

Гигиена окружающей среды и населённых мест

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Рахманин Ю.А., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Загайнова А.В., Недачин А.Е., Доскина Т.В.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ УСТАНОВОК ЗАКРЫТОГО ТИПА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СТАЦИОНАРНОГО ТИПА

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119121, Москва

Введение. В работе представлены результаты оценки безопасности и эффективности использования УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа, применяемых в настоящее время для обеззараживания воздуха в помещениях медицинских организаций.

Материал и методы. В исследование были включены три вида УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа различных марок. Оценка безопасности включала следующие исследования: 1) замеры интенсивности ультрафиолетового излучения; 2) исследование влияния приборов на уровень химического загрязнения воздушной среды в помещениях; 3) оценку влияния на природный газовый состав и микроклиматические параметры воздушной среды; 4) замеры концентраций озона; 5) измерение интенсивности электромагнитного излучения; 6) замеры уровней звука. Оценка эффективности обеззараживания воздуха проводилась по следующим показателям: общего микробного числа в 1 м³ воздуха; плесневых грибов в 1 м³ воздуха, колифагов – как показателей вирусного загрязнения. Исследования проводились в двух помещениях: в экспериментальной камере объемом 27 м³ и в лабораторном помещении объемом 70 м³.

Результаты. Проведённая оценка безопасности эксплуатации ультрафиолетовых облучателей-рециркуляторов закрытого типа показала, что исследуемые приборы, оборудованные безозонными ртутными лампами, не являются источниками выделения в воздушную среду озона и диоксида азота. Однако из корпусов двух из исследованных приборов выявлено УФ-излучение с длиной волны 200–280 нм. Установлено, что УФ облучатели-рециркуляторы закрытого типа могут быть источниками повышенного шума и электромагнитного излучения. Интенсивность этих факторов в помещениях зависит от расстояния до работающего прибора. Установлено безопасное расстояние эксплуатации таких установок. Выявлено, что длительная работа УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа может вызывать повышение температуры окружающего воздуха и увеличение концентрации предельных и ациклических углеводородов в воздухе. В результате сравнительной оценки обеззараживающего действия исследуемых УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа установлена разная степень эффективности их влияния как на бактериальную, так и на грибковую флору.

Заключение. Обоснована необходимость разработки методического документа, регламентирующего порядок и объём исследований при оценке безопасности и эффективности использования УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа для обеззараживания воздуха в помещениях медицинских организаций в присутствии людей.

Ключевые слова: воздух помещений медицинских организаций; ультрафиолетовые облучатели закрытого типа; шум; электромагнитное излучение; температура воздуха; обеззараживание воздуха.

Для цитирования: Рахманин Ю.А., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Загайнова А.В., Недачин А.Е., Доскина Т.В. Гигиеническая оценка безопасности и эффективности использования ультрафиолетовых установок закрытого типа для обеззараживания воздушной среды в помещениях медицинских организаций стационарного типа. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(8): 804-810. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-804-810>

Для корреспонденции: Калинина Наталия Валентиновна, кандидат мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены окружающей среды ФГБУ «ЦСП» МЗ России, 119121, Москва. E-mail: zhilsreda@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Рахманин Ю.А., Калинина Н.В.; сбор и обработка материала – Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Загайнова А.В., Недачин А.Е., Доскина Т.В.; статистическая обработка – Гапонова Е.Б., Недачин А.Е., Доскина Т.В.; написание текста – Калинина Н.В., Недачин А.Е.; редактирование – Рахманин Ю.А.

Поступила 12.07.2019

Принята к печати 23.07.19

Опубликована 09.2019

Rakhmanin Yu.A., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Zagainova A.V., Nedachin A.E., Doskina T.V.

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE SAFETY AND EFFICIENCY OF USING ULTRAVIOLET PLANTS OF THE CLOSED TYPE FOR DISINFECTION OF THE AIR ENVIRONMENT IN THE ROOMS OF INPATIENTS FACILITIES

Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation

Introduction. The paper presents the results of the evaluation of the safety and efficiency of using UV irradiators-recirculators of a closed type, used for disinfecting air in the premises of medical facilities.

Material and methods. The studies included three types of UV irradiators-recirculators of the closed type of various brands. The safety assessment included: 1) ultraviolet radiation measurements; 2) the influence of devices on chemical pollution of indoor air; 3) the impact on the natural gas composition and microclimate; 4) measurement of ozone concentrations; 5) measurement of electromagnetic radiation; 6) measurements of sound levels.

Evaluation of the effectiveness of disinfection was performed on the total microbial number; the content of mold fungi and coliphages per 1 m³ of air.

Results. A safety assessment of the operation of closed-type ultraviolet irradiators-recirculators showed the devices under study, equipped with zone-free mercury lamps to be not sources of ozone and nitrogen dioxide emission into the air. However, from the bodies of two of the investigated devices, UV radiation with a wavelength of 200-280 nm was detected. It is established that UV irradiators-recirculators of the closed type can be sources of increased noise and electromagnetic radiation. The intensity of these factors inside of premises depends on the distance to the operating device. It is established the safe operating distance of such devices. It has been revealed that long-term operation of closed-type UV irradiators-recirculators can give rise elevation of the ambient air temperature and an increase in the concentration of saturated and acyclic hydrocarbons in the air. As a result of the evaluation of the disinfecting effect of the studied UV irradiators-recirculators, a different degree of effectiveness of their influence on the bacterial and fungal flora was established.

Conclusion. The necessity of developing a methodological document regulating the procedure and scope of research in assessing the safety and efficiency of using UV irradiators-recirculators of a closed type for disinfecting air in medical institutions in the presence of people is substantiated.

Key words: air of medical facilities; ultraviolet irradiators of the closed type; noise, electromagnetic radiation; air temperature; air disinfection.

For citation: Rakhmanin Yu.A., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Zagainova A.V., Nedachin A.E., Doskina T.V. Hygienic assessment of the safety and efficiency of using ultraviolet plants of the closed type for disinfection of the air environment in the rooms of inpatient facilities. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(8): 804-810. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-804-810>

For correspondence: Natalya V. Kalinina, MD, Ph.D., leading researcher of the Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: zhilsreda@yandex.ru

Information about authors: Rakhmanin Yu.A., <http://orcid.org/0000-0002-5845-588X>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: The concept and design of the study – Rakhmanin Yu.A., Kalinina N.V.; Collection and processing of material – Kalinina N.V., Gaponova E.B., Zagainova A.V., Nedachin A.E., Doskina T.V.; Statistical processing – Gaponova E. B., Nedachin A.E., Doskina T.V.; Writing a text – Kalinina N.V., Nedachin A.E.; Editing – Rakhmanin Yu.A.

Received: 12 July 2019

Accepted: 23 July 2019

Введение

Уровень микробиологического загрязнения воздушной среды помещений современных медицинских организаций является основным показателем чистоты и безопасности внутрибольничной среды, особенно в плане профилактики возникновения внутрибольничных инфекций [1, 2].

Внутрибольничные инфекции представляют серьезную проблему опасности как для пациентов, так и для медицинских работников. Учитывая продолжительность пребывания в стационарах, следует предпринять усилия, чтобы сделать пребывание в лечебных учреждениях максимально безопасным, предотвратив внутрибольничные инфекции [3, 4].

Одним из основных и наиболее эффективных профилактических санитарно-противоэпидемических средств, направленных на подавление жизнедеятельности микроорганизмов в воздушной среде и на поверхностях помещений, является ультрафиолетовое бактерицидное излучение [5].

Антимикробное действие ультрафиолетового излучения, являющегося частью спектра электромагнитных волн оптического диапазона, проявляется в деструктивно-модифицирующих фотохимических повреждениях

ДНК в клеточном ядре микроорганизмов, что приводит к гибели микробной клетки в первом и последующем поколениях [6, 7].

Более чувствительны к воздействию ультрафиолетового излучения бактерии в вегетативной форме (палочки, кокки). Менее чувствительны вирусы, грибы и простейшие микроорганизмы. Наибольшей устойчивостью обладают споровые формы бактерий [8, 9].

В настоящее время в помещениях медицинских организаций для обеззараживания воздуха всё более широко используются УФ облучатели-рециркуляторы закрытого типа [10]. Данный тип облучателей имеет ряд преимуществ по сравнению с облучателями открытого типа, так как могут работать в присутствии людей в течение длительного времени. Однако при длительной эксплуатации таких приборов пациенты и медицинский персонал нередко предъявляют жалобы на шум, появление посторонних запахов, головную боль и другие негативные явления [11, 12].

В связи с этим основной целью работы явилось проведение исследований по оценке безопасности и эффективности использования УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа, применяемых в настоящее время для очищения воздуха в помещениях медицинских организаций.

Материал и методы

В исследование были включены три вида УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа различных марок, представленных на современном рынке, с учётом их характеристик. Принцип работы данных приборов основан на УФ-обеззараживании прокачиваемого с помощью вентилятора воздуха вдоль бактерицидных УФ-ламп различной мощности и дающих излучение с длиной волны от 253,4 до 253,7 нм.

В корпусе УФ облучателя-рециркулятора № 1 (далее – прибор № 1), образующего камеру облучения, установлены три безозонные бактерицидные лампы мощностью 15 W с длиной волны 253,7 нм и экран из алюминиевой фольги с высокой отражающей способностью УФ-излучения.

УФ облучатель-рециркулятор № 2 (далее – прибор № 2) оснащён безозоновой бактерицидной лампой мощностью 30 W, дающей излучение с длиной волны 253,4 нм. Корпус облучателя состоит из двух основных частей: основания, изготовленного из металла, и защитного экрана, выполненного из прозрачного пластика, на внутреннюю поверхность которого нанесён люминофор. С торцов корпус закрывается крышками с отверстиями, через которые прокачивается воздух, в одну из которых смонтирован вентилятор.

Корпус УФ облучателя-рециркулятора № 3 (далее – прибор № 3) выполнен из нержавеющей стали. Установка укомплектована безозонной амальгамной газоразрядной бактерицидной лампой низкого давления АНЦ 170/70.

Все облучатели рассчитаны на непрерывную работу в помещении в течение рабочего времени и предназначены для обеззараживания воздуха в помещениях медицинских организаций, в спортивных, детских, учебных учреждениях в присутствии людей.

Оценка безопасности приборов включала следующие исследования:

- 1) замеры интенсивности ультрафиолетового излучения;
- 2) исследование влияния приборов на уровень химического загрязнения воздушной среды в помещениях;
- 3) оценку влияния на природный газовый состав и микроклиматические параметры воздушной среды;
- 4) замеры концентраций озона;
- 5) измерение интенсивности электромагнитного излучения;
- 6) замеры уровней звука.

Оценка эффективности обеззараживания воздуха проводилась по следующим показателям: общее микробное число в 1 м³ воздуха; содержание плесневых грибов в 1 м³ воздуха и колифагов – как показателей вирусного загрязнения.

Исследования проводились в двух помещениях: в экспериментальной камере объёмом 27 м³ и в лабораторном помещении объёмом 70 м³.

Измерения интенсивности ультрафиолетового излучения проведены радиометрами А, В и С фирмы «Аргус». Измерения проводились с лицевой и торцевой сторон приборов через 30 мин их работы.

Замеры интенсивности электромагнитного излучения производились измерителем напряжённости поля промышленной частоты ПЗ-50 на трёх уровнях: у поверхности исследуемых установок (0,1 м), а также на расстоянии 1 и 2 м от поверхности установок.

Измерения уровней шума, создаваемого исследуемыми установками, проведены шумомером ШИ-01В. Измерениям предшествовали замеры фоновых уровней шума в экспериментальных помещениях. Точки измерения располагались на трёх уровнях: вблизи исследуемых установок

Таблица 1

Результаты замеров уровней УФ-излучения от бактерицидных установок-рециркуляторов

Установки УФ	Место проведения замеров – сторона прибора	Уровень УФ-излучения, Вт/см ² (для диапазонов длин волн, нм)		
		200–280	280–315	315–400
Нормируемые значения		не допускается	0,05	1
Прибор № 1	Лицевая	0	0	0,03
	Торцевая	0,02	0,03	0,07
Прибор № 2	Лицевая	0,05	0,04	0,09
	Торцевая	0,06	0,05	0,3
Прибор № 3	Лицевая	0	0,02	0
	Торцевая	0	0,03	0

(0,2 м), а также на расстоянии 0,5 и 1 м от поверхности установок.

Температура и относительная влажность воздуха измерялись термоанемометром Testo 465 в центре помещений до включения приборов, через 1 и 3 ч после их включения.

Комплекс химических веществ, загрязняющих воздушную среду помещений, определялся с помощью методов хромато-масс-спектрометрии и фотоколориметрии. Хромато-масс-спектрометрические исследования проводились на хромато-масс-спектрометре Focus DS с DSQ (США) в лаборатории физико-химических методов исследования НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина ФГБУ ЦСП Минздрава России.

Концентрация оксидов азота в воздухе определялась колориметрическим методом. Для замеров концентрации озона использовали газоанализатор озона 3.02П-Р, кислорода – газоанализатор ПКГ-4, диоксида углерода – газоанализатор оптический Оптигаз 500.4С. Концентрации химических веществ в воздухе определялись до включения приборов и по истечении 3 ч их работы.

Оценка эффективности обеззараживания воздуха проводилась по следующим показателям: общее микробное число в 1 м³ воздуха (ОМЧ/м³); плесневые грибы в 1 м³ воздуха (ОГЧ/м³), колифаги (БОЕ/100 л) – как показатели вирусного загрязнения.

Сравнительную оценку эффективности обеззараживания воздуха исследуемыми приборами проводили в два этапа: 1-й этап – в экспериментальном помещении объёмом 27 м³ при искусственной контаминации воздуха и в отсутствие людей; 2-й этап – в лабораторном помещении объёмом 70 м³ при обычном режиме его эксплуатации.

В качестве модели вирусного загрязнения был использован РНК-содержащий фаг MS-2 ВКПМ РН 1505, полученный из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов. Выделение колифага проводили на газоне суточной культуры *E. coli* K-12 KS 507 F+ Sm-r (ВКПМ –3254), полученной из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов.

Пробы воздуха отбирали прибором ПУ-1Б через 30, 60 и 120 мин работы бактерицидных воздухоочистителей. Контролем служили аналогичные исследования при неработающих приборах.

Результаты

Результаты замеров интенсивности УФ-излучения исследуемыми приборами представлены в табл. 1. В результате проведённых замеров установлено, что приборы № 1 и № 2 могут быть источниками УФ-излучения с длиной

Таблица 2

Результаты замеров ЭМ-излучения промышленной частоты (50 Гц) от бактерицидных установок-рециркуляторов

Установка УФ	Условия проведения замеров (расстояние от установки, м)	Уровень ЭМ-излучения промышленной частоты (50 Гц)	
		напряжённость электрического поля, кВ/м	индукция магнитного поля, мкТл
Нормируемые значения		0,5	10
Прибор № 1	0,1	1,10	1,75
	0,5	0,44	1,12
	1,0	0,10	0,94
	2,0	0,01	0,01
Прибор № 2	0,1	0,21	4,89
	0,5	0,13	2,04
	1,0	0,08	0,50
	2,0	0,01	0,01
Прибор № 3	0,1	1,56	1,50
	0,5	0,3	0,82
	1,0	0,11	0,11
	2,0	0,01	0,01

волны в пределах 200–280 нм, что не соответствует гигиеническим требованиям.

В приборе № 1 данный вид излучения зафиксирован только с торцов прибора. УФ-излучение в диапазоне 200–280 нм от прибора № 2 зарегистрировано как от торцов прибора, так и от фасадной части прибора, что связано с неравномерным нанесением защитного покрытия. Кроме того, прибор № 1 является источником УФ-излучения в диапазоне 280–315 нм на уровне допустимого значения.

Прибор № 3 не является источником УФ-излучения в диапазоне 200–280 нм и в диапазоне 315–400 нм. УФ-излучение в диапазоне 280–315 нм не превышало гигиенический норматив.

В табл. 2 представлены результаты замеров ЭМИ-излучения промышленной частоты (50 Гц) от бактерицидных установок-рециркуляторов.

В результате проведенных замеров установлено, что превышение гигиенических нормативов напряжённости электрического поля отмечалось только в непосредственной близости от всех исследуемых приборов. На расстоянии 0,5 м от приборов напряжённость электрического и магнитного полей не превышала гигиенических нормативов.

Результаты замеров уровней шума, создаваемых исследуемыми приборами, представлены в табл. 3.

Согласно требованиям МСанПиН 001-96 «Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях», максимальные уровни звука при эксплуатации бытовых приборов, предназначенных для длительной эксплуатации в жилых помещениях (вентиляторы, воздухообменники, кондиционеры), не должны превышать 40 дБА [13].

Как видно из представленных данных, уровень звука при эксплуатации установки № 3 в помещении объёмом 70 м³ на расстоянии 2 м от прибора составит 38 дБА, что соответствует гигиеническим требованиям.

Уровни звука, создаваемые прибором № 2, не превышали гигиенических требований как при эксплуатации прибора в помещении 27 м³ (на расстоянии 2 м от при-

Таблица 3

Результаты измерения уровней шума

Установка УФ	Объём помещения, м³	Расстояние от установки, м	Максимальный уровень звука, дБА	
			при выключенной установке	при работающей установке
Нормируемые значения			40	
Прибор № 1	27	0,2	22	59
	27	1,0	22	55
	27	2,0	22	52
	70	0,2	22	62
	70	1,0	22	56
	70	2,0	22	45
Прибор № 2	27	0,2	20	44
	27	1,0	20	42
	27	2,0	20	40
	70	0,2	23	45
	70	1,0	23	39
	70	2,0	23	35
Прибор № 3	27	0,2	20	59
	27	1,0	20	48
	27	2,0	20	40
	70	0,2	22	56
	70	1,0	22	44
	70	2,0	22	38

бора), так и в помещении объёмом 70 м³ (на расстоянии 1 м от прибора).

Наиболее высокие уровни звука создаются в помещении при эксплуатации прибора № 1 (от 45 до 62 дБА).

Результаты замеров микроклиматических параметров представлены в табл. 4.

В результате проведенных исследований установлено, что при эксплуатации установки № 3 в течение 3 ч в помещении 27 м³ температура воздуха увеличивается на 2,5 °С, при эксплуатации в помещении 70 м³ температура воздуха увеличивается на 0,8 °С.

При эксплуатации установки № 1 в течение 3 ч в помещении 27 м³ температура воздуха увеличивается на 1,4 °С, при эксплуатации в помещении 70 м³ температура воздуха не изменилась.

Таблица 4

Результаты оценки микроклиматических параметров

Установка УФ	Объём помещения, м³	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %		
		фон	1 ч	3 ч	фон	1 ч	3 ч
Прибор № 1	27	22,4	23,2	23,8	35	35	35
	70	23,6	23,8	23,8	35	36	35
Прибор № 2	27	22,2	22,2	22,4	34	35	34
	70	22,6	22,6	22,4	35	35	35
Прибор № 3	27	22,4	24,0	25,0	35	37	35
	70	23,0	23,0	23,8	33	35	35

Таблица 5

Оценка эффективности очистки воздуха от бактериальной и грибковой флоры при искусственном его обсеменении (камеральные исследования)

Продолжительность работы прибора, мин	Эффективность обеззараживания воздуха при искусственном обсеменении воздуха бактериальной и грибковой флорой			
	ОМО, КОЕ/м ³	Эффективность очистки, %	Грибы, КОЕ/м ³	Эффективность очистки, %
<i>Прибор № 1</i>				
Контроль (до включения прибора)	20 340	—	21 600	—
30	14 220	30,1	17 280	20,0
60	7020	65,5	15 480	28,4
120	5520	72,9	10 240	52,6
<i>Прибор № 2</i>				
Контроль (до включения прибора)	10 170	—	10 080	—
30	8460	16,8	8280	17,8
60	7470	26,6	7740	23,3
120	6560	35,4	7920	22,4
<i>Прибор № 3</i>				
Контроль (до включения прибора)	20 160	—	24 120	—
30	16 740	17	17 820	26,1
60	9455	53,1	12 960	53,7
120	7200	64,3	8640	64,2

Установка № 2 не оказывает существенного влияния на температуру окружающей среды.

Исследуемые приборы не оказывают влияния на относительную влажность воздуха.

В результате проведенных химических исследований установлено, что при работе всех трёх исследуемых приборов в воздушную среду выделяются ациклические углеводороды (метилпропилциклогексаны, метилбутилциклогексаны и пентилциклогексаны). Кроме того, при работе всех трёх приборов в воздухе камерального помещения увеличилось содержание нонана, декана, ундекана и других предельных углеводородов.

Концентрации других химических соединений при работе приборов в воздухе камеры практически не изменились и остались на уровне фоновых. Концентрации обнаруженных веществ не превышали ПДК, установленные для атмосферного воздуха населённых мест.

Исследования показали, что при работе всех исследуемых приборов выделения озона и оксидов азота не выявлено. Через три часа работы приборов концентрации оксидов азота и озона в воздухе не превышала гигиенический норматив и практически не отличалась от фоновых концентраций. Также все исследуемые приборы не оказывают влияния на газовый состав воздуха.

Результаты изучения эффективности обеззараживания воздуха приборами № 1, № 2 и № 3 в специальном камеральном помещении объёмом 27 м³ в условиях искусственной контаминации воздуха сапрофитной бактериальной и грибковой микрофлорой при отсутствии людей представлены в табл. 5.

Полученные данные при искусственном обсеменении воздуха бактериальной и грибковой микрофлорой, представленные в табл. 5, свидетельствуют о зависимости

Таблица 6

Оценка эффективности очистки воздуха от бактериальной и грибковой флоры при естественной его обсеменённости (натурные исследования)

Продолжительность работы прибора, мин	Эффективность обеззараживания воздуха при естественном обсеменении воздуха бактериальной и грибковой флорой			
	ОМЧ, КОЕ/м ³	Эффективность очистки, %	ОГО, КОЕ/м ³	Эффективность очистки, %
<i>Прибор № 1</i>				
Контроль (до включения прибора)	2830	—	350	—
30	1700	39,9	330	19,5
60	900	68,2	280	31,7
120	830	70,7	240	41,5
<i>Прибор № 2</i>				
Контроль (до включения прибора)	6500	—	360	—
30	5680	13,4	320	11,3
60	5815	11,3	310	13,9
120	5200	20,7	280	22,3
<i>Прибор № 3</i>				
Контроль (до включения прибора)	3480	—	520	—
30	2540	27,0	400	23,9
60	2500	28,2	370	29,5
120	1360	60,1	200	61,9

обеззараживающего эффекта испытуемых приборов от времени их работы.

Результаты исследований показали, что через 60 мин работы прибора № 1 содержание бактериальной микрофлоры снижается на 65,5%, грибковой – на 28,4%, через 120 мин работы – на 72,9 и 52,6% соответственно. При работе прибора № 3 в течение 60 мин воздух камеры очищался на 53,1–53,7% от бактериальной и грибковой микрофлоры, а через 120 мин – на 64,2–64,3% соответственно.

Исследования по оценке работы прибора № 2 показали низкую эффективность его обеззараживающего воздействия. Так, в камеральных условиях через 60 мин после включения прибора содержание бактериальной флоры снизилось на 26,6%, грибковой – на 23,3%, через 120 мин – на 35,4 и 22,4% соответственно.

Во второй серии эксперимента, проведенной в натуральных условиях при естественной контаминации воздуха в помещении объёмом 70 м³ и в присутствии людей, было установлено, что через 60 мин работы прибора № 1 воздух очищался на 68,2% от бактериальной и на 31,7% от грибковой микрофлоры; через 120 мин – на 70,7 и 41,5% соответственно (табл. 6).

Как видно из представленных данных, при работе прибора № 2 в течение 2 ч содержание бактериальной флоры в воздухе уменьшилось на 20,7%, грибковой – на 23,3%. В другие периоды исследований статистически достоверного снижения не установлено.

Оценка биоцидной эффективности прибора № 3 в натуральных условиях показала, что через 60 мин его работы воздух очищался на 28,2–29,5% от бактериальной и грибковой микрофлоры; через 120 мин – соответственно на 60,1 и 61,9%.

Таблица 7

Инактивация фага MS-2 в воздухе экспериментальной камеры при использовании УФ-лампы прибора № 3

Исходное содержание MS-2 в воздухе камеры	Концентрация фага MS-2 в воздухе камеры, БОЕ/100 л				Инактивация фага MS-2 в воздухе камеры, %			
	продолжительность работы прибора, мин							
	30	45	60	120	30	45	60	120
3 · 10 ³ БОЕ/100 л	4,5 · 10 ¹	2,5 · 10 ¹	1 · 10 ¹	5 · 10 ¹	60	58,3	83,3	91,6
4 · 10 ⁶ БОЕ/100 л	5 · 10 ⁴	4,5 · 10 ⁴	3,6 · 10 ⁴	2 · 10 ⁴	37,5	43,7	55	75

На следующем этапе была проведена экспериментальная оценка эффективности обеззараживания воздуха прибором № 3 в отношении показателей вирусного загрязнения. Учёт содержания фагов проводили в бляшкообразующих единицах в БОЕ/100 л исследуемого воздуха (табл. 7).

Проведённые исследования показали, что инактивация фага MS-2 в воздухе экспериментальной камеры под действием УФ-лампы прибора № 3 происходит с различной эффективностью, что, по-видимому, зависит от исходной концентрации фага в воздухе камеры, а также от времени экспозиции. Так, из данных табл. 7 видно, что при исходной концентрации фага MS-2 в воздухе $3 \cdot 10^3$ БОЕ/100 л динамика его инактивации составляет: через 30 мин – 58,3%, через 120 мин – 91,6%. В то же время при исходной концентрации фага $4 \cdot 10^6$ БОЕ/100 л его динамика инактивации менее интенсивная и составляет: через 30 мин – 43,75%, через 120 мин – 75%.

Обсуждение

В настоящее время основным нормативно-методическим документом, регламентирующим использование различных ультрафиолетовых бактерицидных установок, в том числе и закрытого типа, для обеззараживания воздуха в помещениях является руководство Р 3.5.1904-04 [14]. В соответствии с его требованиями УФ-установки закрытого типа не должны быть источниками попадания УФ-излучения с длиной волны 200–280 нм в окружающую среду и создавать концентрации озона в воздухе выше $0,03 \text{ мг/м}^3$.

Проведённая оценка безопасности эксплуатации ультрафиолетовых облучателей-рециркуляторов закрытого типа показала, что исследуемые нами приборы, оборудованные безоозонными ртутными лампами, не являются источниками выделения в воздушную среду озона и диоксида азота. В то же время выявлено, что приборы № 1 и № 2 могут быть источниками УФ-излучения с длиной волны 200–280 нм, особенно их торцевые части.

Кроме того, установлено, что УФ облучатели-рециркуляторы закрытого типа могут быть источниками шума и электромагнитного излучения. Интенсивность этих факторов в помещениях зависит от расстояния до работающего прибора, и показано, что расстояние от работающего прибора до рабочего места или кровати больного должно быть не менее 2 м. На этом расстоянии интенсивность ЭМИ промышленной частоты не превышала фоновых значений, а уровень звука не выходил за пределы нормативных значений. Исключение составил прибор № 1, который создавал в помещениях наиболее высокие уровни звука (от 45 до 62 дБА).

Длительная работа УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа может вызывать повышение температуры окружающего воздуха. Установлено, что при эксплуатации приборов № 1 и № 3 в течение 3 ч температура воздуха в помещениях увеличивалась на 1,4 и 2,5 °С соответственно.

Проведённые химические исследования показали, что в воздухе помещений при работе всех трёх исследуемых приборов увеличиваются концентрации предельных и ациклических углеводородов (нонана, декана, ундекана, циклогексанов). Анализ полученных результатов позволяет сделать предположение, что, возможно, обнаруженные вещества входят в состав материалов, из которых изготовлены корпуса и отдельные детали приборов, или, возможно, они образуются в воздухе путём трансформации под воздействием УФ-излучения. Подтверждение данного вывода требует проведения в дальнейшем детальных химических исследований.

В результате сравнительной оценки обеззараживающего действия исследуемых УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа установлено, что наиболее стабильным и эффективным по очистке воздуха от бактериальной и грибковой флоры можно признать прибор № 3. В результате работы прибора № 3 через 120 мин (как в экспериментальных, так и в натурных условиях) содержание бактериальной и грибковой флоры снизилось на 60,1 и 64,3% соответственно.

У прибора № 1 эффективность обеззараживающего воздействия на бактериальную флору была высокой – 70,7–72,9%. Однако эффект воздействия на грибковую флору был ниже – 41,5–52,6%.

Малоэффективным должен быть признан воздухоочиститель облучатель-рециркулятор бактерицидный прибор № 2, так как обеззараживающий эффект в отношении бактериальной и грибковой флоры через 120 мин работы прибора был на уровне 19,7 и 35,4% соответственно.

Заключение

Результаты проведённых исследований показали, что для обеспечения безвредного и эффективного использования УФ облучателей-рециркуляторов закрытого типа для обеззараживания воздуха в присутствии людей необходимо контролировать их как положительное (бактерицидное), так и возможное негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека (УФ-излучение с длиной волны 200–280 нм, шум, интенсивность ЭМИ, химическое загрязнение и другие факторы). С этой целью необходимо разработать методический документ, регламентирующий порядок и объём таких исследований как на стадии разработки приборов и ввода их в эксплуатацию, так и в процессе эксплуатации.

Литература

1. Венцел Р.П. Внутрибольничные инфекции. М.: Медицина; 1990. 656 с.
2. Знаменский А.В. Госпитальная гигиена: санитарно-эпидемиологические требования к устройству и эксплуатации лечебно-профилактических учреждений. СПб.: Фолиант; 2004. 240.
3. Федина Н.В. Проблема профессионального риска и качества жизни врачей. *Здравоохранение в Российской Федерации*. 2008; 6: 28.
4. Измеров Н.Ф. *Труд и здоровье медиков*. М.: Реальное время; 2005. 4 с.
5. Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбашев В.Г. Применение ультрафиолетового излучения для обеззараживания воздуха в лечебных палатах в ряду мероприятий по профилактике внутрибольничных инфекций. *Поликлиника*. 2013; 6: 74–6.

6. Васильев А.И., Красночуб А.В., Кузьменко М.Е., Петренко Ю.П. Анализ современных промышленных источников бактерицидного ультрафиолетового излучения. *Светотехника*. 2004; 6: 42–5.
7. Новикова С.И., Прокопенко А.А. Распространение бактерицидного УФ-излучения в зависимости от типа излучателя и технологии применения. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2016; 2: 58–61.
8. Зиятдинов В.Б., Бадамшина Г.Г., Бакиров А.Б., Зарипова А.З., Исаева Г.Ш., Каримов Д.О. Микробиологический мониторинг воздушной среды в медицинских организациях. *Медицина труда и экология человека*. 2016; 4: 86–90.
9. Пунченко О.Е., Косякова К.Г., Васильева Н.В. Исследование микробиоты воздуха в многопрофильных стационарах Санкт-Петербурга. *Гигиена и санитария*. 2014; 93 (5): 33–6.
10. Камруков А.С., Козлов Н.П., Шашковский С.Г., Яловик М.С. Технологии и аппаратура для санитарии, микробиологии и медицины. *Безопасность жизнедеятельности*. 2003; 1: 32–40.
11. Мещеряков О.И. Решение проблемы чистого воздуха в поликлинической работе. *Поликлиника*. 2010; 3: 75–7.
12. Крючкова О.Б. Защита среднего и младшего медицинского персонала в эпидемиологический период. *Поликлиника*. 2016; 6: 56–7.
13. МСанПиН 001-96. Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях. М.; 1996. 16 с.
14. Р 3.5.1904-04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях. Технорматив. М.; 2005. 52 с.
3. Fedina N.V. The problem of professional risk and quality of life of doctors. *Health Care in the Russian Federation*. 2008; 6: 28. (in Russian)
4. Izmerov N.F. *Labor and health of physicians*. Moscow: Real'noye vremya; 2005. 40 p. (in Russian)
5. Wasserman A.L., Shandala, M.G., Yuzbashev V.G. The use of ultraviolet radiation to disinfect the air in the medical wards in a number of activities to prevent nosocomial infections. *Polyclinic*. 2013; 6: 74–6. (in Russian)
6. Vasilyev A.I., Krasnochub A.V., Kuzmenko M.E., Petrenko Yu.P. Analysis of modern industrial sources of bactericidal ultraviolet radiation. *Light Engineering*. 2004; 6: 42–5. (in Russian)
7. Novikova S.I., Prokopenko A.A. The spread of bactericidal UV radiation, depending on the type of emitter and application technology. *Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*. 2016; 2: 58–61. (in Russian)
8. Ziatdinov V.B., Badamshina G.G., Bakirov A.B., Zaripova A.Z., Isaeva G.Sh., Karimov D.O. Microbiological monitoring of the air environment in medical organizations. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2016; 4: 86–90. (in Russian)
9. Punchenko O.E., Kosyakova K.G., Vasilyeva N.V. Investigation of air microbiota in multidisciplinary hospitals of St. Petersburg. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2014; 93(5): 33–6. (in Russian)
10. Kamrukov A.S., Kozlov N.P., Shashkovsky S.G., Yalovik M.S. Technologies and equipment for sanitation, microbiology and medicine. *Life Safety*. 2003; 1: 32–40. (in Russian)
11. Meshcheryakov O.I. Solving the problem of clean air in outpatient work. *Polyclinic*. 2010; 3: 75–7. (in Russian)
12. Kryuchkova O.B. Protection of nursing and junior medical personnel during the epidemiological period. *Polyclinic*. 2016; 6: 56–7. (in Russian)
13. MSanPiN 001-96. Sanitary norms of permissible levels of physical factors in the application of consumer goods in the living conditions. Moscow; 1996. 16 p. (in Russian)
14. R 3.5.1904-04. Using ultraviolet bactericidal radiation for disinfecting indoor air. Technical standard. Moscow; 2005. 52 p. (in Russian)

References

1. Venzel R.P. *Nosocomial infections*. Moscow: Meditsina, 1990. 656 p. (in Russian)
2. Znamensky A.V. *Hospital hygiene: sanitary and epidemiological requirements for the design and operation of health care facilities*. SPb.: Foliant; 2004. 240 p. (in Russian)