



Инициатива «Остановить распространение туберкулеза»

ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ДЕЗИНФЕКЦИИ
ВОЗДУХА ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ
БАКТЕРИЦИДНЫМ УЛЬТРАФИОЛЕТОМ ДЛЯ
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТРАНСМИССИИ
ТУБЕРКУЛЕЗА



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Partner of the

Stop TB Partnership



СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОЯЗЫЧНОМУ ИЗДАНИЮ	8
ВВЕДЕНИЕ	9
ДЕФИНИЦИИ.....	11
БЕЗОПАСНОСТЬ	14
УФБИ (БУФ) ОБЛУЧАТЕЛИ.....	15
ОБЛУЧАТЕЛЬ.....	18
ВЕНТИЛЯЦИЯ.....	18
ПОВРЕЖДЕНИЕ РАСТЕНИЙ И МАТЕРИАЛОВ	19
РАЗРАБОТКА ПЛАНА ОБСЛУЖИВАНИЯ.....	19
КОМПОНЕНТЫ ПИСЬМЕННОГО ПЛАНА.....	19
ЗАДАЧИ ОБСЛУЖИВАНИЯ	21
МОНИТОРИНГ	21
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ (ИЗМЕРЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ)	21
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ (ИЗМЕРЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В НИЖНЕЙ, ОБИТАЕМОЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ) -	22
ПОРТАТИВНЫЙ БУФ (UV-C) РАДИОМЕТР ДЛЯ МОНИТОРИНГА.....	22
ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ БУФ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ – ФОРМАТ ЖУРНАЛА	27
ОЧИСТКА ОБЛУЧАТЕЛЕЙ И ЛАМП	28
ПОШАГОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОЧИСТКЕ	29
ЗАМЕНА ЛАМП	30
КОНТРОЛЬНЫЙ ОСМОТР ОБЛУЧАТЕЛЯ	31
РЕМОНТЫ.....	31
УТИЛИЗАЦИЯ НЕИСПРАВНЫХ ЛАМП, БАЛЛАСТОВ, ОБЛУЧАТЕЛЕЙ.....	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	32
ЛИТЕРАТУРА	33



ВЫРАЖЕНИЕ БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность рецензентам за содержательные комментарии и вклад в создание этого первого издания руководства *«Обслуживание систем дезинфекции воздуха верхней части помещения бактерицидным ультрафиолетом для предотвращения трансмиссии туберкулеза»*.

Этот труд стал возможен благодаря поддержке рабочей группы «Остановить распространение туберкулеза» (End Tuberculosis Transmission Initiative, ETTi) Партнерства «Остановить туберкулез» (STOP TB Partnership) со стороны Агентства США по международному развитию (AMP США, USAID) в рамках соглашения о сотрудничестве №STBPR/USAID/GSA/WG/92954/2017-05.

Взгляды и мнения авторов в этой публикации не всегда отражают позицию Агентства США по международному развитию или правительства Соединенных Штатов Америки.

Фото на обложке:

Инженер проводит монтаж бактерицидного ультрафиолетового облучателя верхней части помещения в операционной, Мумбай, Индия. Фото: Ричард Л. Винсент



<http://www.stoptb.org/wg/ett/>

Впервые опубликовано: 1 сентября 2017 г.

Публикация русскоязычного издания: 5 декабря 2018 г.

© ETTi 2017

В СОЗДАНИИ РУКОВОДСТВА ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ

Автор

Ричард Л. Винсент, Медицинская Школа Икан, Госпиталь Маунт Синай, Нью Йорк, США

Рецензенты

Севим Ахмедов, USAID, Бетесда, штат Мэриленд, США

Суджата Баведжа, Муниципальный Медицинский Колледж и Госпиталь Локмания Тилак, Сион, Мумбай, Индия

Соура Бхаттачарийа, Lattice Innovation, Нью Дели, Индия

Григорий Васильевич Волченков, Центр специализированной фтизиопульмонологической помощи, Владимир, Россия

Пол А. Дженсен, Центры по контролю заболеваний и профилактике, Атланта, штат Джорджия, США

Эрнесто Йарамильо, Всемирная Организация Здравоохранения, Женева, Швейцария

Нирадж Как, URC, Бетесда, штат Мэриленд, США

Афранио Критски, Медицинский факультет Федерального Университета Рио-де-Жанейро, Бразилия

Макс Мейз, KNCV Tuberculosis Foundation, Гаага, Нидерланды

Эдвард А. Нарделл, Госпиталь Бригхэм энд Уименс, Гарвардская Медицинская Школа, Бостон, Массачусетс, США

Тобиас ван Ринен, CSIR, Претория, ЮАР

Кэрри Тюдор, Международный Совет Медицинских Сестер, Дурбан, ЮАР

Нии Норти Хансон-Норти, Национальная Программа Борьбы с Туберкулезом, Аккра, Гана

Авторизованный перевод на русский язык – Григорий В. Волченков (vlchnkv@yahoo.com)

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОЯЗЫЧНОМУ ИЗДАНИЮ

Ультрафиолетовое бактерицидное облучение верхней части помещений является доступной и достаточно эффективной альтернативой и дополнением к механической вентиляции для снижения риска распространения туберкулезной инфекции, что особенно актуально для стран Восточной Европы и Центральной Азии, где уровень трансмиссии лекарственно устойчивого туберкулеза особенно высок, продолжает нарастать распространенность ВИЧ-инфекции, а ресурсы здравоохранения ограничены. Предлагаемое русскоязычному читателю руководство посвящено критически важным аспектам применения этого инженерного метода контроля среды обитания – квалифицированному монтажу, приемке, обслуживанию облучателей и мониторингу их эффективной и безопасной работы. В то время как эпидемиологическая и экономическая эффективность этого метода вполне доказаны, его распространение и эффективное использование в нашем регионе все еще недостаточны. Надеемся, что это практическое руководство поможет инженерам, техникам, эпидемиологам, медицинским работникам в полную меру использовать большой потенциал этого метода для снижения риска инфицирования туберкулезом и другими распространяющимися через воздух инфекциями пациентов, персонала и посетителей медицинских учреждений, пенитенциарной службы и других мест высокого риска трансмиссии.

Григорий Волченков

Владимир, Россия

ВВЕДЕНИЕ

Снижение риска

Распространение (трансмиссия) туберкулеза (ТБ) наиболее часто происходит в местах скопления людей внутри помещений, где присутствуют лица с невыявленным, недиагностированным или неадекватно леченым ТБ, в том числе с лекарственной устойчивостью. Риск трансмиссии особенно велик в медицинских учреждениях, где пациенты и посетители находятся в течение длительного времени (в местах ожидания и т.п.) в общем воздушном пространстве с множеством других людей. Инфекционный аэрозоль, содержащий *Mycobacterium tuberculosis* [MTB], создаваемый лицами с невыявленным или неадекватно леченым ТБ, сохраняется в помещениях на протяжении многих часов. Для предупреждения распространения ТБ может применяться комплекс предупредительных мер, известный как противотуберкулезный инфекционный контроль. Это иерархически организованная система включает административные меры, меры контроля среды обитания и применение средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Административные меры имеют наивысший приоритет, поскольку доказано, что они позволяют снизить риск трансмиссии туберкулеза в учреждениях здравоохранения. Эти меры имеют ключевое значение в действенной системе мер инфекционного контроля и предполагают целый ряд организационных мероприятий, в том числе раннее выявление лиц с симптомами ТБ, разделение потоков пациентов и раннее эффективное лечение больных ТБ. Изоляция заразных больных ТБ или лиц с подозрением на ТБ требует применения рационального архитектурного дизайна при строительстве или реконструкции, а также надлежащего использования помещений и зданий, в которых имеется риск распространения туберкулеза.

Меры контроля среды обитания включают методы, позволяющие снизить концентрацию инфекционного аэрозоля (т.е. *droplet nuclei*, или капельных ядер, содержащихся в инфицированном воздухе), а также методы, обеспечивающие контролируемое направленное движение (удаление) инфицированного воздуха. Выбор средств контроля среды обитания в высокой степени зависит от архитектурных особенностей здания, характера его использования, которые в свою очередь должны соответствовать местным климатическим особенностям и социально-экономическим условиям. Меры контроля среды обитания включают: вентиляцию (естественную, механическую и смешанную), которая обеспечивает разбавление концентрации патогенов в воздухе и удаление их из здания; фильтрацию для удаления инфекционных частиц из воздуха; и **бактерицидный ультрафиолет (БУФ)**, ранее известный как **ультрафиолетовое бактерицидное излучение (УФБИ)**, в сочетании с системами перемешивания воздуха, который инактивирует эти взвешенные в воздухе микроорганизмы в то время, когда они проходят через облучаемое пространство в верхней части помещения, после чего дезинфицированный воздух возвращается в обитаемую нижнюю часть помещения. БУФ дополняет эффект вентиляции здания, как механической, так и естественной, однако может служить и основной мерой контроля среды обитания, если механическая вентиляция отсутствует или функционирует неэффективно, а естественная вентиляция ограничена.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) (респираторы) должны применяться вместе с административными мерами и мерами контроля среды обитания в условиях повышенного риска распространения туберкулезной (и/или другой распространяющейся через воздух) инфекции.

Необходимо отметить, что меры контроля среды обитания и СИЗОД в свою очередь требуют для их эффективного использования применение соответствующих административных мер.

Назначение БУФ верхней части помещений в сочетании с перемешиванием воздуха

Во многих местах высокого риска распространения ТБ вентиляция недоступна или недостаточна для разбавления и удаления инфекционного аэрозоля, содержащего *МТВ*. Недавние исследования (Mphahlele и др., 2015, Escombe и др., 2009) показали, что риск может быть снижен по крайней мере на 80% при применении устройств БУФ верхней части помещения в сочетании с перемешиванием воздуха, если они имеют соответствующий дизайн и хорошо обслуживаются. Для того, чтобы получить максимальный эффект от этого средства контроля среды обитания, необходимы качественный монтаж, приемка выполненных работ по монтажу и регулярное обслуживание. Эти меры имеют критическое значение для эффективного длительного и бесперебойного функционирования системы в соответствии с проектом.

Планирование и приемка работ по монтажу БУФ облучателей верхней части помещения

Комиссия по инфекционному контролю (санитарно-противоэпидемическому режиму) или другой орган (лицо) в учреждении должна обеспечить выполнение следующих требований:

- | |
|--|
| <i>1) Квалифицированным специалистом в области инфекционного контроля и применения БУФ проведено обследование здания на предмет выявления помещений (зон), где требуется установка устройств БУФ в верхней части помещений как дополнение к имеющейся вентиляции (механической, естественной или смешанной)</i> |
| <i>2) Подтверждено наличие достаточных мощностей резервного электроснабжения для обеспечения бесперебойной работы БУФ на случай отключений электроснабжения в сети.</i> |
| <i>3) Подготовлен план с указанием мест монтажа БУФ устройств.</i> |
| <i>4) После монтажа устройств проведена квалифицированная приемка работ, подтверждающая соответствие монтажа и функционирования БУФ устройств спецификации производителя, а также проведены необходимые измерения БУФ для подтверждения безопасности для обитателей помещения и эффективности БУФ в верхней части помещения для обеззараживания воздуха.</i> |

Результаты оценки функционирования устройств при приемке работ по их монтажу отражаются в отчете, который должен включать:

- | |
|--|
| <i>1) План и бюджет обслуживания;</i> |
| <i>2) Оригинальный дизайн (чертеж) системы и инструкции по монтажу в соответствии с руководствами от производителя для установленных моделей БУФ устройств; другие спецификации и критерии проектирования;</i> |
| <i>3) Исполнительская (фактическая) версия документации, указанной в п. 2), о месте и</i> |

параметрах фактического монтажа устройств;

4) Базовые (начальные) значения измерений облученности БУФ после первых 100 ч работы;

5) Значения измерений в обитаемой зоне для оценки безопасности для каждого устройства с указанием всех необходимых регулировок;

6) Контактная информация специалиста по БУФ и производителя устройств.

Если эта информация в настоящее время недоступна, или на стадии проектирования монтажа устройств, это руководство по обслуживанию поможет подготовить исполнительскую документацию для проведения текущего обслуживания и для сохранения в архиве технической документации учреждения

Цель руководства по обслуживанию

Целью этого руководства является описание необходимых мер для обеспечения устойчивого обслуживания БУФ устройств для верхней части помещений. Термин **«обслуживание»** означает **действия**, необходимые для сохранения или восстановления оборудования, машин или систем в рабочем состоянии и обеспечения его максимально длительного и производительного функционирования. Обслуживание может быть корректирующим (в ответ на определенные отклонения в работе или неисправности) и предупредительным. Корректирующее обслуживание подразумевает немедленные действия, необходимые для решения возникающих проблем и неисправностей (например, при перегорании лампы проводится ее замена или при мерцании света заменяется балласт), а также при получении сообщения о возможной передозировке БУФ в обитаемой зоне помещения. Предупредительное обслуживание – это систематический плановый мониторинг состояния облучателя, его регулярная очистка, замена компонентов по мере достижения конца срока эксплуатации, а также измерение уровня излучения и безопасности работы устройства. В этом руководстве приведена информация о том, как составить план обслуживания, как выполнять этот план и кто должен отвечать за его выполнение. Эта информация предназначена для организаций, осуществляющих обслуживание; государственных органов контроля и надзора; медицинского и технического персонала учреждений здравоохранения; исправительных учреждений и для производителей облучателей.

ДЕФИНИЦИИ

Административные меры инфекционного контроля имеют наивысший приоритет, поскольку доказано, что они позволяют снизить риск трансмиссии туберкулеза в учреждениях здравоохранения. Эти меры имеют ключевое значение в эффективной системе мер инфекционного контроля и включают целый ряд организационных мероприятий, в том числе раннее выявление лиц с симптомами ТБ, разделение потоков пациентов и раннее эффективное лечение больных ТБ. Эти организационные меры позволяют снизить риск контакта с контагиозными больными ТБ. Примерами таких мер являются координация работы с местным или региональным органом управления здравоохранения; проведение оценки риска распространения ТБ в конкретных условиях; разработка и утверждение письменного плана инфекционного контроля; обеспечение раннего активного выявления, адекватной изоляции и эффективного лечения лиц с подозрением на ТБ или больных ТБ; профилактические осмотры медицинских работников, имеющих профессиональный риск инфицирования *M. tuberculosis*.

Бактерицидная (UV-C)лампа: ртутная лампа низкого давления, которая излучает бактерицидное излучение спектра UV-C. (См. далее UV-C).

БУФ (Бактерицидный ультрафиолет): см. УФБИ.

Инфекционный контроль (ИК): основанная на научных доказательных данных система мер, которая при правильном и постоянном применении в медицинских учреждениях и других местах высокого риска трансмиссии позволяет предупредить или снизить риск распространения патогенных микроорганизмов среди пациентов, персонала и посетителей.

Контактное лицо по ТБ: лицо, которое находилось в едином воздушном пространстве с больным ТБ в течение времени, достаточного для возможной передачи туберкулёзной инфекции.

Меры контроля среды обитания включают методы, позволяющие снизить концентрацию инфекционного аэрозоля (т.е. *droplet nuclei*, или капельных ядер, содержащихся в инфицированном воздухе), а также методы, обеспечивающие контролируемое направленное движение (удаление) инфицированного воздуха. Выбор средств контроля среды обитания в высокой степени зависит от архитектурных особенностей здания, характера его использования, которые в свою очередь должны соответствовать местным климатическим особенностям и социально-экономическим условиям. Меры контроля среды обитания включают: вентиляцию (естественную, механическую и смешанную), которая обеспечивает разбавление концентрации патогенов в воздухе и удаление их из здания; фильтрацию для удаления инфекционных частиц из воздуха; и **бактерицидный ультрафиолет (БУФ), ранее известный как ультрафиолетовое бактерицидное излучение (УФБИ), в сочетании с системами перемешивания воздуха** который инактивирует эти взвешенные в воздухе микроорганизмы в то время, когда они проходят через облучаемое пространство в верхней части помещения, после чего дезинфицированный воздух возвращается в обитаемую нижнюю часть помещения. БУФ дополняет эффект вентиляции здания, как механической, так и естественной, однако может служить и основной мерой контроля среды обитания, если механическая вентиляция отсутствует или функционирует неэффективно, а естественная вентиляция ограничена.

Облучатель (или устройство) - аппарат, обеспечивающий распространение, фильтрацию или трансформацию какого-либо (видимого) света (или бактерицидного ультрафиолета), излучаемого одной или более лампой, который включает кроме самих ламп, необходимые части для фиксации и предохранения ламп, а также, если необходимо, компоненты электрической цепи и средства подсоединения ее к сети электрического тока.

Обслуживание - действия, необходимые для сохранения или восстановления оборудования, машин или систем в рабочем состоянии и обеспечения его максимально длительного и производительного функционирования. Обслуживание может быть корректирующим (в ответ на определенные отклонения в работе или неисправности) и предупредительным. Источник:

<http://www.businessdictionary.com/definition/maintenance.html#ixzz4CbenRqVX>

Определение случая туберкулеза - бактериологически подтверждённый ТБ - если в биологических образцах выявляется *M. tuberculosis* одним из лабораторных методов (микроскопия мазка мокроты на КУБ (кислотоустойчивые бактерии); культуральное или молекулярно-генетическое (например, Xpert MTB/Rif) исследование. Обо всех выявленных случаях ТБ должно быть подано извещение в органы санитарного надзора независимо от того, начато лечение или нет.

Клинически установленный ТБ - такой случай заболевания, который не отвечает критериям бактериологически подтверждённого ТБ, но диагноз установлен врачом на

основании клинических проявлений заболевания, и им принято решение провести полный курс лечения. К этой категории относятся случаи, установленные на основе рентгенологических данных, результатов патогистологического исследования и внелегочные случаи, не подтвержденные лабораторными методами. Если клинически установленный случай впоследствии подтверждается бактериологически (до или после начала лечения), он подлежит переклассификации в бактериологически подтвержденный случай.

Бактериологически подтвержденные и клинически установленные случаи ТБ также классифицируются на основании:

- анатомической локализации поражения;
- истории предшествующего лечения;
- лекарственной устойчивости возбудителя;
- ВИЧ - статуса.

Приемка – процесс проверки и документирования качества оборудования (здания, систем, компонентов и т.п.) для подтверждения того, что оно спланировано, спроектировано, установлено, протестировано, используется и обслуживается в соответствии с требованиями заказчика (см. Планирование и приемка работ по монтажу БУФ облучателей верхней части помещения).

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) - Респираторы предназначены для защиты от вдыхания инфекционного аэрозоля в условиях высокого риска инфицирования. Они должны применяться в сочетании с административными мерами и мерами контроля среды обитания.

Туберкулез (ТБ) - инфекционное заболевание, вызываемое микроорганизмами из *M. tuberculosis complex*. После инфицирования возможно развитие активного заболевания, сопровождающегося клиническими проявлениями. На ранней стадии болезни выраженная симптоматика может отсутствовать, однако могут быть выявлены другие ее проявления. Бактерии могут поражать любые органы тела, но наиболее часто их обнаруживают в легких (ТБ легких). Легочный ТБ может быть заразным, в то время как внелегочный ТБ (локализованный в других органах) в большинстве случаев не заразен. Иногда единственным проявлением заболевания могут быть лишь стабильные изменения в легких, выявляемые на рентгенограмме - так называемый неактивный ТБ, который нужно дифференцировать от активного ТБ, сопровождающегося клинической и рентгенологической симптоматикой, а также в некоторых случаях выявляемым лабораторными методами бактериовыделением.

Ультрафиолетовое бактерицидное излучение (УФБИ) (См. БУФ): использование энергии ультрафиолета спектра С (UV-C или УФ-С) при помощи специальных устройств (облучателей) для инактивации микроорганизмов, в результате чего они утрачивают способность к репликации (размножению) и свои патогенные свойства. ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: УФБИ - УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ БАКТЕРИЦИДНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. ЭТОТ ТЕРМИН ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ПУБЛИКАЦИЯХ. С НЕДАВНЕГО ВРЕМЕНИ СТАЛ ПРИМЕНЯТЬСЯ ТЕРМИН БУФ - БАКТЕРИЦИДНЫЙ УЛЬТРАФИОЛЕТ. УЛЬТРАФИОЛЕТ ЯВЛЯЕТСЯ НЕИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ.

УФ-С (UV-C): ультрафиолетовое излучение с длиной волны между 280 нм и 100 нм. Излучение с максимальным бактерицидным эффектом (253,7 нм при использовании ртутных ламп низкого давления) приходится на эту часть спектра ультрафиолета.

Mycobacterium tuberculosis: микроорганизм, причисляемый к группе *M. tuberculosis complex*, который является наиболее частым возбудителем ТБ у людей. Иногда так именуют всю группу микроорганизмов, составляющих *M. tuberculosis complex*, в который входят также *M. bovis*, *M. africanum*, *M. microti*, *M. canetti*, *M. caprae*, и *M. pinnipedii*.

UV-C – метр (радиометр): инструмент, предназначенный для измерения радиометрических параметров, а именно ультрафиолетовой (УФ) облученности или потока. Для измерения этих параметров у ртутных ламп низкого давления используется детектор с косинус-корректированным фильтром для измерения ультрафиолета спектра С (UV-C) длиной волны 254 нм с диапазоном от 0,01 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ до 2000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

БЕЗОПАСНОСТЬ

Обеспечение оптимальной дозы УФ-С для инактивации *M. tuberculosis* при обеспечении безопасных условий для людей является наиболее важной задачей планирования, приёмки, использования и обслуживания этих устройств. Хорошо спроектированные, установленные, используемые и обслуживаемые БУФ облучатели верхней части помещения безопасно применяются по всему миру; однако известны случаи, когда вследствие человеческих ошибок, неверного монтажа или применения неправильного типа облучателей возникало болезненное раздражение глаз и кожи, которое разрешалось в течение 24 - 48 часов. Публикации об отдалённых последствиях передозировки БУФ на человека отсутствуют (Nardell и др., 2008). Для разработки плана обслуживания и использования БУФ облучателей в учреждении обратитесь к разделу «Мониторинг» этого руководства, в котором изложена методика измерения облученности на уровне глаз для того, чтобы выяснить, превышает ли совокупная доза в течение 8 ч. допустимую дозу $6\text{mJ}/\text{cm}^2$ (American Conference on Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 2015, Commission International de L'Eclairage (CIE) 2003). Во время национальных полевых испытаний БУФ верхней части помещений (Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study (TUSS) (1997-2004) 1200 БУФ облучателей верхней части помещений были установлены в 14 приютах для бездомных в 6 городах США. При этом был отмечен только один случай передозировки БУФ, когда двухъярусная кровать была подвинута слишком близко к БУФ облучателю. Эта проблема была решена путём изменения места монтажа облучателя (Nardell и др., 2008). В Бостонском госпитале, палаты которого оснащены БУФ облучателями, медицинские сёстры носили компактные мониторы УФ-С. В течение нескольких дней ежедневная суммарная доза УФ-С составила лишь небольшую часть от допустимой дозы в $6\text{mJ}/\text{cm}^2$ (First, 2005). Ещё одним условием безопасности использования БУФ верхней части помещения является дизайн облучателя и поток UV-C: например, открытые сверху облучатели без пластин жалюзи должны использоваться в помещениях с потолком выше 2,7 м (9 ft), в то время как облучатели с жалюзи (экранированные) - в помещениях с потолком 2,4 м (8 ft). Другой мерой безопасности является защитный выключатель облучателя для автоматического отключения от электросети при его открывании.

ВАЖНО: При правильном монтаже, обучении использованию, установке предупредительных знаков, проведении замеров облученности обученным персоналом, который использует защитные очки, БУФ облучатели безопасны в использовании.

ВАЖНО: Персонал, проводящий обслуживание должен быть обучен использованию средств защиты, т.е. защитных очков при работе в верхней части помещения (от уровня нижнего края облучателя до потолка).

ПРИМЕР ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО ЗНАКА.

УСТАНОВИТЬ В УЧРЕЖДЕНИИ, ГДЕ УСТАНОВЛЕННЫ БУФ ОБЛУЧАТЕЛИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ, ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ - НА РАЗЛИЧНЫХ ЯЗЫКАХ



УФБИ (БУФ) ОБЛУЧАТЕЛИ

БУФ облучатели различаются в зависимости от типа, модели и производителя. Необходимо полностью выполнять рекомендации производителя по их обслуживанию и ремонту. В то же время существуют стандартные или универсальные рекомендации по обслуживанию и ремонту, которые необходимо исполнять для того, чтобы обеспечить эффективную работу облучателей. Периодически, а также при отказе ламп, необходимо проводить осмотр облучателя, используя защитные очки. В случае неисправности облучателя ее устранение должно быть проведено немедленно для восстановления его работоспособности.

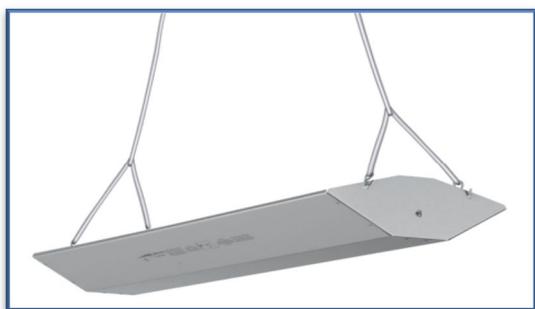


Рисунок 1 Слева - пример открытого сверху УФБИ облучателя верхней части помещения для помещений с высотой потолка 2,7 м (9 ft) и выше. Справа - пример УФБИ облучателя верхней части помещения с жалюзи для помещений с высотой потолка 2,4 м и выше.

КОМПОНЕНТЫ УФБИ ОБЛУЧАТЕЛЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ

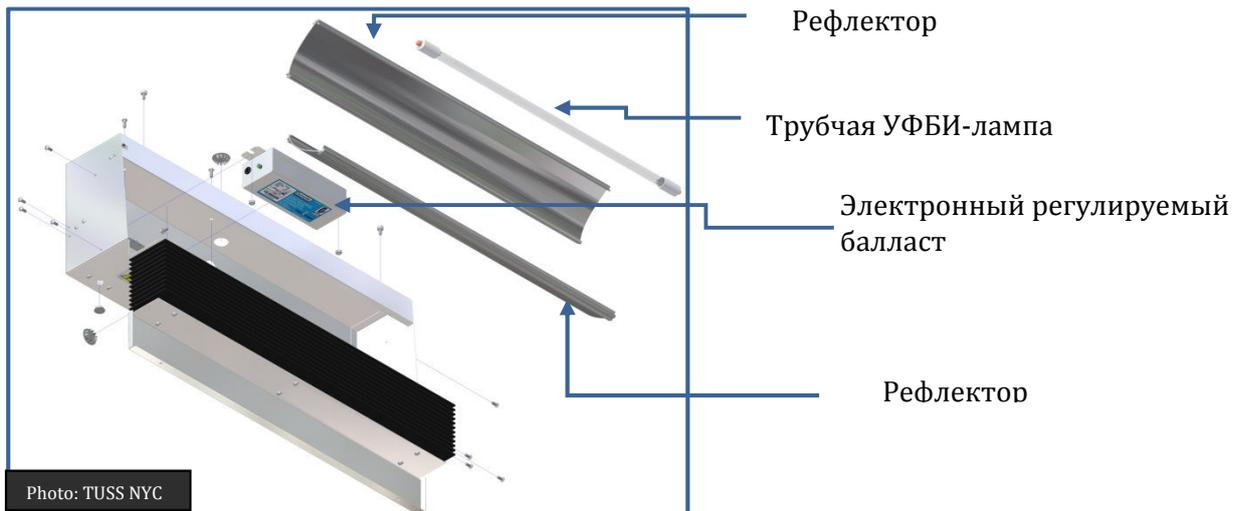
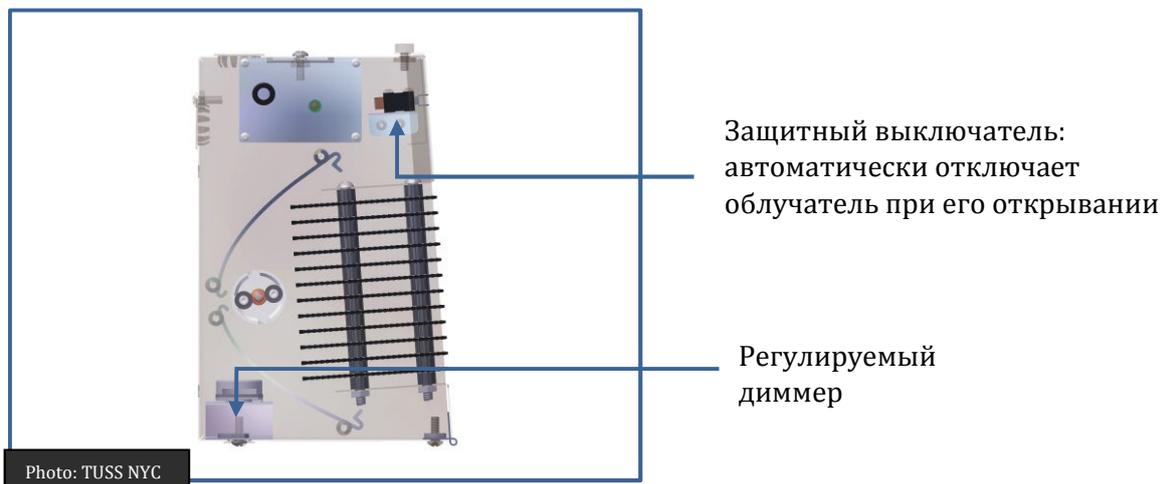


Рисунок 2 (А и В): компоненты настенного УФБИ облучателя верхней части помещения с жалюзи, в разобранном виде (вверху) и в разрезе (внизу).



ЛАМПЫ (СПЕКТР, КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОНТРАФАКТНЫЕ, РЕСУРС, ХАРАКТЕРИСТИКИ)

В настоящее время наиболее эффективным источником БУФ являются лампы с парами ртути низкого давления, хотя существуют и другие источники ультрафиолета. Эти лампы содержат ртуть, которая переходит в парообразное состояние, когда лампа загорается. Атомы ртути ускоряются электрическим полем и, сталкиваясь с атомами инертного газа, приходят в возбужденное состояние (Рис. 3).

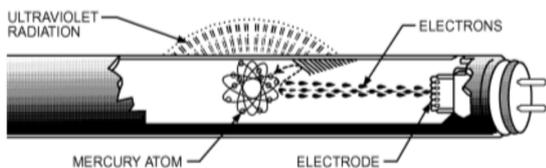


Рисунок 3. Процесс излучения ультрафиолета атомами паров ртути в БУФ-лампе. (рисунок: IESNA)

Возбужденные атомы ртути излучают почти 85% энергии в виде ультрафиолета длиной волны 253,7 нм. Очень небольшая часть энергии излучается в виде видимого света, а

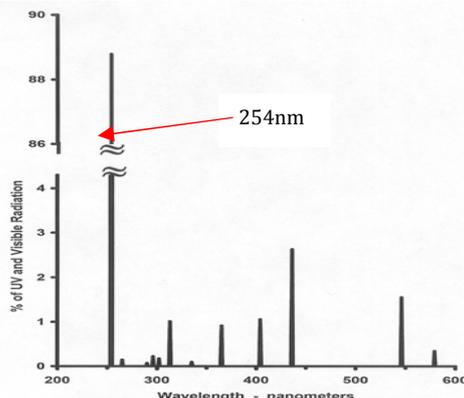


Рисунок 4 Спектральный состав излучения ртутной БУФ-лампы низкого давления. График: Robert E. Levin

остальная энергия излучается в ультрафиолетовом спектре (главным образом 185 нм) (Рис. 4). Однако внутренняя поверхность качественных БУФ – ламп, используемых для облучателей верхней части помещения, покрыта специальным составом, который блокирует ультрафиолетовые лучи длиной волны менее 200 нм, таким образом предотвращается озонообразование. И наоборот, низкокачественные лампы могут генерировать озон. Необходимо следить за тем, чтобы лампы, устанавливаемые в облучатели, не образовывали озон. Утилизация БУФ ламп должна быть организована в соответствии с национальными и местными экологическими требованиями с учетом содержания в них ртути, которое указывает производитель.

Срок работы БУФ ламп зависит от типа, производителя и характера их использования. Большинство доступных в настоящее время БУФ ламп имеют гарантийный срок 6000 – 10000 часов работы. Для более новых моделей в сочетании со специальным балластом производители гарантируют 18000 часов работы. О длительности использования ламп в зависимости от типа балласта, температуры и других факторов можно проконсультироваться у производителя. Длительность использования лампы зависит от напряжения, частоты включений и выключений, и типа используемого балласта. Таким образом, постоянная работа ламп без частого включения/выключения благоприятно отражается на длительности их использования. Жизненный цикл ламп ограничен выгоранием электродов (нитей) и дегенерацией кварца. Когда сгорает электрод, лампа не зажигается и такая неисправность очевидна. *Когда излучение лампы снижается, она по-прежнему горит голубым цветом, в то время как БУФ снижается ниже допустимого уровня.* Для контроля годности лампы должен использоваться UV-C радиометр, с помощью которого измеряют поток ультрафиолета от облучателя/лампы. *Другой экономически эффективный (в зависимости от особенностей местной экономики) способ обслуживания – плановая замена ламп на основании рекомендаций производителя.* Если стоимость трудозатрат невысока, регулярный мониторинг уровня излучения ламп может продлить срок их использования, как описано ниже.

Излучение БУФ лампы в самом начале эксплуатации несколько снижается от первоначального уровня (в течение около 100 часов), после чего происходит медленное и постепенное снижение излучения на протяжении всего срока эксплуатации вследствие соляризации и накопления отложений металла на внутренней поверхности. В самом конце жизненного цикла лампы излучение ультрафиолета резко снижено, однако излучение видимого (голубого) света сохраняется. Поэтому важно зафиксировать первоначальный уровень излучения облучателя и в дальнейшем регулярно делать его замеры для того, чтобы своевременно заменять лампы.

- Среднегодовое снижение излучения ламп (First и др., 2007):
 - Среднее снижение для прямых трубчатых ламп - 16%
 - Среднее снижение для изогнутых (компактных) ламп - 26%

Балласт

Балласт обеспечивает электрическим током лампу облучателя. В БУФ облучателях используются балласты, идентичные по конструкции и назначению тем, что устанавливают во флуоресцентных светильниках. Электронные балласты имеют встроенный стартер, а некоторые предусматривают возможность регулировки яркости. Они также позволяют настройку по разным типам напряжения и различным отклонениям вследствие нестабильного электроснабжения. Регулируемый по яркости балласт позволяет регулировать уровень излучения установленного облучателя для обеспечения безопасности. Выявить неполадки в работе балласта и их причины нетрудно. Если облучатель не работает после замены лампы, возможно, имеет место отказ балласта или имеются проблемы с напряжением в электросети. Большинство доступных балластов не подлежат обслуживанию и ремонту, поэтому при отказе подлежат замене. При замене

обязательно нужно обратить внимание на соответствие балласта электрической спецификации лампы. Если установлен неправильный тип балласта, лампа может загораться, но длительность и эффективность ее работы может быть сокращена. В отношении заменяемых компонентов и порядка подсоединения необходимо строго придерживаться указаний производителя.

Настоятельно рекомендуется использовать только тот тип балласта, который рекомендован производителем для каждого типа ламп, поскольку невыполнение этого требования нарушит стартовые характеристики лампы, уровень БУФ излучения и приведет к сокращению срока службы лампы.

ОБЛУЧАТЕЛЬ

Многие БУФ облучатели изготовлены из нержавеющей стали или алюминия. Эти материалы устойчивы к длительному воздействию высокоинтенсивного ультрафиолетового излучения. Лакокрасочное покрытие и порошковое напыление могут деградировать в результате длительного воздействия УФ-С. Нержавеющая сталь устойчива к такому воздействию на протяжении длительного периода времени, а преимущество алюминия – его низкий вес, что важно для подвесных моделей, а также для снижения стоимости доставки. Электропроводка внутри облучателя должна быть экранирована от воздействия UV-C во избежание повышения ее хрупкости. Конструкция облучателя должна предусматривать несложные очистку и обслуживание жалюзи, ламп, балласта и рефлектора.

ЗАЩИТНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ /ДАТЧИК ДВИЖЕНИЯ/ПОРТ ДЛЯ ОБЗОРА, РЕГУЛЯТОР ЯРКОСТИ

Различные опции могут быть предусмотрены для обеспечения безопасности среды обитания людей в помещении, для защиты персонала, который проводит обслуживание облучателей, однако это увеличивает стоимость как самих облучателей, так и их обслуживания. Защитный выключатель автоматически отключает облучатель перед его очисткой. Датчик движения отключает облучатель, если кто-то появляется в верхней облучаемой зоне во избежание облучения высокоинтенсивным БУФ. Порт для осмотра содержимого облучателя, выполненный из обычного, непроницаемого для БУФ стекла, может использоваться для того, чтобы проверить, горит ли БУФ лампа. Дополнительный сенсор может быть установлен в БУФ облучатель для получения информации об уровне излучения от лампы. Некоторые БУФ облучатели для верхней части помещения имеют балласт с регулятором яркости (диммером) для регулировки интенсивности излучения для обеспечения безопасности (в начале работы лампы – для увеличения БУФ-потока, а по мере деградации лампы – для его увеличения до оптимального уровня). Все облучатели должны соответствовать национальным требованиям электробезопасности той страны, где они установлены.

ВЕНТИЛЯЦИЯ

Исследования показали, что хорошее перемешивание воздуха в помещении критически важно для эффективности БУФ облучения верхней части помещения. Хи и др., 2003 установили, что без перемешивания воздуха эффективность БУФ облучателя верхней части помещения снижается на 80%. Во многих местах, где отсутствует механическая вентиляция, используются потолочные, настенные и напольные вентиляторы. При

использовании вентиляторов, механической вентиляции совместно с БУФ, они должны качественно обслуживаться для эффективного обеззараживания воздуха.

ПОВРЕЖДЕНИЕ РАСТЕНИЙ И МАТЕРИАЛОВ

Бактерицидное УФ излучение подавляет фотосинтез у комнатных растений, которые не переносят эти длины волн. Нужно размещать растения ниже верхней части помещения, где интенсивность БУФ очень высока. Также как ультрафиолет солнечного света, УФ-С вызывает со временем выцветание и деградацию органических материалов. Это необходимо учитывать при обслуживании здания или помещения.

РАЗРАБОТКА ПЛАНА ОБСЛУЖИВАНИЯ

Очень важно иметь письменный план обслуживания установленных БУФ облучателей верхней части помещения и устройств перемешивания воздуха. В этом руководстве даны инструкции по их обслуживанию, как силами самого учреждения, так и с привлечением внешней обслуживающей организации (аутсорсинг).

КОМПОНЕНТЫ ПИСЬМЕННОГО ПЛАНА

ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ – ВЕДИТЕ ЖУРНАЛ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Записывайте, когда БУФ облучатели были установлены, проверены, очищены, перемещены, и т.д. Регистрируйте уровень излучения после проведения регулярной очистки, как правило, каждые 3 или 6 месяцев; однако эта частота может варьировать в зависимости от запыленности окружающей среды, климатических условий, относительной влажности воздуха и типа механической вентиляционной системы здания.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ИСПОЛНИТЕЛЯ

<ul style="list-style-type: none">• Если перегорает БУФ лампа (или возникает другая неисправность), кто должен сообщить технической службе или сервисной компании по БУФ?
<ul style="list-style-type: none">• После завершения монтажа БУФ облучателей, кто отвечает за контроль их работы, обслуживание, замену ламп?
<ul style="list-style-type: none">• Если ответственное лицо выбывает из учреждения, как происходит перераспределение ответственности?
<ul style="list-style-type: none">• Мероприятия по обслуживанию и ремонту БУФ облучателей должны быть включены в сводную программу (план) обслуживания учреждения и находиться под контролем лица, ответственного за инфекционный контроль (санитарно-противоэпидемический режим).

СТОИМОСТЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Имеются два основных варианта организации обслуживания БУФ-облучателей.

1. Вместе с покупкой облучателей в контракт включают их 5-ти летнее обслуживание силами компании, имеющей опыт работы в этой сфере. Контракт должен включать очистку облучателей по установленному графику, замену ламп ежегодно (или с

учетом измеренного уровня излучения), устранение неисправностей, измерение уровня излучения для оценки эффективности и безопасности БУФ после очистки облучателя. Для замеров должен использоваться UV-C радиометр с косинус-корректированным детектором 254 нм. Обслуживающая компания должна поддерживать достаточный (~5%) неснижаемый запас ламп и заменяемых частей, таких как балласт, для постоянного поддержания БУФ системы в рабочем состоянии.

2. Разрабатывается собственный план и бюджет обслуживания силами хозяйственной службы учреждения. Необходимо приобрести UV-C радиометр с детектором (см. описание выше), который подлежит калибровке, расходные материалы для очистки (марля, тампоны, 70% этиловый спирт для протирания ламп, хлопчатобумажные или нестерильные медицинские перчатки, защитные очки с боковыми щитками, кисточки для очистки пластин жалюзи, ручной пылесос для очистки от насекомых и пыли, и т.д.), лампы и другие запчасти на замену, запасные облучатели для замены неисправных или изношенных, набор для демеркуризации в случае разбивания или повреждения ламп. Необходимо предусмотреть стоимость утилизации ртутных БУФ ламп внешней компанией (см. <http://almr.org>), специализирующейся в утилизации отходов, в том числе в защите окружающей среды от ртути. Обычно в этом нет необходимости, если лампа содержит менее 5 мг ртути. Затраты труда: рутинные работы по обслуживанию, включенные в общий объем работ; или конкретные периодические объемы работ в расчете на обслуживание одного облучателя. Необходимо предусмотреть стоимость повторной калибровки UV-C метра в соответствии со спецификацией производителя.

СТОИМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование для бактерицидного ультрафиолетового облучения верхней части помещения			
БУФ облучатель верхней части помещения экранированный/с жалюзи для низких потолков (2,4 м/ 8 ft)	\$200-1.500	За облучатель	Для смонтированного на высоте 2,1 м облучателя (от пола до нижнего края облучателя) максимальная облученность на уровне глаз не должна превышать 0,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
БУФ облучатель экранированный для высоких потолков (>2,7 м/ >9 ft)	\$200-1.000	За облучатель	Для смонтированного облучателя максимальная облученность на уровне глаз не должна превышать 0,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
БУФ лампа	\$15-100	За лампу	Запасная часть; цена некоторых брендов очень высокая. Менее дорогие - 30W T8; стоимость Atlantic & American UV – выше.
БУФ (UV-C) радиометр и UV-C детектор 254 нм	\$500 – 2.500	За прибор	Рекомендуется портативный прибор на батарейках с диапазоном измерений 0,01-2000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Калибровка БУФ (UV-C) радиометра и UV-C детектора (ежегодно)	\$300-400	За калибровку прибора	
<p>Адаптировано из WHO One Health Tool: Infection Control working group, November 2014. http://www.who.int/choice/onehealthtool/en/ Для подробной информации свяжитесь с Ernesto Jaramillo, Global TB Programme по адресу jaramilloe@who.int. Внимание: следуйте рекомендациям производителя при монтаже БУФ облучателей.</p>			

ОБУЧЕНИЕ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

<ul style="list-style-type: none"> Первоначальное обучение по применению БУФ облучателей верхней части помещения должен провести специалист, обученный применению БУФ или представитель производителя, которому поручено сдать в эксплуатацию проверенную и настроенную систему.
<ul style="list-style-type: none"> Впоследствии технический персонал должен проводить ежегодное обучение на рабочем месте медицинского и прочего персонала о назначении БУФ облучения верхней части помещения, о предосторожностях для его безопасного использования, а также о том, каким образом и кому нужно сообщать о возникших проблемах при его работе.
<ul style="list-style-type: none"> Все вновь принятые сотрудники в порядке первоначального инструктажа должны проходить обучение о безопасном применении БУФ верхней части помещения.
<ul style="list-style-type: none"> Необходимо обсуждать с обслуживающей компанией или ответственным за обслуживание изменения в использовании помещения, которые могут оказать влияние на работу БУФ системы.
<ul style="list-style-type: none"> По мере необходимости (но не реже чем ежегодно) провести оценку изменений в учреждении в плане риска трансмиссии ТБ и инфекционного контроля на предмет необходимости переустановки облучателей или дополнительного монтаже новых облучателей. Необходимо документировать все вносимые изменения по согласованию с ответственным за инфекционный контроль или санитарно-противоэпидемический режим.

ЗАДАЧИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

БУФ облучатели верхней части помещения различаются по типам, модели и производителю. Необходимо неукоснительно придерживаться рекомендаций производителя при проведении их монтажа, обслуживания и ремонта. В тоже время существуют стандартные или универсальные процедуры, которые должны выполняться для поддержания продуктивного и эффективного функционирования облучателей. Осмотр с использованием защитных очков должен проводиться на регулярной основе, а также при отказе лампы, при этом безотлагательно принимаются меры по восстановлению рабочего состояния облучателя. Наиболее важные задачи обслуживания включают:

- Измерение излучения в верхней части помещения (оценка эффективности) и в обитаемой зоне помещения (оценка безопасности)
- Очистка облучателя и ламп
- Регулярный осмотр
- Ремонты и замены компонентов
- Утилизация/удаление неисправных ламп, балластов, облучателей.

МОНИТОРИНГ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ (ИЗМЕРЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ) – при помощи портативного радиометра измеряют облученность в верхней (подпотолочной), непосредственно облучаемой зоне помещения. При приемке установленных облучателей в процессе их первоначального приемочного тестирования, проводят измерение облученности после первых 100 часов работы («вгорание») новых бактерицидных ламп, когда излучение ламп стабилизируется. Это первоначальное значение облученности используют как базовое для мониторинга излучения в последующий период. На регулярной основе, с периодичностью, определяемой частотой очистки облучателей, принятой в учреждении, проводят измерения облученности и сравнивают ее с базовым значением. Если этот показатель снижается до менее 70% от базового, даже для свежечищенных облучателей, лампу заменяют на новую. После 100 часов работы этой новой лампы замеряют ее базовое значение облученности.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ (ИЗМЕРЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В НИЖНЕЙ, ОБИТАЕМОЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ) - Ассоциацией Государственных Промышленных Гигиенистов (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) и Международной Комиссией по защите от Неионизирующего Излучения (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) установлено предельно допустимое значение (Threshold Limit Value (TLV)) экспозиции человека УФБИ - $6\text{ мДж}/\text{см}^2$ в течение 8 часов. При экспозиции человека, превышающей это значение, возникают болезненные поражения глаз и кожи (фотокератит и фотодерматит). Это значение (суммарная доза БУФ) может быть получена в течение нескольких секунд или накоплена в течение нескольких часов в зависимости от интенсивности излучения, если не предприняты необходимые меры для ограничения экспозиции. Роговица глаз является органом, наиболее чувствительным к воздействию БУФ, поэтому для обеспечения безопасности в нижней, обитаемой части помещения, уровень облученности на уровне глаз не должен превышать $0,4\ \mu\text{W}/\text{см}^2$ на высоте 1,7 м от уровня пола по всей обитаемой площади помещения. Для измерений используется чувствительный UV-C радиометр с детектором 254 нм. В некоторых помещениях в незначительной длительностью пребывания людей, например в коридорах, допустимы значения облученности выше $0,4\ \mu\text{W}/\text{см}^2$, при этом вполне обеспечена безопасность людей из-за кратковременной экспозиции (времени пребывания). Соответственно в таких местах, как реанимационные палаты, места ожидания, палаты для пациентов, холлы для больных и посетителей, сестринские посты и т.д., где люди могут находиться длительно, необходимо обеспечить более низкие уровни облученности (не выше $0,4\ \mu\text{W}/\text{см}^2$).

Уровень БУФ облученности может быть измерен UV-C радиометром, при этом детектор должен быть непосредственно направлен на облучатель на уровне глаз в различных местах помещения. Эти значения фиксируются в одних и тех же позициях каждый раз при оценке безопасности БУФ. В зависимости от типа помещения (от типичной длительности пребывания людей), если измеренные значения облученности превышают $0,4\ \mu\text{W}/\text{см}^2$, в особенности при наличии жалоб на раздражение глаз, БУФ облучатель в помещении не должен использоваться вплоть до его перенастройки с целью снижения облученности в нижней части помещения до допустимого предела. Наклонные потолки часто способствуют избыточному уровню БУФ облученности в нижней части помещения.

ПОРТАТИВНЫЙ БУФ (UV-C) РАДИОМЕТР ДЛЯ МОНИТОРИНГА

БУФ (UV-C) радиометры с косинус-корректированным фильтром 254 нм, установленным на детекторе, используют для полевых измерений как показано на рис. 3 и 4. Диффузор служит также как аттенюатор (ослабитель) для предохранения детектора от повреждения и снижения чувствительности при работе в высокоинтенсивном БУФ излучении.

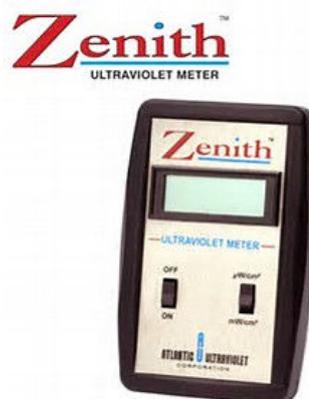
Требования по обслуживанию БУФ (UV-C) радиометра

Необходима периодическая калибровка радиометра в соответствии с рекомендациями производителя.

Рисунок 2 а) Портативный UV-C радиометр (Zenith)
Б) измерение БУФ излучателя
Фото: Atlantic Ultraviolet



3a)

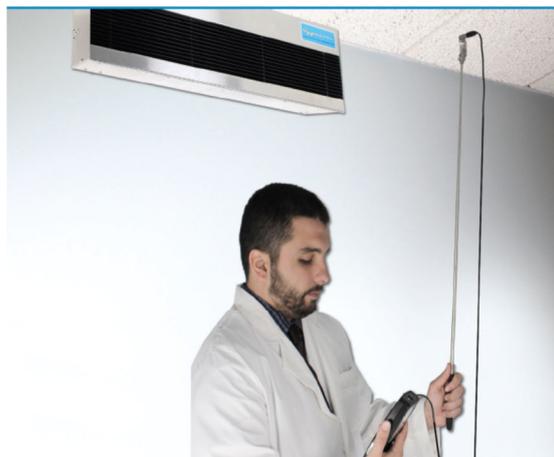


4a)

Рисунок 3. Портативный UV-C радиометр с детектором и фильтром.
3a) Gigahertz-Optik
3b) International ILT 2400 UV-C радиометр показан ниже. Фото: ILT.



3b)



4b)

ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

1. Измерения БУФ должны проводиться
<ul style="list-style-type: none"> • при первоначальном монтаже • при установке новых ламп (новые модели могут иметь более высокое излучение)
<ul style="list-style-type: none"> • после того, как в системе БУФ верхней части помещения или в самом помещении произведены какие-либо изменения (например, настройка облучателя, изменение положения жалюзи, его перевешивание, добавление задерживающих или отражающих УФ материалов, изменение размеров помещения, изменение конфигурации перегородок в помещении и т.п.)
<ul style="list-style-type: none"> • После очистки облучателя • При поступлении жалоб о возможном превышении экспозиции к БУФ (передозировке)
2. Сборка инструмента для измерений, включая:
a. Измерительная лента или линейка длиной 1 м или 3 ft.
b. UV-C радиометр с детектором 254 nm с удлинительной штангой для сенсора
c. Переносная лестница
d. Защитные очки с боковыми щитками
e. Респиратор FFP2 или N95 для применения в зонах высокого риска
f. Журнал обслуживания с формами для заполнения (включая повод для измерения – новая лампа, плановое обслуживание и т.д.)
i. Облученность на уровне глаз в обитаемой зоне
ii. Максимальная облученность на расстоянии 1 м от облучателя
g. Самоклеящиеся этикетки
3. Документирование любых настроек и регулировок, сделанных в процессе измерений (например, очистка, регулировка рефлектора, замена лампы и т.д.)
4. Проведение измерений
h. Наденьте все необходимые средства индивидуальной защиты (респиратор и защитные очки)
i. Следуя инструкциям производителя радиометра, обнулите его, закрыв крышкой сенсор.
j. Удалите крышку и поместите сенсор перед облучателем на расстоянии 1 м от задней стенки БУФ облучателя верхней части помещения
k. Для измерения излучения (эффективности облучателя) (см. Рис. 5) поднимите сенсор вверх на уровень облучателя, и, передвигая вверх-вниз, найдите точку с максимальным значением облученности в верхней части помещения на расстоянии 1 м от облучателя. Сенсор при этом должен быть точно направлен на лампу облучателя.
l. Запишите значение в журнал обслуживания. Поставьте пометку, что это базовое значение облученности для сравнения с последующими измерениями в будущем. (См. ниже: Пример записи результатов измерений в журнале).
m. Если это не начальное, базовое значение, сравните его с базовым значением. Если измеренная облученность составляет менее 70% от базового значения, необходимо тщательно очистить лампу и облучатель. Повторить измерение, и если результат по-прежнему менее 70% базового, заменить лампу. Проведите измерение для оценки безопасности в обитаемой зоне помещения на уровне глаз (на высоте 1,7 м) для того, чтобы убедиться, что новую лампу можно использовать в облучателе на 100 часов для «вгорания». Если уровень облученности выше допустимого, отрегулируйте рефлектор или жалюзи до получения безопасного уровня облученности. Если уровень облученности не превышает $0,4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ в обитаемой зоне помещения, система безопасна и может использоваться в присутствии людей. (Nardell 2008).

Измерения для оценки безопасности (см. Рис. 9-11) сканируйте сенсором на уровне глаз (1,7 м над уровнем пола) по всему помещению, в особенности около всех облучателей. Сделайте эти измерения в тех местах, где возможно суммирование эффектов от двух или более облучателей. Установите, есть ли превышение облученности уровня $0,4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Если такие места в помещении есть, облучатель должен быть перенастроен. Поместите сенсор в тех местах, где сидят (работают) медицинские работники, у изголовья кровати пациента, для исключения превышения допустимого уровня БУФ в наиболее обитаемых местах помещения. При необходимости настройте облучатель для обеспечения безопасности (регулировка жалюзи, перекрашивание поверхностей краской с меньшими отражающими БУФ свойствами, снижение яркости балластом, перевешивание облучателя в более безопасное место и т.д.),

п. Занесите измеренные значения в форму журнала. Опишите все меры корректировки уровней облученности, которые были предприняты. Если необходимо проведение дополнительных мер, сделайте соответствующую запись в журнале.

о. См. Рис. 6-8 с примерами техники измерений.

5. Подпишите заполненную форму в журнале обслуживания.



Photo: Grigory Volchenkov



Photo: Grigory Volchenkov

Рисунок 3 (вверху). Измерительная лента используется для точной установки сенсора на расстоянии 1 м от задней стенки облучателя.

Детектор (слева) поднимают и опускают для нахождения точки с максимальным значением облученности в зоне интенсивного БУФ излучения в подпотолочном пространстве. Если возможно, на полу делают метку перманентным маркером для точного и быстрого нахождения позиции для повторных измерений в будущем. Или же для этой цели может использоваться метровая линейка для быстрого нахождения позиции детектора перед облучателем.

ей верхней части помещения



Рисунок 4 Техник использует БУФ радиометр для проверки безопасности для глаз. Обратите внимание: видимый голубой свет не является БУФ, уровень ультрафиолетового излучения можно оценить только радиометром.



Рисунок 5. Измерения уровня БУФ в нижней части палаты для оценки безопасности облучателя.

Рисунок 6. Техник измеряет облученность на уровне глаз в коридоре для оценки безопасности БУФ облучателей.



**ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ БУФ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ
ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОМЕЩЕНИЯ – ФОРМАТ ЖУРНАЛА**

Учреждение:		Кабинет/Палата №				
Облученность ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)		Допустимое значение XX - базовое (начальное) значение облученности ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$ на расстоянии 1m)	Результаты ежеквартальных измерений (до и после очистки)			
			Квартал 1	Квартал 2	Квартал 3	Квартал 4
Облучатель №__: Модель/Производитель: Дата монтажа:		Не менее 70% от XX				
Облучатель №__: Модель/Производитель: Дата монтажа:		Не менее 70% от XX				
Облучатель №__: Модель/Производитель: Дата монтажа:		Не менее 70% от XX				
В обитаемой зоне		$\leq 0,4\mu\text{W}/\text{cm}^2$				
Модель и серийный номер UV-C радиометра: Дата калибровки:						
Дата:						
БУФ лампы заменены/Дата:						
Комментарий:						
Кем утверждено:	Имя:	Подпись:				

ОЧИСТКА ОБЛУЧАТЕЛЕЙ И ЛАМП

Накопление пыли на отражающих поверхностях и стекле ламп БУФ облучателей влечет к значительному снижению их эффективности. Очистка облучателей и ламп должна проводиться в соответствии с рекомендациями производителя. При отсутствии таких инструкций рекомендуется следовать приведенным ниже указаниям (в приведенном порядке):

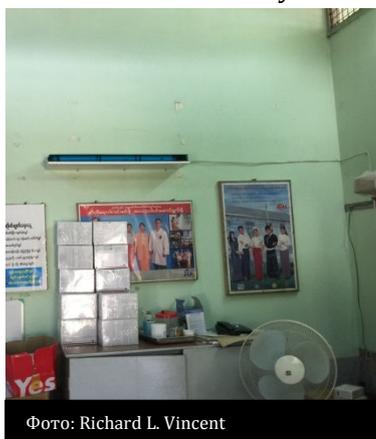
<ul style="list-style-type: none">• Подготовить набор материалов для очистки, в том числе:
<ul style="list-style-type: none">○ Чистые перчатки без талька
<ul style="list-style-type: none">○ Чистые салфетки без ворса
<ul style="list-style-type: none">○ 70% раствор этилового или изопропилового спирта
<ul style="list-style-type: none">○ Ручной пылесос, кисть для жалюзи
<ul style="list-style-type: none">○ Защитные очки
<ul style="list-style-type: none">○ СИЗОД: респиратор FFP2 или N95 для помещений высокого риска
<ul style="list-style-type: none">○ Журнал обслуживания для документирования очистки и повторных измерений облученности.
<ul style="list-style-type: none">• Одеть средства защиты перед началом работы в облучаемой зоне или перед открыванием корпуса облучателя
<ul style="list-style-type: none">• Отключить облучатель и дайте лампам остыть
<ul style="list-style-type: none">• Сухой салфеткой без ворса удалить всю пыль с наружных поверхностей, для очистки пластин жалюзи использовать кисть или пылесос.
<ul style="list-style-type: none">• Открыть корпус в соответствии с инструкцией производителя
<ul style="list-style-type: none">• Прикасаться к лампам только в чистых перчатках без талька для предотвращения оставления следов жира на лампах и отражающих поверхностях.
<ul style="list-style-type: none">• Заменить БУФ лампы в соответствии с графиком замены или на основании замера интенсивности излучения (эффективности).
<ul style="list-style-type: none">• Заменить неисправный балласт, если лампы мерцают
<ul style="list-style-type: none">• Смоченной в 70% этиловом или изопропиловом спирте салфеткой без ворса очистить БУФ лампы и рефлекторы (НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ МЫЛЬНЫЙ РАСТВОР). При очистке от стойких загрязнений избыточных усилий не прилагать.
<ul style="list-style-type: none">• Протереть БУФ лампы, рефлекторы, пластины жалюзи и наружные поверхности чистой салфеткой без ворса.
<ul style="list-style-type: none">• Аккуратно закрыть корпус облучателя
<ul style="list-style-type: none">• Включить облучатель и в защитных очках проверить работу БУФ лампы
<ul style="list-style-type: none">• После того, как БУФ облучатель высох, повторно измерить облученность в подпотолочном пространстве (эффективность) и в обитаемой зоне (безопасность)
<ul style="list-style-type: none">• В журнале обслуживания сделать запись об осмотре, очистке и замене в соответствии с рекомендациями.

Частота очистки зависит от местных условий. Максимальный интервал между очисткой и обслуживанием обычно составляет 3 месяца для более пыльных, менее чистых помещений и 6 месяцев для чистых помещений. Конкретную частоту очистки нужно устанавливать для различных помещений учреждения индивидуально. Она зависит от типа вентиляции (механическая, естественная) и качества фильтрации приточного воздуха, а также количества пыли в окружающей среде. Такой план обслуживания нужно

корректировать на основании данных измерения эффективности облучателей, которые собираются в ходе рутинного мониторинга.

ПОШАГОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОЧИСТКЕ

1. Подготовить: стремянку, 70% раствор этилового или изопропилового алкоголя, мягкую салфетку без ворса, перчатки без талька, журнал обслуживания, УФ (UV-C) радиометр, рулетку, новые БУФ лампы, отвертку (плоскую, крестовую или другой инструмент, рекомендованный производителем). Используйте защитные очки, если облучатель не обесточен. Используйте СИЗОД (респиратор), когда работаете в условиях высокого риска инфицирования туберкулезом.
2. Отключить БУФ облучатель от электричества и **дать ему остыть**.



3. Открыть БУФ облучатель и провести обслуживание. **К лампам и рефлектору прикасаться только в перчатках без талька**. Протереть рефлектор и лампу чистой салфеткой без ворса, смоченной 70% раствором этилового или изопропилового спирта для удаления загрязнений. Жалюзи очистить кистью или пылесосом. Осторожно заменить лампу при необходимости. Следуйте рекомендациям производителя при замене ламп или проводите замену на основе результатов измерений. **Выполняйте требования национальных экологических норм при утилизации, в случае разбивания или для переработки БУФ ламп.**





Фото: Paul A. Jensen

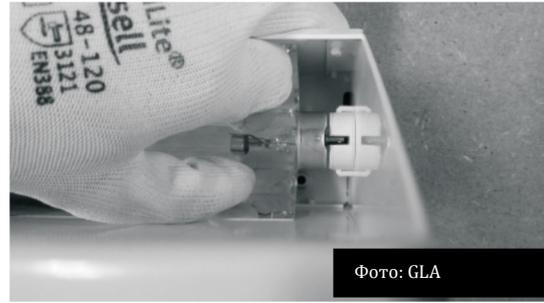


Фото: GLA

4. Закройте БУФ облучатель. **Включить облучатель только после возвращения в безопасную нижнюю зону помещения** и дать ему прогреться в течение 10 минут, после чего UV-C детектором с радиометром провести измерения облученности в облучаемой зоне и в нижней зоне помещения. Занести результаты обоих измерений в журнал обслуживания.

ЗАМЕНА ЛАМП

В работе БУФ ламп, балласта или стартера в любое время могут возникнуть нарушения или полный отказ. Вместе с тем со временем параметры их работы постепенно ухудшаются, отрицательно сказываясь на эффективности БУФ облучателя. В связи с этим возникает необходимость их замены.

Экономически эффективный подход к замене ламп, выработавших свой ресурс, состоит в проведении планового мониторинга эффективности работы облучателей с помощью измерений UV-C радиометром. Для учреждений с большим количеством облучателей и технической возможностью периодического контроля эффективности работы облучателей рекомендуется выборочная замена ламп при снижении уровня излучения ниже 70% от исходного (базового).

Там, где количество установленных БУФ облучателей не настолько велико, чтобы иметь и регулярно использовать UV-C радиометр для мониторинга их эффективности, более рационально применять стратегию плановой тотальной замены БУФ ламп по достижении ими гарантийного срока эксплуатации. Если учесть затраты труда, то ежегодная замена ламп является более экономически эффективной стратегией, нежели замена на основе мониторинга эффективности работы облучателей.

Неожиданный отказ ртутных БУФ ламп низкого давления легко определить простым осмотром, когда облучатель включен. Несмотря на то, что голубой свет не является надежным показателем БУФ излучения, его отсутствие свидетельствует о неисправности лампы или других электрических компонентов облучателя. В облучателях с несколькими БУФ лампами нужно в особенности внимательно, с соблюдением описанных выше мер предосторожности, проводить осмотр каждой на предмет отказа

КОНТРОЛЬНЫЙ ОСМОТР ОБЛУЧАТЕЛЯ

Первичный осмотр:

Убедитесь в том, что монтаж БУФ облучателя верхней части помещения проводится обученным, компетентным персоналом. Кто бы ни проводил монтаж, убедитесь в том, что облучатель смонтирован правильно. При первичном осмотре необходимо прояснить следующие вопросы:

- Смонтирован ли облучатель горизонтально? Проверьте уровнем верхнюю плоскость облучателя на горизонтальность в обоих направлениях – вдоль стены и перпендикулярно ей.
- Хорошо ли подсоединены все электрические контакты?
- Правильно и надежно ли облучатель закреплен на стене/потолке?
- В правильную ли сторону направлен облучатель?
- Достаточно ли высоко смонтирован облучатель? Идеальная высота монтажа зависит от высоты помещения, но в любом случае облучатель должен быть не ниже 2,1 м (7 ft).
- Безопасен ли монтаж для обитателей помещения? Сделайте измерения облученности UV-C радиометром в обитаемой зоне помещения (на высоте 1,7 м или 5'8").

Ежедневный осмотр:

- Проводится начиная со дня монтажа БУФ облучателя и далее постоянно. Он должен быть частью ежедневных обязанностей ответственного персонала в соответствии с инструкцией наряду с контролем состояния вентиляции или проветривания.
- *Ответственный сотрудник, которому необходимо сообщить о неисправности облучателя, должен быть указан в официальной инструкции.*

Плановый осмотр и обслуживание (каждые 3 - 6 месяцев):

- Включены ли БУФ лампы? Не выключайте их в ночное время; непрерывная работа продлевает срок их службы до 60% выше гарантированного производителем срока.
- Насколько чисты лампы?
- Проверьте в журнале дату последнего обслуживания. Проведено ли оно своевременно?

РЕМОНТЫ

<ul style="list-style-type: none">▪ В договор на поставку облучателей включите детальные обязательства поставщика по их гарантийной замене и ремонту; или организуйте обучение собственного персонала проведению этих работ собственными силами.
<ul style="list-style-type: none">▪ Отслеживайте гарантийные обязательства и их исполнение.
<ul style="list-style-type: none">▪ В договор на поставку рекомендуется включить обязательство поставщика предоставлять исправные облучатели на замену, на время ремонта, при возникновении неисправностей гарантийных облучателей.
<ul style="list-style-type: none">▪ Если происходит раннее перегорание БУФ ламп, добивайтесь их замены от поставщика. В среднем в течение первого года непрерывной работы (9000 часов) происходит отказ:<ul style="list-style-type: none">▪ <1% для прямых трубчатых ламп▪ <2% для изогнутых ламп

УТИЛИЗАЦИЯ НЕИСПРАВНЫХ ЛАМП, БАЛЛАСТОВ, ОБЛУЧАТЕЛЕЙ

С БУФ лампами нужно обращаться так же, как с другими ртутьсодержащими материалами, например, как с флюоресцентными лампами. Большинство ламп требуют утилизации как экологически опасные отходы и не должны выбрасываться вместе с обычным мусором. Низкортутные лампы могут подвергаться такой же утилизации, как и обычный мусор, если содержание в них ртути не превышает 5 мг; однако некоторые национальные нормы расценивают их как опасные отходы. В соответствии с требованиями Агентства защиты окружающей среды США (U.S. Environmental Protection Agency) пользователи могут при транспортировке к месту утилизации обращаться с БУФ лампами как с обычными отходами. Этот упрощенный порядок был принят для стимулирования вторичной переработки. Так или иначе, нужно придерживаться национальных норм по утилизации ртутьсодержащих материалов при обращении с БУФ лампами. В большинстве БУФ облучателей используются электронные балласты, однако более старые модели могут содержать магнитные балласты. Магнитные балласты, произведённые до 1979 года содержат полихлорированные бифенолы (PCB) в диэлектрике конденсатора. Поэтому балласты необходимо отправлять на вторичную переработку. При этом медь и алюминий проводов, сталь пластин ламинатора и корпуса отправляются на повторное использование, а конденсаторы и другие опасные компоненты уничтожаются как опасные отходы в высокотемпературных инсинераторах.

Неисправные электронные балласты подлежат утилизации как прочие отходы электроники. Некоторые фирмы принимают для утилизации лампы вместе с электронными балластами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы обсудили различные компоненты программы обслуживания БУФ облучателей верхней части помещения для устойчивого поддержания их эффективного функционирования. Принципиально важен правильный выбор подхода к их обслуживанию. Если обслуживание БУФ облучателей организовано силами персонала учреждения и проводится регулярной мониторинг их работы, возможно использование БУФ ламп в течение значительно более длительного периода времени, нежели гарантированные производителем 9000 часов. Это вполне возможно, однако такой подход требует регулярной интенсивной работы и контроля ее исполнения. Если имеются трудности с собственным техническим персоналом для проведения такого интенсивного обслуживания и мониторинга, можно ограничиться ежеквартальной очисткой, измерениями облученности два раза в год и ежегодной заменой всех ламп в БУФ облучателях верхней части помещения. И третий подход – привлечение по контракту внешней компании для проведения обслуживания облучателей.

Целью программы обслуживания БУФ облучателей является их длительная эффективная работа с оптимальными параметрами облучения в верхней части помещения при безопасном уровне облученности в его обитаемой части. Для эффективного обеззараживания воздуха обязательно должно быть обеспечено перемешивание воздуха в помещении (потолочные, напольные вентиляторы, радиаторы отопления и т.д.). Эти мероприятия должны быть непременной частью противотуберкулезного инфекционного контроля учреждения. Конечным результатом эффективной реализации БУФ облучения верхней части помещения является снижение риска распространения туберкулезной инфекции в учреждении.

ЛИТЕРАТУРА

ACGIH. (2017). *TLVs® and BEIs®*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH. ASHRAE. (2017). *ASHRAE Handbook HVAC Applications*, Chapter 60, Ultraviolet Air and Surface Treatment.

CDC. (2005). Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health-care settings. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)* 37-38, 70-75.

CIE. (2011). *International Lighting Vocabulary*. Commission Internationale de L'Eclairage, Vienna.

Escombe AR, DAJ Moore, RH Gilman, M Navincopa, E Ticona, *et al.* (2009). Upper-Room Ultraviolet Light and Negative Air Ionization to Prevent Tuberculosis Transmission. *PLoS Med* 6(3): e1000043. doi:10.1371/journal.pmed.1000043.

First MW, K Banahan, TS Dumyahn. (2007b). Performance of ultraviolet light germicidal irradiation lamps and luminaires in long-term service. *Leukos* 3:181-188.

First MW, SN Rudnick, KF Banahan, RL Vincent, PW Brickner (2007a). "Fundamental Factors Affecting Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation--Part 1. Experimental." *J Occup Environ Hyg.* 4: 1-11.

First MW, RA Weker, S Yasui., EA Nardell (2005). Monitoring human exposures to upper-room germicidal ultraviolet irradiation. *J Occup Environ Hyg.* 2: 285-92.

Miller SL. (2015). Upper room germicidal systems for air disinfection are ready for wide implementation. *Editorial, Am J Resp Crit Care Med* 192;4:407-408.

Mphahlele M, AS Dharmahikari, PA Jensen, SN Rudnick, TH van Reenen, MA Pagano, W Leuschner, TA Sears, SP Milonova, M van der Walt, AC Stoltz, EA Nardell. (2015). Institutional Tuberculosis Transmission: Controlled trial of upper room ultraviolet air disinfection – A basis for new dosing guidelines. *Am J Respir Crit Care Med.* 192(4):477-84. doi: 10.1164/rccm.201501-00600C.

Nardell EA, SJ Bucher, PW Brickner, C Wang, RL Vincent, K Becan-McBride, MA James, M Michael, Wright JD. (2008). Safety of upper-room ultraviolet germicidal air disinfection for room occupants: results from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study. *Public Health Rep.* 2008;123(1):52-60. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2099326&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

Nardell E, R Vincent, DH Sliney. (2013), Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) for Air Disinfection: A Symposium in Print. *Photochemistry and Photobiology*, 89: 764–769. doi: 10.1111/php.12098*This research was supported by a Fogarty International Center training grant, 1D43TW009379, Testing Novel Interventions to Protect Workers from Airborne Infections, (P.I., E. Nardell).

NIOSH. (1972). *Criteria for Recommendation of Occupational Exposure to Ultraviolet Radiation*. <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/7311009a.pdf>.

NIOSH, editor. (2009) *Environmental Control of Tuberculosis: Basic Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation Guidelines for Healthcare Settings*. U.S. National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH).

Reed N, S Wengraitis (2012) Ultraviolet spectral reflectance of ceiling tiles with special emphasis on implications for the safe use of upper-room ultraviolet germicidal irradiation. *Photochem. Photobiol.* 88(6), 1480–1488.

Reed NG. (2010). The History of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection. *Public Health Reports*, 125(1), 15–27.

Riley RL, M Knight, G Middlebrook. (1976). Ultraviolet susceptibility of BCG and virulent tubercle bacilli. *Am Rev Respir Dis* 113:413–418.

Rudnick SN, MW First (2007). Fundamental Factors Affecting Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation—Part II. Predicting Effectiveness. *J Occup Environ Hyg.*; 4: 352–362.

Sliney DS (2013). Balancing the risk of eye irritation from UV-C with infection from bioaerosols. *Photochem and Photobio*, 89:770-776.

Singh T, P deJager, M Poulta, T van Reenen, A Stoltz (2015) GUV Disinfection of Room Air: An Evidence Based Guideline for Design, Implementation and Maintenance. Discussion Version 6.1 http://www.tb-ipc.co.za/downloads/tb-ic_Seminar/11.pdf

Xu P, J Peccia, P Fabian, S Miller (2003). Efficacy of ultraviolet germicidal irradiation of upper-room air in inactivating bacterial spores and Mycobacteria in full-scale studies. *Atmospheric Environment* 37 (2003) 405–419.



<http://www.stoptb.org/wg/ett/>