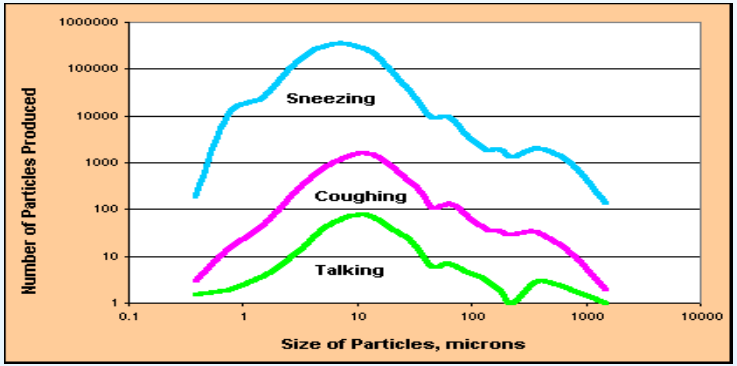
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены
им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора

Ультрафиолетовые бактерицидные облучатели: на что обратить внимание для безопасного использования в медорганизациях

Скопин А.Ю., к.м.н., доцент

Человек – основной источник загрязнения воздушной среды помещения

Уровень аэрозольных выделений человека (потенциально содержащих микроорганизмы)*, частиц/мин	
При чихании	До 40000
При разговоре	До 800



Уровень микробной обсемененности* в закрытом помещении со здоровыми людьми может достигать 4000-8000 КОЕ/м^3, в медицинских организациях – до 21000 КОЕ/м^3

* 1. Карпухин Г.И. Бактериологическое исследование и обеззараживание воздуха.– М.: Медгиз, 1962. - 256с.

2. Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбашев В.Г. Ультрафиолетовой излучение в профилактике инфекционных заболеваний. – М.: Медицина, 2003. – 208 с.

3. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография / Ф.В. Кармазинов, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцев, С.В. Храменков (ред.) – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. – 392 с.

Нормативные и методические документы по обеззараживанию воздуха в медицинских организациях с применением ультрафиолетового излучения

1. СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» *(определяет санитарно-эпидемиологические требования)*
2. СП 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг» (глава IV) *(определяет санитарно-эпидемиологические требования)*
3. Руководство Р 3.5.1904-04 «Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях»
4. Методические рекомендации МР 3.5.1.0100-15 «Применение установок импульсного ультрафиолетового излучения сплошного спектра в медицинских организациях»
5. Методические указания по применению бактерицидных ламп для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях (МУ 11-16/03-06 от 28.02.1995)
6. Приказ Минздрава РФ от 21.02.2020 № 114н «О внесении изменений в отдельные приказы МЗиСР РФ и МЗ РФ, утверждающие порядки оказания медицинской помощи»

СанПиН 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг» *(Приложение № 3)*

Класс чистоты помещения		Общее количество микроорганизмов в 1 м^3 воздуха (КОЕ/м^3)	
		До работы	Во время работы
А	Операционные, послеоперационные палаты, палаты интенсивной терапии, родовые и др.	200	500
Б	Послеродовые палаты, палаты для ожоговых больных, палаты для лечения пациентов в асептических условиях, стерилизационные и др.	500	750
	Процедурные, асептические перевязочные и др.	300	Не нормируется
В	шлюзы, боксы, палатные секции, кабинеты врачей и др.	Не нормируется	Не нормируется
Г	(кабинеты персонала, ванные, раздевальные, моечные и др.)	Не нормируется	Не нормируется

СанПиН 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг» (глава IV)

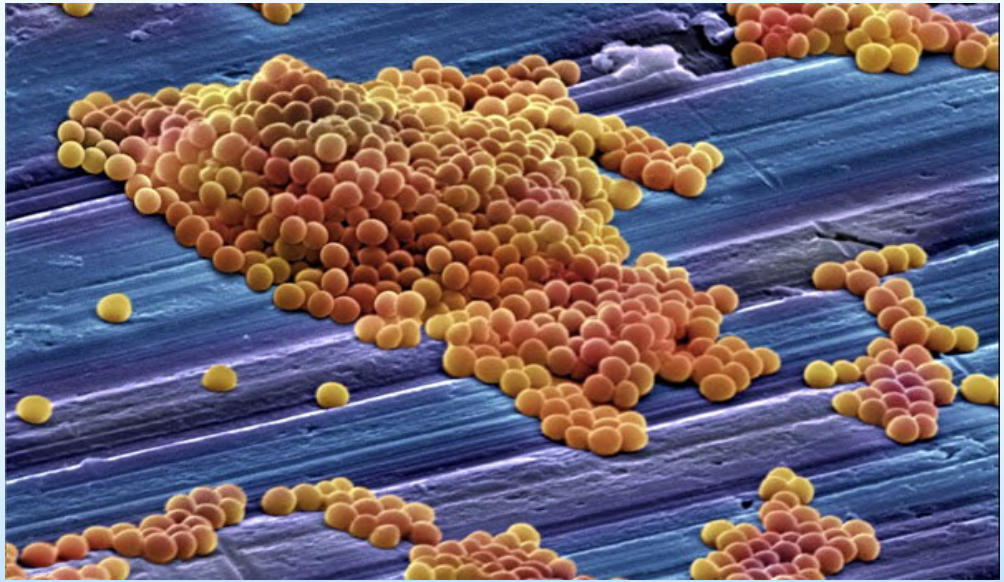
п. 4.5.6.

В помещениях классов А и Б

в воздухе не должно быть золотистого стафилококка

В помещениях классов В и Г

содержание золотистого стафилококка не нормируется



СанПиН 2.1.3.2630-10

п. 6.27. Помещения класса чистоты А и Б оснащаются устройствами обеззараживания воздуха внутри помещения, обеспечивающими инактивацию микроорганизмов и нормативные микробиологические параметры воздуха для помещений различного функционального назначения

СП 2.1.3678-20

п. 4.5.5. Воздух помещений медицинских организаций должен соответствовать предельному значению содержания общего количества микроорганизмов в 1 куб.м (далее – класс чистоты) с учетом температуры и кратности воздухообмена в соответствии с приложением N 3 к настоящим правилам

Воздух помещений следует обеззараживать с помощью разрешенных для этой цели оборудования и (или) химических средств, применяя следующие технологии:

~~СанПиН 2.1.3.2630-10~~

- ~~воздействие ультрафиолетовым излучением с помощью открытых и комбинированных бактерицидных облучателей, применяемых в отсутствие людей, и закрытых облучателей, в том числе рециркуляторов, позволяющих проводить обеззараживание воздуха в присутствии людей; необходимое число облучателей для каждого кабинета определяется расчетным путем согласно действующим нормам;~~
- ~~воздействие аэрозолями дезинфицирующих средств в отсутствие людей с помощью специальной распыляющей аппаратуры (генераторы аэрозолей) при проведении дезинфекции по типу заключительной и при проведении генеральных уборок;~~
- ~~воздействие озоном с помощью установок - генераторов озона в отсутствие людей при проведении дезинфекции по типу заключительной и при проведении генеральных уборок;~~
- ~~применение антимикробных фильтров (электрофильтров).~~

СанПиН 3.3686-21 (глава XLIV, п. 3574)

- Воздействие ультрафиолетовым излучением с помощью открытых и комбинированных бактерицидных облучателей ***(включая импульсные установки)***, применяемых в отсутствие людей, закрытых облучателей, в том числе рециркуляторов, позволяющих проводить обеззараживание воздуха в присутствии людей. Необходимое число облучателей для каждого помещения определяют расчетным путем ***с учетом объема помещения, типа и производительности установки. Экспозицию облучения рассчитывают согласно нормам и регистрируют в журнале учеты работы облучателя. Суммарный срок эксплуатации не должен превышать указанный в паспорте производителя. При использовании бактерицидных облучателей открытого или комбинированного типа выключатели должны быть выведены за пределы помещений***;
- Воздействие аэрозолями дезинфицирующих средств в отсутствие людей с помощью специальной распыляющей аппаратуры (генераторы аэрозолей) при проведении дезинфекции по типу заключительной и при проведении генеральных уборок;
- Воздействие озоном с помощью установок – генераторов озона в отсутствие людей при проведении заключительной дезинфекции и при проведении генеральных уборок;
- ***Воздействие постоянных электрических полей, позволяющих проводить обеззараживание воздуха в присутствие людей***;
- Применение бактериальных фильтров, в том числе электрофильтров, ***как встроенных в систему вентиляции, так и в виде специальных установок***;
- ***Возможно использование других технологий с применением специального оборудования, разрешенного к применению.***

Обеззараживание воздуха с применением УФ излучения

Метод УФ обеззараживания имеет ряд преимуществ:

- высокая эффективность обеззараживания в отношении широкого спектра микроорганизмов, в том числе устойчивых к химическим дезинфицирующим средствам;
- минимальное влияние на физико-химические и органолептические свойства воздуха;
- высокая скорость обеззараживания (практически любая, в зависимости от мощности применяемого УФ-облучателя);
- компактность УФ-оборудования и простота его эксплуатации

Ультрафиолетовое излучение

– электромагнитное излучение, занимающее диапазон между видимым и рентгеновским излучением (400-100 нм, $7{,}9\times10^{14}$ – 3×10^{16} Гц)

Диапазон делят на

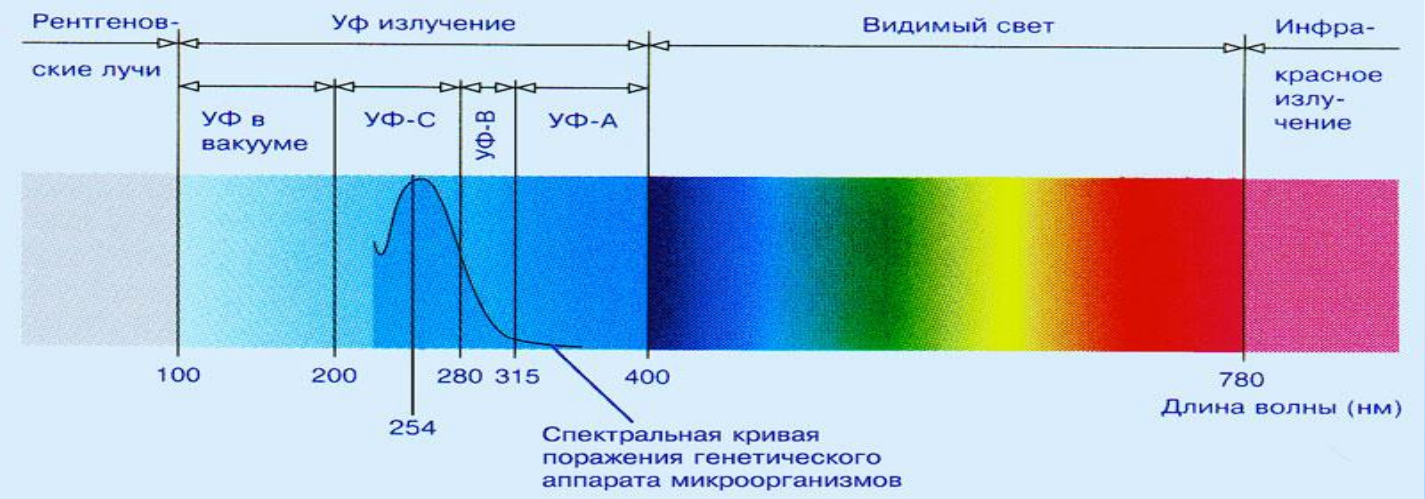
ближний (400-200 нм) и далекий (200-100 нм)

Ближний:

А (315-400 нм)

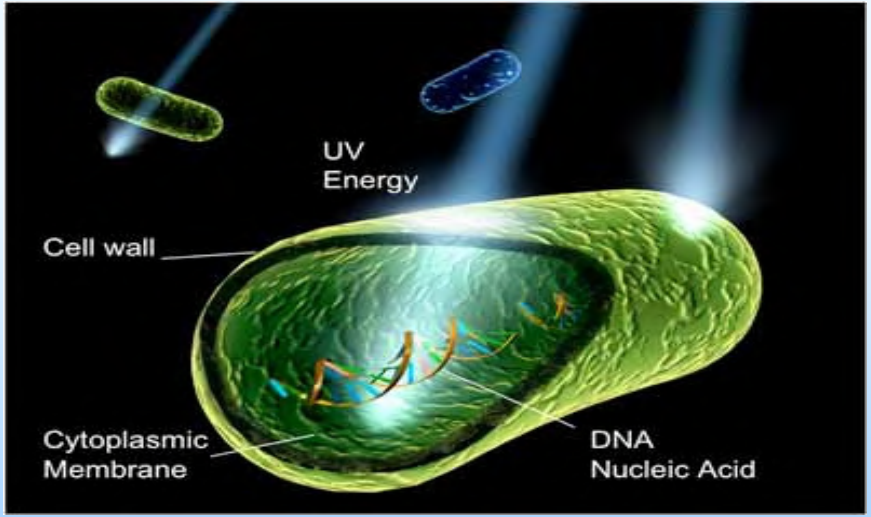
В (280-315 нм)

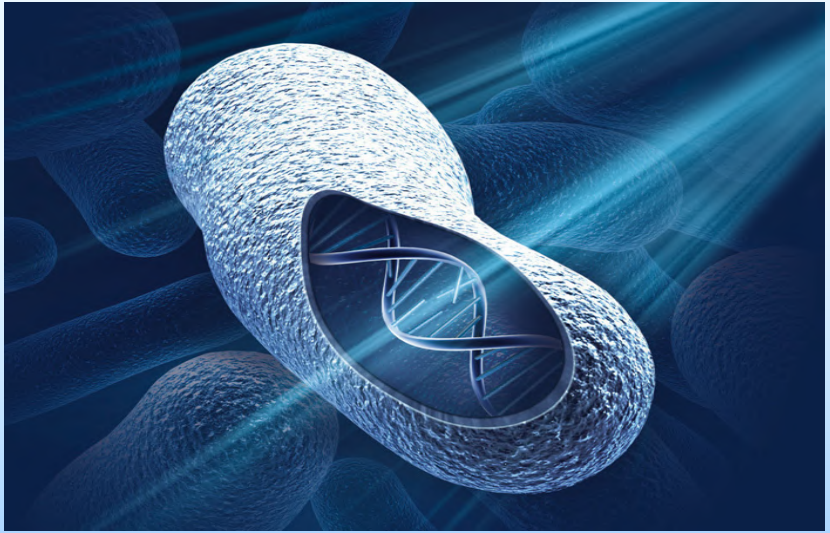
С (200-280 нм)



Действие УФ излучения на микроорганизмы

1. ***Высокий уровень плотности УФ излучения (до 10 кВт/см²) –*** перегрев микробной клетки (свыше 130°С) и термическое разрушение
2. ***Средний уровень плотности УФ излучения –*** поглощение излучения липопротеиновыми мембранами и их разрушение
3. ***Низкий уровень плотности УФ излучения –*** поглощение УФ-фотонов молекулами ДНК и РНК

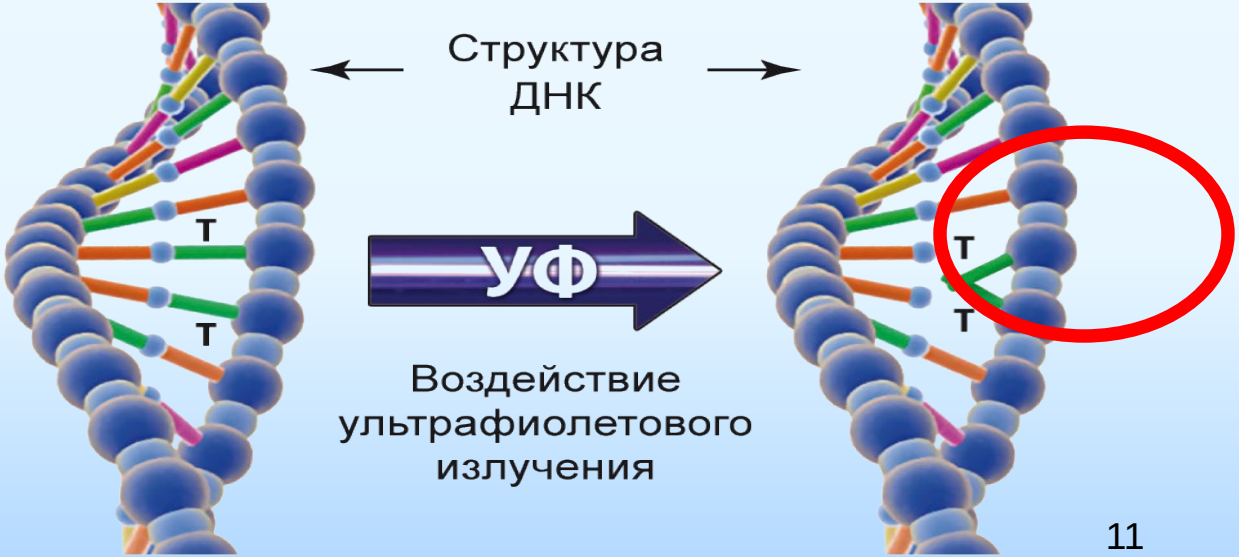




Действие УФ излучения на микроорганизмы

При поглощении УФ-фотонов полимерами нуклеиновых кислот происходит фотохимическая реакция – если два тиминовых основания примыкают друг к другу, то поглощение УФ-фотона приводит к образованию связи между двумя молекулами тимина («тиминовый димер»)

При образовании критического числа димеров ДНК не способна реплицировать

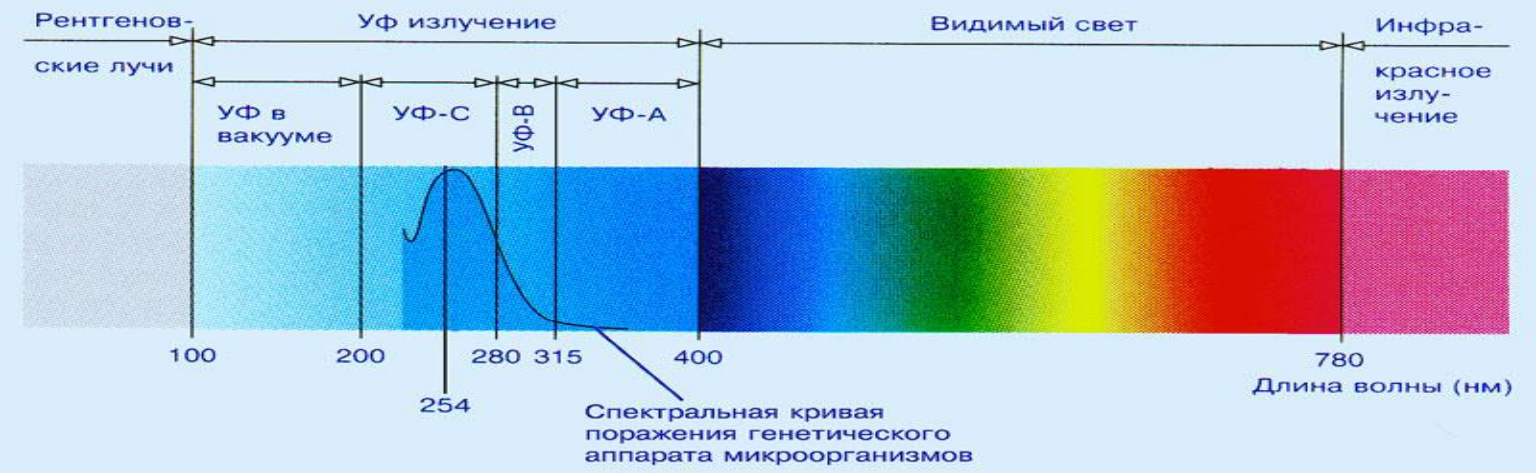


Действие УФ излучения на микроорганизмы

Интенсивность фотохимической реакции зависит от длины волны

Для большинства микроорганизмов максимальное значение спектральной бактерицидной эффективности достигается при длине волны 265 нм

Пик ртутных и амальгамных УФ-ламп приходится на 253,7 нм



Источники УФ излучения

Эффективность

широкий спектр антимикробного действия: спороцидное, вирулицидное, фунгицидное, бактерицидное, туберкулоцидное

Безопасность

Наряду с излучением с длиной волны 253,7 нм, в спектре излучения ртутных ламп содержится излучение с длиной волны 185 нм, которое в результате взаимодействия с молекулами кислорода образует озон в воздушной среде. У существующих бактерицидных ртутных ламп низкого давления колба выполнена из специального стекла, например, увиолевого, которое практически полностью исключает выход излучения с длиной волны 185 нм. Это продиктовано тем, что наличие озона в высоких концентрациях в воздушной среде может привести к опасным последствиям для здоровья человека, вплоть до отравления со смертельным исходом.

Содержание озона:

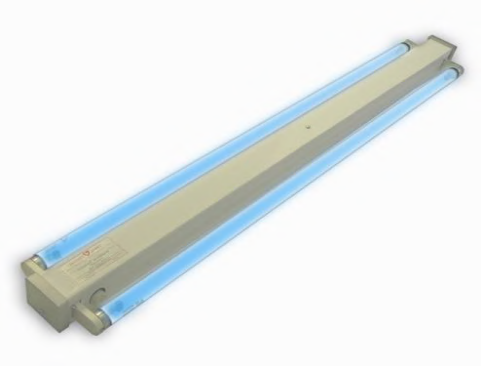
не должно превышать
0,03 мг/м^3 (ПДК озона для атмосферного воздуха),
0,1 мг/м^3 (ПДК озона для воздуха рабочей зоны) согласно
СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;

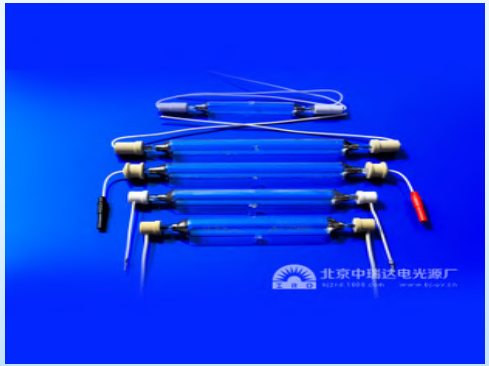
Источники УФ излучения

Ртутные газоразрядные лампы

- *Лампы низкого давления*
- *Лампы высокого давления*

Ксеноновые лампы





Источники УФ излучения

Наибольшее распространение, благодаря высокоэффективному преобразованию электрической энергии в излучение, получили разрядные ртутные лампы низкого давления, у которых в процессе электрического разряда в аргонно-ртутной смеси более 60 % излучения переходит в излучение с длиной волны 253,7 нм, т.е. находится в диапазоне длин волн с максимальным бактерицидным действием. Такие лампы имеют большой срок службы (5000 - 8000 ч) и мгновенную способность к работе после их зажигания

Ртутные лампы высокого давления не рекомендуются для широкого применения из-за малой экономичности, так как доля их излучения в указанном диапазоне составляет не более 10 %, а срок службы примерно в 10 раз меньше, чем у ртутных ламп низкого давления. Достоинство ртутных ламп высокого давления состоит в том, что они при небольших габаритах обладают большой единичной мощностью от 100 до 1000 Вт. Это позволяет в отдельных случаях уменьшить число облучателей в бактерицидной установке

Обеззараживание воздуха с применением УФ излучения

Типы УФ установок в зависимости от способа применения:

– с помощью открытых установок: обеззараживание происходит под воздействием прямого излучения бактерицидных ламп (открытые установки могут быть и комбинированными, в которых используется экран, защищающий от прямого излучения УФ-лампы, а воздействие происходит отражённым светом);

– с помощью закрытых установок, при работе которых обеззараживание происходит внутри закрытого «реактора» с бактерицидными лампами

Источники УФ излучения (открытые)

Потолочные

Настенные

Передвижные

Открытые и комбинированные облучатели предназначены для процесса обеззараживания помещения только в отсутствии людей или при кратковременном их пребывании в помещении

Источники УФ излучения (комбинированные)

предельное время пребывания персонала в помещении *(при использовании комбинированных облучателей)* следует рассчитывать по формуле при условии, что значение бактерицидной облученности не должно превышать 0,001 Вт/м^2.

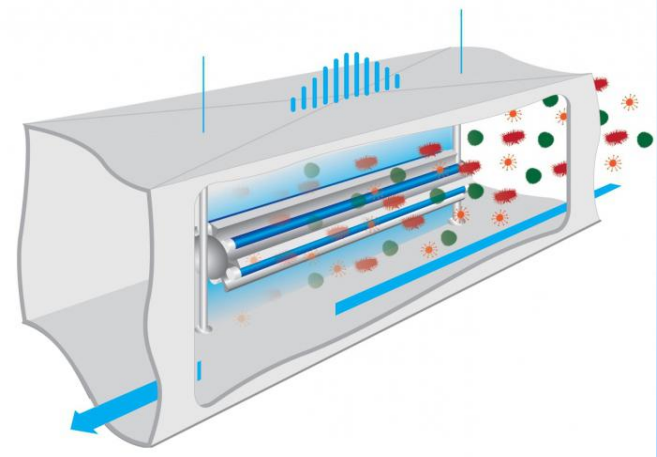
$$t_{пр} = 3,6/E_{бн},\ с$$

$E_{бн}$ – бактерицидная облученность (Вт/м^2) в рабочей зоне на горизонтальной поверхности на высоте 1,5 м от пола

(определяется с помощью ультрафиолетового радиометра)

Источники УФ излучения (закрытые, рециркуляторы)

У закрытых облучателей (рециркуляторов) бактерицидный поток от ламп, расположенных в небольшом замкнутом пространстве корпуса облучателя, не имеет выхода наружу. В этом случае обеззараживание воздуха осуществляется в процессе его прокачки через вентиляционные отверстия, имеющиеся на корпусе, с помощью вентилятора. К этому типу облучателей относятся и камеры с блоком бактерицидных ламп, устанавливаемые после пылеуловительных фильтров в воздуховодах приточной вентиляции.



Санитарно-гигиенические требования к помещениям с УФ бактерицидными установками

Выполнение санитарно-гигиенических требований к помещениям, оборудованным ультрафиолетовыми бактерицидными установками, обеспечивает уменьшение риска заболеваний людей инфекционными болезнями и исключает возможность вредного воздействия на человека ультрафиолетового излучения, озона и паров ртути

– высота потолков не менее 3 м;

– все помещения, где размещены бактерицидные установки, должны быть оснащены обще-обменной приточно-вытяжной вентиляцией либо иметь условия для интенсивного проветривания через оконные проемы, обеспечивающие однократный воздухообмен не более чем за 15 минут;

– бактерицидные установки нельзя устанавливать в помещениях с температурой воздуха ниже +10°С;

– пол, стены и потолок в помещениях, оборудованных бактерицидными установками с открытыми облучателями, должны быть выполнены из материалов, устойчивых к ультрафиолетовому излучению

Возможное снижение эффективности работы УФ облучателей

- Колебания напряжения сети. С ростом напряжения сети срок службы бактерицидных ламп уменьшается. Так, при повышении напряжения на 20 % выше номинального значения, срок службы снижается до 50 %. При падении напряжения сети более чем на 20 % от номинального значения, лампы начинают неустойчиво гореть и могут даже погаснуть; при падении напряжения сети на 10 % от номинального значения бактерицидный поток ламп уменьшается на 15 %. Поэтому при колебаниях напряжения сети выше или ниже 10 % от номинального значения эксплуатация бактерицидных установок не допускается;
- Колебания температуры окружающего воздуха. При температуре 10 или 40°С значение бактерицидного потока ламп снижается на 10 % от номинального. С понижением температуры ниже 10°С затрудняется зажигание ламп и увеличивается распыление электродов, что приводит к сокращению срока службы ламп;
- Влияние относительной влажности и запыленности воздушной среды помещения. При относительной влажности более 80 % бактерицидное действие ультрафиолетового излучения падает на 30 % из-за эффекта экранирования микроорганизмов. Запыленность колбы ламп и отражателя облучателя снижает значение бактерицидного потока до 10 % и более;
- На срок службы ламп влияет число включений, каждое включение уменьшает общий срок службы лампы приблизительно на 2 ч.

Рекомендуемые режимы применения УФ облучателей

- Бактерицидные установки с открытыми и комбинированными облучателями могут использоваться в повторно-кратковременном режиме тогда, когда на время облучения (*обеспечивая заданный уровень бактерицидной эффективности*) в пределах 0,25 - 0,5 ч люди из помещения удаляются. При этом повторные сеансы облучения должны проводиться через каждые 2 ч в течение рабочего дня;
- Закрытые облучатели и приточно-вытяжная вентиляция в присутствии людей могут работать непрерывно в течение всего рабочего времени.

Р 3.5.1904-04 «Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях»

Уровни бактерицидной эффективности для *S. aureus* в зависимости от категорий помещений, подлежащих оборудованию бактерицидными установками

Категория	Типы помещений	Бактерицидная эффективность, %, не менее
I	Операционные, предоперационные, родильные, стерильные зоны ЦСО, детские палаты роддомов и др.	99,9
II	Перевязочные, палаты и отделения иммуноослабленных больных, палаты реанимационных отделений, помещения нестерильных зон ЦСО, бактериологические и вирусологические лаборатории, станции переливания крови и др.	99,0
III	Палаты, кабинеты и другие помещения ЛПО (не включенные в I и II категории)	95,0
IV	Детские игровые комнаты, школьные классы, бытовые помещения промышленных и общественных зданий с большим скоплением людей при длительном пребывании	90,0
V	Курительные комнаты, общественные туалеты и лестничные площадки помещений ЛПО	85,0

Требования безопасности и правила эксплуатации УФ облучателей

- В помещениях с оборудованными с бактерицидными установками должен быть оформлен акт ввода их в эксплуатацию и заведен журнал регистрации и контроля работы УФ облучателей;

- В журнале должна быть таблица регистрации очередных проверок бактерицидной эффективности установок, концентрации озона, а также данные учета продолжительности работы бактерицидных ламп;

- Эксплуатация бактерицидных облучателей должна осуществляться в строгом соответствии с требованиями, указанными в паспорте и инструкции по эксплуатации;

- К эксплуатации бактерицидных установок не должен допускаться персонал, не прошедший необходимый инструктаж в установленном порядке, проведение которого следует задокументировать.

Требования безопасности и правила эксплуатации УФ облучателей

- Подача и отключение питания бактерицидных установок с открытыми облучателями от электрической сети осуществляют с помощью отдельных выключателей, расположенных вне помещения у входной двери, которые сблокированы со световым табло над дверью;

- Выключатели для установок с закрытыми облучателями устанавливаются там, где это необходимо, в любом удобном месте. Над каждым выключателем должна быть надпись: ***«Бактерицидные облучатели»***

- При работе персонала, в случае производственной необходимости, в помещениях, где установлены бактерицидные установки с открытыми облучателями, необходимо использовать лицевые маски, очки и перчатки, полностью защищающие глаза и кожу от облучения ультрафиолетовым излучением.

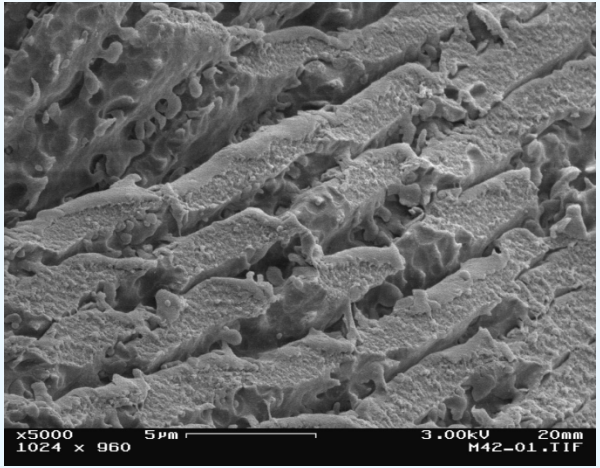
Требования безопасности и правила эксплуатации УФ облучателей

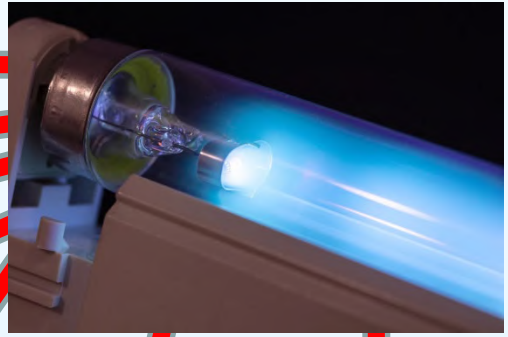
- В случае нарушения целости бактерицидных ламп в облучателе и попадания ртути в помещение должна быть проведена тщательная демеркуризация помещения с привлечением специализированной организации в соответствии с МУ № 4545-87 «Методические рекомендации по контролю за организацией текущей и заключительной демеркуризации и оценке ее эффективности»;
- Бактерицидные лампы, отработавшие срок службы или вышедшие из строя, хранить запакованными в отдельном помещении. Утилизация бактерицидных ламп должна проводиться в соответствии с установленными требованиями («Правила обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде», утверждены Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 г. № 681)

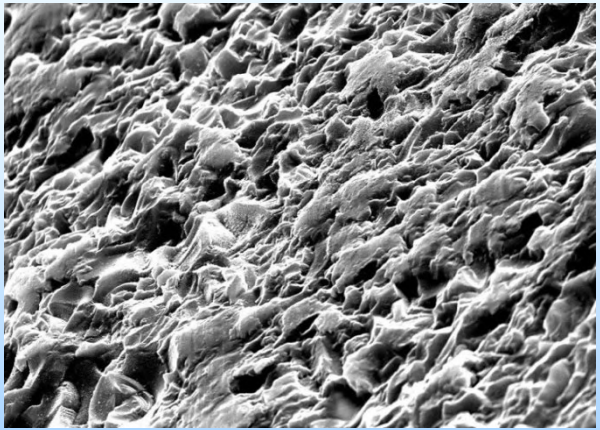
СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»
(глава IV Санитарно-эпидемиологические требования по обеспечению безопасности при работе с ПБА)

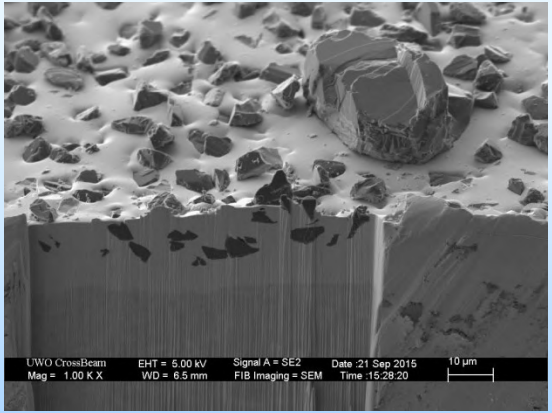
п. 231 Эксплуатацию бактерицидных облучателей осуществляют в соответствии с нормативными документами по применению бактерицидных ламп для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях. Стеклянные поверхности бактерицидных ламп протирают в выключенном положении салфеткой, смоченной 70% раствором этилового спирта или дезинфицирующего средства, разрешенного к применению, не реже 1 раза в неделю.

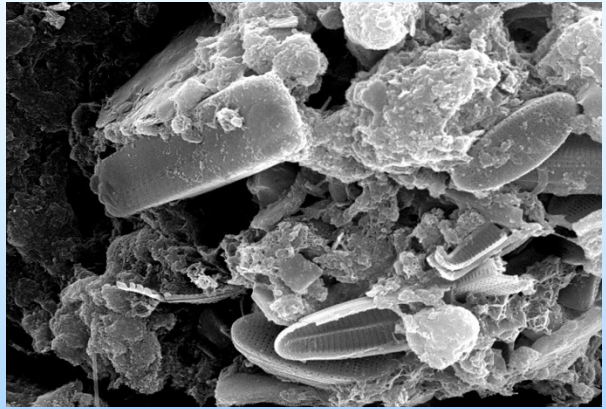
Применение дезинфекционного оборудования на основе ультрафиолетового излучения для обеззараживания поверхностей



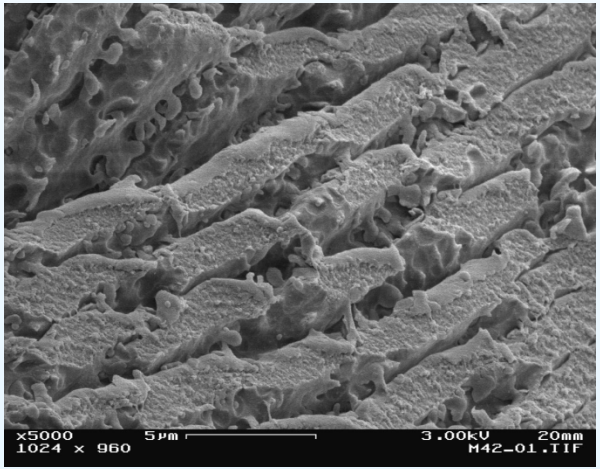


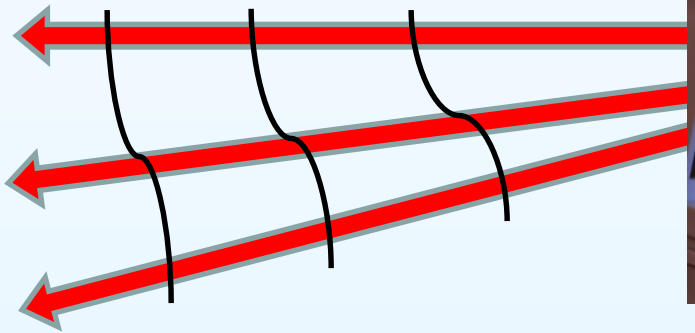


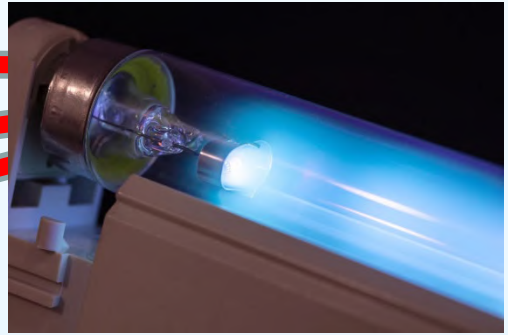




Применение дезинфекционного оборудования на основе ультрафиолетового излучения для обеззараживания поверхностей







- *существенное влияние органического загрязнения, пыли, наличия биопленки*
- *не обеззараживаются экранированные (затененные участки) поверхности*
- *условия обеззараживания (материал и форма поверхности, положение, угол наклона, дистанция)*

Обеспечение гибели 99,99% тест-микроорганизмов зачастую не достигается

Ультрафиолетовое излучение при обеззараживании поверхностей – дополнительный фактор обеспечения эпидемиологической безопасности

СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»

Глава XLIV «Профилактика ИСМП»:

При профилактической дезинфекции:

п. 3554. Поверхности в помещениях, приборы, оборудование обеззараживают способом протирания. Для этих целей преимущественно используются дезинфицирующие средства с моющими свойствами, для совмещения процесса обеззараживания объекта с его мойкой в один этап, либо после дезинфекции включать этап последующей влажной уборки с применением моющих средств.

При очаговой (заключительной) дезинфекции:

п. 3573 (абзац 2). При проведении заключительной дезинфекции следует применять средства с широким спектром антимикробного действия. Обработку поверхностей осуществляют способом протирания, орошения или аэрозольным методом с применением генераторов аэрозолей. Конкретная норма расхода дезинфицирующих средств определяется инструкцией по их применению

СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»
(глава XLIV Профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи)

п. 3620 Бактерицидные камеры, оснащенные ультрафиолетовыми лампами, допускается применять только с целью хранения инструментов для снижения риска их вторичной контаминации микроорганизмами в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Запрещается применять такое оборудование с целью дезинфекции или стерилизации изделий, а также использовать медицинскую мебель со встроенными ультрафиолетовыми лампами.

Благодарю за внимание!