

# Дезинфекция воздуха системами бактерицидного ультрафиолета (БУФ) в верхней части помещения (ВЧП)



**РИСУНОК 1** Зал ожидания амбулаторного приема с естественной вентиляцией, потолочными вентиляторами и БУФ облучателями в верхней части помещения. Национальный Институт Туберкулеза и Респираторных Заболеваний, Нью-Дели, Индия.

## Что такое системы БУФ в верхней части помещения (ВЧП)?

Системы ультрафиолетового бактерицидного ультрафиолета (также называемого ультрафиолетовым бактерицидным излучением или УФБИ) в верхней части помещений (ВЧП) сочетают безопасное использование энергии БУФ в верхней, подпотолочной части помещений с механическим перемешиванием воздуха с целью дезинфекции большого объема воздуха в помещениях. (См. Рис. 1)

## Для чего применяются БУФ ВЧП?

БУФ ВЧП – доступный и эффективный метод контроля окружающей среды в помещениях для снижения риска инфицирования туберкулезом (и других инфекций, распространяющихся через воздух) в условиях высокого риска их распространения.

## Рекомендованы ли системы БУФ ВЧП Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ)?

Да, в обновленном Руководстве по противотуберкулезному инфекционному контролю сказано: «Системы бактерицидного ультрафиолета (БУФ) в верхней части помещения рекомендованы для снижения риска распространения *M. tuberculosis* в отношении медицинских работников, посетителей медицинских учреждений и других лиц в условиях высокого риска распространения туберкулеза» (Рекомендация №5).

Исследования эффективности БУФ ВЧП в двух отделениях для больных туберкулезом (одно в Перу, второе – в Южной Африке) подтвердили снижение риска распространения туберкулеза на 70 – 80%<sup>2,3</sup>. Другие исследования показали эффективность БУФ в предупреждении воздушной трансмиссии кори и других патогенов, распространяющихся воздушным (аэрозольным) путем.<sup>4,5</sup>

## Как выяснить, нужно ли применять системы БУФ ВЧП?

Каждое учреждение здравоохранения должно проводить комплексную оценку риска распространения туберкулеза или других воздушных инфекций силами квалифицированных специалистов в области инфекционного контроля. После этого должен быть разработан выполнимый и реалистичный план инфекционного контроля, направленный на минимизацию рисков. Административные меры нужно отдавать приоритет в первую очередь, до того как принимаются решения о применении других мер, включая БУФ ВЧП.<sup>6</sup>

### БУФ ВЧП не является заменой вентиляции

## Имеют ли системы БУФ ВЧП приоритет по отношению к другим мерам контроля среды обитания?

В зависимости от местных условий и доступных ресурсов (оборудование, финансы, компетентный технический персонал) БУФ ВЧП может использоваться как дополнительная мера контроля среды обитания. В условиях ограниченных ресурсов естественная вентиляция часто используется в качестве единственной меры по снижению концентрации патогенов в воздухе. Однако многие факторы, такие как сезонные колебания температуры, влажность, осадки, соображения безопасности способны существенно снизить эффективность естественной

вентиляции, в особенности если здание архитектурно для нее не приспособлено. Высокая влажность воздуха снижает эффективность БУФ ВЧП, также как и недостаточное перемешивание воздуха. БУФ ВЧП является эффективным средством дезинфекции воздуха, если применяется как дополнение к естественной вентиляции. БУФ ВЧП не является заменой вентиляции. Вентиляция необходима для борьбы с запахами и для снижения концентрации углекислого газа. БУФ ВЧП может сочетаться с любым видом вентиляции – механической, естественной или смешанной

## Как должны использоваться системы БУФ ВЧП?

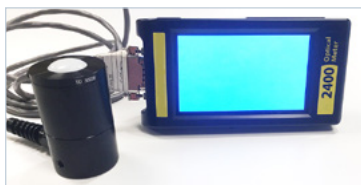
Системы БУФ ВЧП используются в условиях высокого риска распространения туберкулеза (амбулаторные приемы с большим количеством посетителей, туберкулезные отделения, отделения общего профиля, приемные отделения, кабинеты респираторных процедур, рентгеновские кабинеты, операционные, морги, исправительные учреждения, онкологические клиники и т.д.). Решение о применении БУФ ВЧП должно приниматься лицами, ответственными за инфекционный контроль в учреждении. Несмотря на то, что это не высокотехнологичная технология, выбор устройств для БУФ ВЧП необходимо делать совместно с инженерно-техническими работниками и лицами, ответственными за техническое обслуживание оборудования. Очень важно выбрать качественные устройства, обеспечить адекватное перемешивание воздуха в помещении, определить правильное место монтажа, обеспечить профессиональный монтаж, организовать их обслуживание в том числе контроль эффективности и безопасности работы (высокий уровень облученности БУФ в верхней части и низкий уровень в обитаемом пространстве помещения), запланировать бюджет на обслуживание и использование.

ЕТТi разработала руководство по обслуживанию БУФ ВЧП на английском, испанском, русском и китайском языках, которые доступны на сайте: <http://www.stoptb.org/wg/ett/resources.asp>.<sup>5</sup>

Некоторые компании предоставляют услуги по планированию размещения, профессиональному монтажу, документированию их работы и обслуживанию путем заключения многолетнего контракта (не менее чем на 5 лет). Учреждению потребуется также технический сотрудник, оснащенный UV-C-радиометром для проведения периодической проверки устройств на эффективность и безопасность работы.



◆ **РИСУНОК 2** Радиометр Gigahertz-Optik X1, с датчиком UV-3725 (Puchheim, Germany)



◆ **РИСУНОК 3** Радиометр International Light Technologies 2400 с датчиком SED240/NS254/TD (Peabody, Massachusetts, USA)



◆ **РИСУНОК 4** UV-C радиометр с датчиком, расположенном на уровне глаз

## Как узнать, эффективен ли БУФ ВЧП?

Установить соответствие требованиям длины волны излучения и его бактерицидную интенсивность для конкретного облучателя можно только с помощью радиометра с датчиком, откалиброванным на длину волны 254 нм и диапазоном измерений облученности 0,01 – 2000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Некоторые производители ламп предоставляют данные об интенсивности излучения и гарантийном сроке службы (часы работы до необходимой замены).<sup>5</sup>

## Какого обслуживания требуют системы БУФ ВЧП?

Различные устройства (облучатели) для БУФ ВЧП варьируют по мощности и пространственной конфигурации излучаемого ультрафиолета, поэтому для обеспечения эффективной и безопасной работы они требуют обслуживания силами обученного инженера или техника. Ответственный за обслуживание инженер или техник должен контролировать работу облучателей на предмет интенсивности излучения, его распределения в пространстве помещения, а также очищать бактерицидные лампы, рефлектор и пластины жалюзи при их наличии. Пыль можно счищать с поверхностей облучателя сухой кистью. После этого поверхности необходимо протирать безворсовой тканью, смоченной раствором 70% спирта (этилового или изопропилового). После тщательной очистки облучатель включают и повторяют измерения для того, чтобы подтвердить, что он работает нормально. Кроме того, проверяют состояние перемешивания воздуха в помещении между подпотолочным и обитаемым пространством при помощи дыма. Периодичность очистки облучателей, которая зависит от состояния окружающей среды в помещении, должна основываться на результатах измерений БУФ облученности. С более детальным описанием обслуживания устройств БУФ ВЧП можно ознакомиться в руководстве «Обслуживание систем дезинфекции воздуха верхней части помещения бактерицидным ультрафиолетом для предотвращения трансмиссии туберкулеза», которое доступно по ссылке: <http://www.stoptb.org/wg/ett/resources.asp>.<sup>6</sup>

## Стоимость использования систем БУФ ВЧП

Стоимость использования систем БУФ ВЧП не сводится только к цене закупленных облучателей. Она зависит от того, принадлежат ли системы учреждению или приобретены по лизингу, который может включать их обслуживание производителем или поставщиком. Как минимум персонал учреждения должен быть обучен безопасному и эффективному использованию облучателей с применением хотя бы одного исправного радиометра с детектором, откалиброванным на 254 нм. Это позволит ответственному сотруднику проводить проверку эффективности и безопасности их работы. В помещениях должно быть обеспечено достаточное перемешивание воздуха каким либо способом (потолочный, настенный вентилятор, механическая вентиляция). В большинстве естественно вентилируемых помещений имеется некоторая степень перемешивания воздуха, однако если она отсутствует, ее необходимо организовать. В таблице, приведенной ниже, приводятся приблизительные данные о стоимости использования, основанные на передовом опыте. Трудозатраты и стоимость электроэнергии зависят от местных условий, также как и таможенные пошлины на импортируемое оборудование. Коммерческое предложение на монтаж и обслуживание устройств имеет смысл проконсультировать с экспертом по БУФ ВЧП, который поможет подготовить спецификацию или технические условия к закупке.

ТАБЛИЦА 1

## Стоимость БУФ ВЧП

(в долларах США)

Первоначальная стоимость	Примерная стоимость	ПРИМЕР			
		Стоимость устройства	Стоимость использования: 1 устройство	Стоимость использования: 10 устройств	Стоимость использования: 50 устройств
<p><b>Устройства БУФ ВЧП:</b> Цена варьирует в зависимости от объема закупки и налогов. В настоящее время проводится работа над договорной через GDF и перечнем преквалифицированных устройств (скидка 10% на &gt;10 устройств; 20% - на &gt;50 устройств)</p>	200 – 2,000 USD	1,000 USD	1,000 USD	9,000 USD	40,000 USD
<p><b>Доставка, пошлины, налоги:</b> стоимость варьирует в зависимости от страны, объема закупки и местного налогообложения.</p>	0 – 100% стоимости устройства	200 USD (20%)	200 USD	1,800 USD	8,000 USD
<p><b>Система перемешивания воздуха (вентиляторы и т.д.):</b> какой либо метод необходим: потолочные или настенные вентиляторы.</p>	20 – 100 USD	30 USD	30 USD	300 USD	1,500 USD
<p><b>Разработка плана монтажа:</b> включает посещение учреждения, выбор типа устройств и их спецификации, подготовка чертежей с планами монтажа в помещениях и электропроводки.</p>	0 – 50 USD	0 USD	0 USD	0 USD	0 USD
<p><b>Монтаж (облучатель, вентиляторы, электрическая часть и т.д.):</b> Монтаж электропроводки, индивидуального выключателя к каждому устройству. Электрическая панель и предохранитель если необходимо. Подключение устройств к сети.</p>	10 – 40% стоимости устройства	200 USD (20%)	200 USD	1,800 USD	8,000 USD
<p><b>Испытания системы для приемки в эксплуатацию (функционирование БУФ ВЧП):</b> каждый установленный облучатель проверяется на работоспособность, правильность монтажа и ориентацию. Радиометром проверяется эффективность и безопасность его работы (адекватное количество БУФ обеспечено в облучаемой зоне в подпотолочном пространстве и в обитаемой зоне уровень БУФ безопасен). Изменение параметров потока БУФ при необходимости. Подготовка акта(протокола) приемки.</p>	5 – 10% стоимости устройства	75 USD (7.5%)	75 USD	675 USD	3,000 USD
<p><b>Радиометр БУФ:</b> по крайней мере один UV-C радиометр с детектором 254 нм необходим для использования БУФ ВЧП систем. Если в учреждении более 100 облучателей, может потребоваться дополнительный радиометр. (стоимость радиометра разделена на количество обслуживаемых устройств)</p>	1,500 – 2,500 USD	2,000 USD	2,000 USD	2,000 USD	2,000 USD
<b>Общая стоимость использования</b>			<b>3,505 USD</b>	<b>15,575 USD</b>	<b>62,500 USD</b>

Продолжение таблицы – на следующей странице ➤

Ежегодные расходы	Примерная стоимость	ПРИМЕР			
		Стоимость устройства	Стоимость использования: 1 устройство	Стоимость использования: 10 устройств	Стоимость использования: 50 устройств
<b>Стоимость годового обслуживания:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Очистка ламп, рефлекторов, устройства (по крайней мере ежеквартально)</li> <li>Замена ламп, утилизация (~ ежегодно)</li> <li>Измерения работы БУФ ВЧП</li> <li>Замена неисправных компонентов при необходимости (балласт, разъемы, рефлекторы и т.д.)</li> <li>10% скидка за &gt;10 устройств и 20% - за &gt;50 устройств</li> </ul>	5 – 15% стоимости устройства	100 USD (10%)	100 USD	900 USD	4,000 USD
<b>Стоимость электроэнергии в год</b> кВт-час * местный уровень (кВт-час = потребляемая мощность * 24 h * 365 дней / 1000W/kW)	0.10 – 0.60 USD/кВт-час	66 USD (30W, 0.25 USD/кВт-час)	66 USD	660 USD	3,300 USD
<b>Калибровка UV-C радиометра</b> каждые 1 – 2 года (возможно, за пределами страны)	200 – 600 USD	500 USD (ежегодно)	500 USD	500 USD	500 USD
<b>Итого ежегодные расходы</b>			<b>666 USD</b>	<b>2,060 USD</b>	<b>7,800 USD</b>
<b>Общая стоимость использования</b> (за 15 лет) <sup>1</sup>			<b>13,495 USD</b>	<b>46,475 USD</b>	<b>179,500 USD</b>
<b>Общая стоимость использования в пересчете на 1 устройство</b> (за 15 лет) <sup>2</sup>			<b>13,495 USD</b>	<b>4,648 USD</b>	<b>3,590 USD</b>

1 Общая стоимость использования = (Первоначальная стоимость + Ежегодные расходы) x 15 лет.  
 1 устройство: 3,505 + (666 \* 15) = 13,495 USD  
 10 устройств: 15,575 + (2,060 \* 15) = 46,475 USD  
 50 устройств: 62,500 + (7,800 \* 15) = 179,500 USD

2 Общая стоимость использования в пересчете на 1 устройство = Общая стоимость использования / количество устройств.  
 1 устройство: 13,495 / 1 = 13,495 USD  
 10 устройств: 46,475 / 10 = 4,648 USD  
 50 устройств: 179,500 / 50 = 3,590 USD

## Как приобрести системы эффективные БУФ ВЧП системы?

Ожидается, что ограниченное количество БУФ ВЧП облучателей будет возможно приобрести через Global Drug Facility (GDF). В будущем при условии хорошего планирования и адвокации Глобальный Фонд Всемирный Банк, PEPFAR, USAID и другие партнеры могут стать потенциальными источниками финансовой поддержки для приобретения качественных облучателей.

## Что нужно предусмотреть в программе инфекционного контроля при использовании БУФ ВЧП?

Внедрение БУФ ВЧП должно быть основано на адекватной программе административных мер инфекционного контроля. Проведите оценку риска распространения туберкулеза у учреждении, разделите его на зоны риска, обучите персонал и пациентов, выберите соответствующие потребностям облучатели, запланируйте монтаж, организуйте обеспечение бактерицидными лампами для замены и обслуживание облучателей, мониторинг и оценку их работы.<sup>7</sup>

## Где можно найти дополнительную информацию по применению и обслуживанию систем БУФ ВЧП?

ETTi разрабатывает более детальные руководства для инженеров и архитекторов с примерами описанием наилучших практик. Кроме того, ETTi может рекомендовать экспертов для оказания технической помощи. Запросы можно направлять по адресу - [ETTInitiative@gmail.com](mailto:ETTInitiative@gmail.com).



## Литература

1. World Health Organization. WHO guidelines on tuberculosis infection prevention and control, 2019 update. Geneva: 2019. Available from: <https://www.who.int/tb/publications/2019/guidelines-tuberculosis-infection-prevention-2019/en/>.
2. Escombe AR, Moore DA, Gilman RH, Navincopa M, Ticona E, Mitchell B, et al. Upper-room ultraviolet light and negative air ionization to prevent tuberculosis transmission. PLoS Med. 2009;6(3):e43.
3. Mphahlele M, Dharmadhikari AS, Jensen PA, Rudnick SN, van Reenen TH, Pagano MA, et al. Institutional Tuberculosis Transmission. Controlled Trial of Upper Room Ultraviolet Air Disinfection: A Basis for New Dosing Guidelines. Am J Respir Crit Care Med. 2015;192(4):477-84.
4. Willmon TL, Hollaender A, Langmuir AD. Studies of the control of acute respiratory diseases among naval recruits; a review of a 4-year experience with ultraviolet irradiation and dust suppressive measures, 1943 to 1947. Am J Hyg. 1948;48(2):227-32.
5. Wells WF, Wells MW, Wilder TS. The environmental control of epidemic contagion: I. An epidemiological study of radiant disinfection of air in day schools. American Journal of Epidemiology. 1942;35(1):97-121.
6. World Health Organization. Guidelines on core components of infection prevention and control programmes at the national and acute health care facility level. Geneva: 2016. Available from: <https://www.who.int/gpsc/ipc-components-guidelines/en/>.
7. End TB Transmission Initiative. Maintenance of upper-room germicidal ultraviolet (GUV) air disinfection systems for TB transmission control. Geneva: 2017. Available from: <http://www.stoptb.org/wg/ett/assets/documents/MaintenanceManual.pdf>.



## Дополнительные источники

Методика оценки мер инфекционного контроля ВОЗ:

<https://www.who.int/infection-prevention/tools/core-components/IPCAF-facility.PDF>

2019 ASHRAE Handbook — HVAC Applications: Chapter 62 Ultraviolet Air and Surface Treatment. ASHRAE, Georgia: USA.



---

*Данный документ был создан благодаря поддержке Инициативы «Остановить трансмиссию туберкулеза» (The End TB Transmission Initiative (ETTI) - рабочей группы партнерства «Остановить туберкулез» (Stop TB Partnership) со стороны Агентства по международному развитию США (USAID) в рамках соглашения о сотрудничестве STBP/USAID/GSA/2018-04.*