. В установке для обеззараживания питьевой воды с одной лампой варьирование ультрафиолетовой мощности оказывало значительно большее влияние на RED, чем изменение прозрачности, когда измерялась одна и та же опорная плотность облучения. (Рис. 2). В дезинфекционной установке по обеззараживанию питьевой воды с тремя лампами RED определялась в одном случае с тремя работающими лампами, а во втором эксперименте с одной выключенной лампой, что естественно давало худшие результаты при той же опорной плотности потока (Рис. 3).

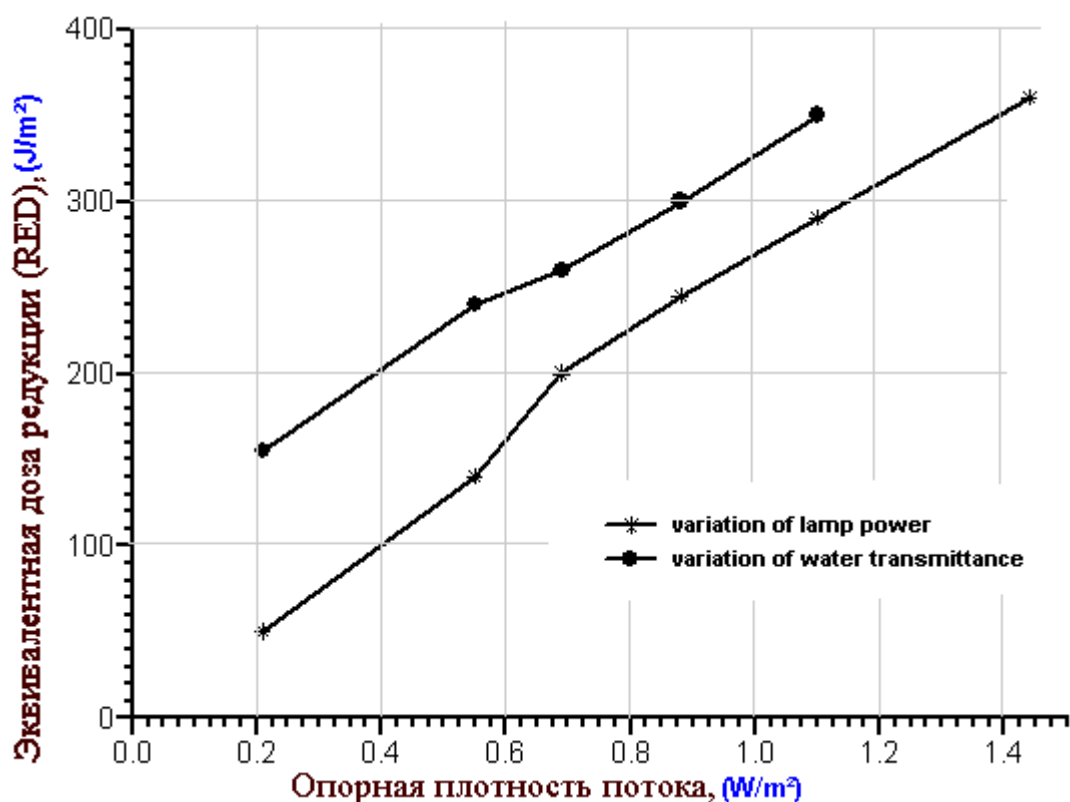


Рис. 2. Величина RED в зависимости от опорной плотности облучения при переменной оптической прозрачности и постоянной мощности лампы (верхняя кривая). Величина RED зависимости от опорной плотности облучения при переменной мощности лампы и постоянном оптическом пропускании (нижняя кривая).

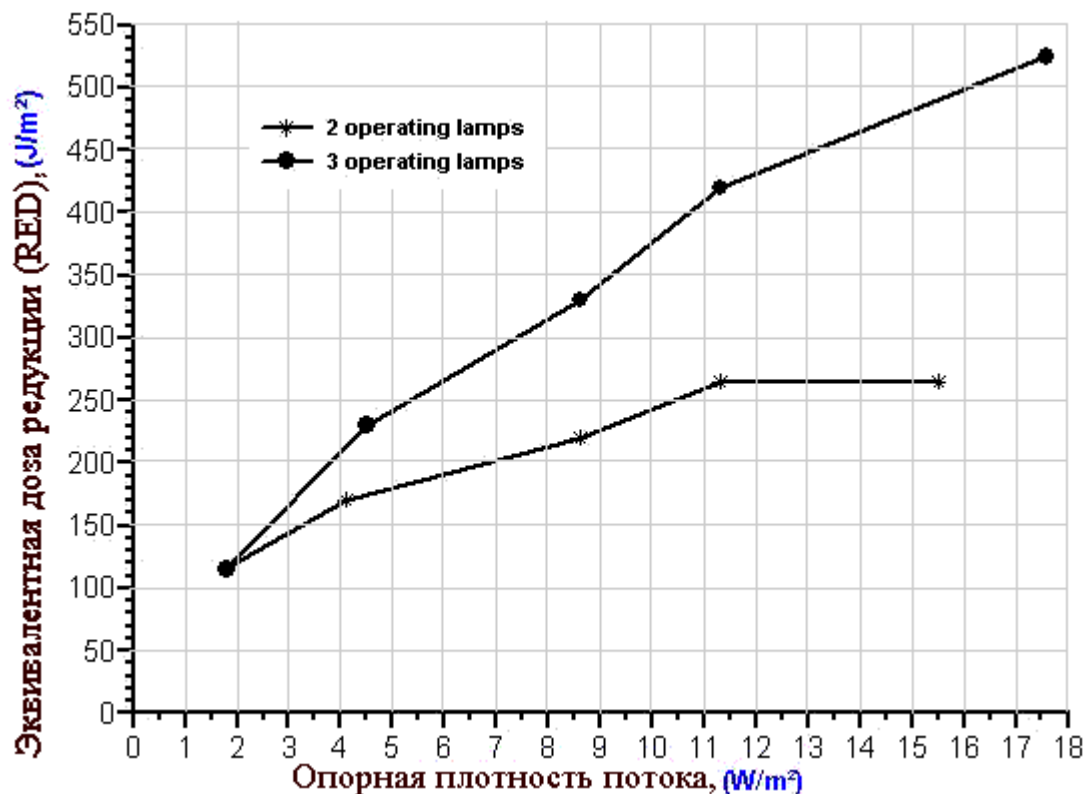


Рис. 3. Величина RED в зависимости от опорной плотности облучения с 3 (верхняя кривая) или 2 (нижняя кривая) работающими лампами при постоянном оптическом пропускании (% T 100 = 11%, скорость потока 6 м³/час м³/ h).

ОБСУЖДЕНИЕ

Биодозиметрия ультрафиолетовых дезинфекционных установок для обеззараживания питьевой воды установилась как стандартный метод в этой области. Она является единственным методом, позволяющим измерять интегральную плотность потока в установке при всех рабочих условиях. Могут быть измерены даже менее значительные факторы, как, например влияние излучения, отраженного от внутренних стенок установки обеззараживания (Соммер и сотр. 1996 с).

Поскольку задачей дезинфекционных установок по обеззараживанию питьевой воды является инактивация микроорганизмов, применение биодозиметрического теста в результатах биопроб является идеальным методом контроля сложных процессов, протекающих при прохождении микроорганизмов в турбулентном потоке в поле неоднородного облучения внутри ультрафиолетовой установки.

Александр Кабж¹ и Регина Соммер²

¹Институт медицинской физики и биостатистики, Ветеринарно-медицинский университет, Вена,

²Институт гигиены, Университет, Вена, Австрия

Постер, посланный на 24-ю сессию СЕ , 24-30 июня, 1999 г., Варшава (Польша)

ЛИТЕРАТУРА

Sommer R., A. Cabaj (1993) Evaluation of the efficiency of a UV plant for drinking water disinfection. Wat. Sci. Tech. 27, 357 – 362.

(Sommer R., A. Cabaj (1993) Оценка эффективности УФ установки для обеззараживания питьевой воды, *Wat. Sci. Tech.* 27, 357 – 362).

Cabaj A., R. Sommer, D. Schoenen (1996a) Biodosimetry: model calculations for u.v. water disinfection devices with regard to dose distributions. *Wat. Res.*30, 1003-1009.

(Кабаж А., Р. Соммер, Д. Шонен (1996 а) Биодозиметрия: модельные расчеты для УФ установок обеззараживания с учетом распределений дозы. *Wat. Res.*30, 1003-1009).

Cabaj A., R. Sommer, M. Kundi (1996b) The influence of dose distributions on the result of UV-biodosimetry. *Proceedings IRPA9 1996, International Congress on Radiation Protection, Vienna, Austria, April 14-19, 1996, Volume 3, 652-654.*

(Кабаж А., Р. Соммер, М. Кунди, (1996 б) Влияние распределений дозы на результат УФ биодозиметрии. Труды IRPA 9 1996, Международный конгресс по радиационной защите, Вена, Австрия, 14-19 апреля 1996 г., Том 3, стр. 652 – 654).

Sommer R., A. Cabaj, T. Haider (1996c) Microbicidal effect of reflected UV radiation in devices for water disinfection. *Wat. Sci. Tech.*34, 173-177.

(Р. Соммер, Кабаж А., Т. Хайдер, (1996с) Микробиологический эффект отраженного УФ излучения в устройствах для обеззараживания воды. *Wat. Sci. Tech.*34, 173-177).

Sommer R., A. Cabaj, W. Pribil, T. Haider (1997) Influence of lamp intensity and water transmittance on the uv disinfection of water. *Wat. Sci. Tech.*35, 113-118.

(Р. Соммер, Кабаж А., У. Прибил (1997) Влияние интенсивности ламп и оптического пропускания на УФ обеззараживание воды. *Wat. Sci. Tech.* 35, 113-118).

АДРЕС

Дипломированный инженер Александр Кабаж, Институт медицинской физики и биостатистики, Ветеринарно-медицинский университет Вены, А 1210 Вена, Ветеринарная пл., 1; Телефон: +43-1-25077-4322, Факс: +43-1-25077-4390;

e-mail: alexander.cabaj@vu-wien.ac.at

Dipl.-Ing. Alexander Cabaj, Institut für Medizinische Physik A 1210 Wien,

und Biostatistik, Veterinärmedizinische Universität Wien, A 1210 Wien,

Veterinärplatz 1. Tel.: +43-1-25077-4322, Fax: +43-1-25077-4390,

e-mail: alexander.cabaj@vu-wien.ac.at