



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКОМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФЕКЦИЙ С АЭРОЗОЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУДИТЕЛЯ

Н.В. Шестопапов^{1,3}, А.Ю. Скопин^{1,2}, Л.С. Федорова¹, Т.В. Гололобова^{1,3}

¹Научно-исследовательский институт дезинфектологии Роспотребнадзора, Россия, 117246, г. Москва, Научный проезд, 18

²Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России, Россия, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

³Российская медицинская академия последиplomного образования Минздрава России, Россия, 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1

Сохранение чистоты воздушной среды в помещениях (в том числе медицинских организаций) путем проведения мероприятий по дезинфекции воздуха, систем вентиляции и кондиционирования, переход на современные экологически безопасные средства и их ротация являются перспективными направлениями в обеспечении профилактики распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя и снижении риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП).

Эпидемиологическую опасность для пациентов и медицинских работников в медицинских организациях представляют находящиеся в воздухе помещений и на их поверхностях патогенные и условно-патогенные микроорганизмы – бактерии в вегетативной форме (включая возбудителей туберкулеза), вирусы, грибы – возбудители кандидозов и дерматофитий, плесневые грибы, споровые формы бактерий.

В качестве зарекомендовавшего себя способа обработки воздушной среды помещений в рамках проведения дезинфекционных мероприятий и с целью снижения риска распространения инфекций через воздух рассматривается применение метода аэрозольной дезинфекции, основанного на преобразовании дезинфицирующего средства в мелкодисперсное состояние с помощью специальной распыляющей аппаратуры и введения аэрозоля в воздушную среду помещения.

Для разработки эффективных режимов обеззараживания воздуха с применением соответствующего оборудования и дезинфицирующих средств необходимо применение таких методов и условий, которые обеспечили бы эффективное применение аэрозольной дезинфекции в практических условиях.

Авторами обозначены основные организационные и методические подходы к проведению объективной оценки эффективности обеззараживания и безопасности применения метода аэрозольной дезинфекции в помещениях различного назначения, в том числе и в медицинских организациях.

Ключевые слова: обеззараживание воздуха, дезинфекция воздуха, метод аэрозольной дезинфекции, оценка эффективности дезинфицирующих средств, аэрозоль дезинфицирующего средства, изучение эффективности обеззараживания, инфекции с аэрозольным механизмом передачи возбудителя, аэрозольная камера.

На сегодняшний день в России остается высоким уровень заболеваемости инфекциями, передающимися воздушно-капельным путем. Несмотря на постоянный рост количества мероприятий, направленных на борьбу с инфекционными заболеваниями, риск распространения и роста заболеваемости инфекциями с аэрозольным механизмом передачи возбудителя, в том числе инфекциями, связанными

с оказанием медицинской помощи (ИСМП), остается высоким [1–7]. Как и в предыдущие годы, ведущее место в структуре инфекционных и паразитарных болезней в Российской Федерации в 2017 г. занимали острые инфекции верхних дыхательных путей множественной и неуточненной локализации (ОРВИ). За последние шесть лет (2012–2017 гг.) заболеваемость ОРВИ населения Российской Федерации возросла на

© Шестопапов Н.В., Скопин А.Ю., Федорова Л.С., Гололобова Т.В., 2019

Шестопапов Николай Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, директор, профессор кафедры организации госсанэпидслужбы (e-mail: shestopalov.nv@gmail.com; тел.: 8 (495) 332-01-01; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9973-3508>).

Скопин Антон Юрьевич – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий лабораторией проблем стерилизации, доцент кафедры общей гигиены (e-mail: auskopin@yandex.ru; тел.: 8 (495) 332-01-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7711-9489>).

Федорова Людмила Самуиловна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией проблем дезинфекции (e-mail: fedorova-ls@yandex.ru; тел.: 8 (495) 332-01-60; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-2663-0273>).

Гололобова Татьяна Викторовна – доктор медицинских наук, заместитель директора, профессор кафедры тропических, паразитарных болезней и дезинфекционного дела (e-mail: 1915544@mail.ru; тел.: 8 (495) 332-01-15; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9033-5223>).

9,3 %. В 2014 г. наблюдалось незначительное снижение заболеваемости до 19 506,00 на 100 тысяч населения с последующим постепенным подъемом до прежних значений и выше [8].

За 2017 г. ОРВИ переболело 21,66 % от совокупного населения страны, 79,0 % детей в возрасте до 17 лет. Всего в России зарегистрировано более 31,77 млн случаев ОРВИ, показатель заболеваемости составил 21 664,01 на 100 тысяч населения. В возрастной структуре заболеваемости продолжали превалировать дети до 17 лет, в 2017 г. их доля составила 73,16 % [8].

Непосредственной средой, обеспечивающей возможность реализации механизма передачи возбудителей воздушно-капельных инфекций, является воздух. Воздух представляет собой естественный аэрозоль [9]. Подавляющее количество микроорганизмов в помещениях находится в пылевой среде и имеет тенденцию накапливаться в ней. Микроорганизмы, концентрируясь в труднодоступных местах, перемещаются воздушными потоками, создавая потенциальные очаги инфекции [10–12].

На частицах пыли может содержаться до 95 % всех микроорганизмов, находящихся в воздушной среде закрытых помещений. В результате устойчивости ряда возбудителей инфекционных заболеваний во внешней среде с пылью происходит массовое инфицирование различных труднодоступных мест, в особенности в помещениях [13].

К тому же на поверхностях помещений существует большое количество дефектов в виде карманов, щелей, капилляров и так называемых крипт (маленьких кратеров). Даже идеально гладкая, на первый взгляд, поверхность под сильным увеличением абсолютно криптообразна, и микроорганизмы способны благополучно переждать химическую атаку в сверхмелких кратерах, а затем, размножаясь, выходить на поверхность и восполнять популяцию.

Все это обуславливает и повышает риск попадания возбудителей инфекционных заболеваний в организм человека и определяет особую актуальность разработки и совершенствования объективных методов оценки эффективности дезинфицирующих средств, оборудования и технологий, применяемых для обеззараживания воздуха.

Поиск способа обработки, который способен гарантировать обеззараживание всех труднодоступных мест, позволит предотвратить негативные последствия от микробного загрязнения воздушной среды в помещениях, снизить риск развития чрезвычайных ситуаций биологического характера, в том числе в местах массового скопления людей, является актуальной задачей [14, 15].

Одним из таких способов является аэрозольная дезинфекция, при которой жидкое дезинфициру-

щее средство переводится в мелкодисперсное состояние и вводится в воздушную среду помещения. Аэрозоль заполняет весь объем и оседает на поверхностях объектов (стены, пол, оборудование, инвентарь). Частично аэрозольные капли испаряются и в этом виде проникают во все щели, пазы, трещины, что способствует более полному и эффективному взаимодействию дезинфицирующего средства с микробной клеткой, вызывая ее гибель [16].

Обычная капля, создаваемая нетехнологическим оборудованием, в силу осмотических законов не способна проникнуть в мелкие дефекты поверхностей, а лишь на время закупоривает их. Частицы же аэрозоля с ультрамалыми размерами (5–35 мкм) способны проникать повсеместно, что позволяет за счет явления адгезии и тепловой преципитации заполнить все мелкие дефекты поверхности и тем самым обеспечить ее равномерное полное покрытие, а также обработать воздушное пространство, в котором за счет конвекционных потоков осуществляется миграция микроорганизмов [12, 17].

Как известно, метод аэрозольной дезинфекции с успехом применяется для обеззараживания воздуха и поверхностей в медицинских и общественных организациях во всем мире. Общие требования к выбору оборудования, химических дезинфицирующих средств и технологий обработки для обеззараживания воздуха и поверхностей в медицинских организациях методом аэрозольного распыления изложены в «Методических рекомендациях по применению метода аэрозольной дезинфекции в медицинских организациях»¹. Однако в рекомендациях отсутствуют требования к условиям и порядку экспертизы оборудования и средств, предлагаемых для аэрозольной дезинфекции с целью разработки эффективных режимов.

Для объективной оценки эффективности обеззараживания и безопасности применения метода аэрозольной дезинфекции в помещениях различного назначения, в том числе и в медицинских организациях, на базе испытательного лабораторного центра ФБУН НИИ дезинфектологии Роспотребнадзора организовано лабораторно-экспериментальное изучение эффективности и безопасности применения дезинфицирующих средств. Изучено специальное оборудование для их распыления (генераторов аэрозолей), а также иное оборудование для дезинфекции воздуха и поверхностей в помещениях.

Следует отметить, что изучение эффективности обеззараживания воздуха в лабораторных условиях является весьма трудоемким, как организационно, так и методически. Требуется строгое соблюдение требований, установленных различными нормативно-правовыми актами и предъявляемых к лабораторным помещениям, оборудованию и организации работы с аэрозолями микроорганизмов

¹ МР 3.5.1.0103-15. Методические рекомендации по применению метода аэрозольной дезинфекции в медицинских организациях. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2015. – 11 с.

и химических веществ. Имеющийся опыт исследований дезинфицирующих средств в аэрозольной форме свидетельствуют о наличии определенной зависимости эффективности этих средств от ряда факторов, таких как химический состав средства (действующее вещество и его концентрация в рабочем растворе средства), расход средства на единицу объема и площади помещения, дисперсность аэрозоля, длительность циклов и кратность обработки, условия применения средства (профилактическая, очаговая дезинфекция при различных инфекциях с учетом вида возбудителя), стойкость аэрозоля в воздухе.

Целью настоящей работы явилось обоснование и внедрение комплексных методических подходов к организации и проведению исследований по изучению эффективности и безопасности дезинфицирующих средств, предназначенных для решения задач управления рисками здоровью.

Материалы и методы. В качестве тест-микроорганизмов, применяемых для искусственной контаминации воздуха, в отношении которых изучалась эффективность дезинфицирующих средств с использованием аэрозольного метода, а также оборудования для обеззараживания воздуха, использовали микроорганизмы, имеющие санитарно-показательное значение (*Staphylococcus aureus*, штамм 906, ATCC 6538-P). С целью оценки туберкулоцидного действия дезинфицирующих средств использовали *Mycobacterium terrae*, DSM 43227. Эти микроорганизмы относятся к III–IV группе патогенности по классификации, принятой в Российской Федерации (СП 1.3.2322-08 «Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней»)², что является эквивалентным первой группе патогенности по классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Это во многом определяет характер и объем требований к помещениям, оборудованию и организации работ с такими микроорганизмами.

Исследование осуществляли в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами СП 1.3.2322-08. Учитывая многообразие дезинфекционной техники для создания аэрозолей, различающейся техническими и эксплуатационными характеристиками, а также параметрами, определяющими эффективность режимов обеззараживания воздуха, для изучения эффективности и безопасности применения такого оборудования необходимо создание условий, максимально корректно моделирующих условия последующего применения оборудования в практике. Кроме того, функциональные особенности различных генераторов аэрозолей, а именно возможность обрабатывать помещения разных объемов, определили необходимость конструирования нескольких камеральных помещений разных

объемов для тестирования различного оборудования в зависимости от его мощности и функционального предназначения.

Для изучения эффективности средств (в том числе в форме аэрозольных баллонов), предназначенных для обеззараживания небольших объемов воздуха или для обеззараживания поверхностей в замкнутом пространстве ограниченного объема (например, при моделировании салона автомобиля), использовали аэрозольную камеру объемом 1 м³, которая по сути представляет собой изолированный бокс биологической безопасности III класса, предусматривающий защиту исследователя, продукта и среды. Камера оснащена вытяжной вентиляцией с механическим побуждением через жесткий воздуховод. Имеются НЕРА-фильтры тонкой очистки воздуха класса H14, а также необходимые технологические отверстия для подачи воздуха под давлением с целью создания аэрозоля микроорганизмов и последующего отбора проб воздуха для оценки эффективности его обеззараживания (рис. 1).

С целью изучения эффективности дезинфекционного оборудования, предназначенного для обеззараживания воздуха больших объемов, использовали специально оборудованные помещения-камеры объемом до 120 м³, оснащенные необходимым набором технических средств для работы с аэрозолями микроорганизмов III–IV групп патогенности. Камеральное помещение, предназначенное для указанных целей, объемом 120 м³, представляет собой боксированную комнату с возможностью герметизации, оснащенную механической приточно-вытяжной вентиляцией с НЕРА-фильтрами тонкой очистки



Рис. 1. Аэрозольная камера для изучения эффективности средств для обеззараживания воздуха

² СП 1.3.2322-08. Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней: санитарные правила. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 75 с.

воздуха класса Н14 как на притоке, так и на вытяжке. Внутренняя отделка помещения выполнена с применением специального покрытия, способного выдерживать систематическое проведение аэрозольной обработки дезинфицирующими средствами, содержащими агрессивные действующие вещества. По периметру помещения размещены открытые бактерицидные облучатели для обеззараживания воздуха рабочего объема после окончания экспериментальной работы с аэрозолями микроорганизмов. Безопасная работа исследователя обеспечивалась необходимым набором средств индивидуальной защиты кожных покровов (защитный комбинезон, резиновые перчатки, шапочка) и органов дыхания (респираторы, маски), средств первой помощи, а также кнопками аварийной сигнализации в боксе и предбоксике с выводом световой и звуковой сигнализации в коридор (рис. 2).



Рис. 2. Камеральное помещение для изучения эффективности средств для обеззараживания воздуха

Одним из исследований с применением специализированных помещений для оценки эффективности средств и оборудования для обеззараживания воздуха и поверхностей являлась работа по определению бактерицидных доз импульсного ультрафиолетового излучения сплошного спектра, обеспечивающих эффективность от 90,0 до 99,99 % при обеззараживании воздуха и поверхностей, контаминированных бактериями *S. aureus* [18].

При исследовании эффективности обеззараживания воздуха генератором аэрозоля создавалась микробная взвесь, равномерно распределенная по объему помещения при помощи вентилятора. Предварительно серией экспериментов была подтверждена стабильность поддержания контаминации воздушной взвеси в течение всего эксперимента. Исходная контаминация воздушного объема составила $(1,46\text{--}4,80) \cdot 10^5$ КОЕ/м³. Отбор проб воздушной среды проводился путем прокачивания воздуха с помощью аспиратора через склянки Дрекслера со стерильной водопроводной водой, которую впоследствии мерно наносили на чашки Петри и заливали 10 мл расплавленного и остуженного до 45 °С мясопептонного агара. Результаты учитывали после инкубации при температуре 37 ± 1 °С в течение

24–48 ч. В качестве контрольных выступали аналогичные измерения, полученные без облучения воздушного объема импульсными потоками ультрафиолетового излучения. Установка, генерирующая поток импульсного ультрафиолетового излучения, располагалась по центру боксированного помещения объемом около 30 м³ (длина 3,1 м, ширина 2,4 м, высота 4,0 м) и включалась в режим излучения от 1 минуты 31 секунды до 5 минут 6 секунд [18].

При исследовании эффективности обеззараживания поверхностей тест-микроорганизм наносился на следующие типы материала: пластик (чашки Петри однократного применения диаметром 85 мм), металл (металлические пластины размером 50×50 мм, изготовленные из нержавеющей стали), кафель (пластины размером 50×50 мм, изготовленные из кафельной плитки).

Влияние на эффективность обеззараживания органических загрязнений на облучаемых поверхностях исследовалось путем дополнительного нанесения на предварительно контаминированную пластиковую поверхность 40%-ной инактивированной сыворотки, имитирующей ее загрязнение.

Все исследуемые тест-объекты облучались импульсным ультрафиолетовым излучением с расстояния 2 метра. Установка располагалась таким образом, чтобы исключить влияние отражающей поверхности на величину бактерицидного потока на облучаемой поверхности (рис. 3).



Рис. 3. Схема обеззараживания тест-поверхностей, контаминированных *S. aureus*, с применением импульсной ультрафиолетовой установки [18]

Тест-поверхности контаминировались суспензией с исходным уровнем контаминации до $2,0 \cdot 10^7$ КОЕ/см². На поверхность образцов микропипеткой наносили по 0,25 мл данной суспензии, которую равномерно распределяли при помощи шпателя и подсушивали в термостате. Среднее количество микроорганизмов на контрольных (не облученных) образцах из пластика составляло $1,0 \cdot 10^6$ КОЕ/см², металла – $3,7 \cdot 10^5$ КОЕ/см², кафеля – $2,77 \cdot 10^4$ КОЕ/см². Полученные тест-образцы подвергали ультрафиолетовому облучению с экспозициями от 1 до 32 минут. После опыта в облученные и контрольные образцы из пластика (одноразовые чашки Петри) наносили 10 мл стерильной воды, при помощи шпателя производили смыв микробных клеток с поверхностей и их равномерное распреде-

ление в смывной жидкости. Затем в чашки Петри заливали 10 мл расплавленного и остуженного до 45 °С мясепептонного агара. Исследованию подвергались две группы контрольных поверхностей. Смыв микроорганизмов с одной группы контрольных поверхностей производился до начала эксперимента (без подсушивания суспензии), с другой – после окончания эксперимента (через три часа). Общее количество микроорганизмов в смывах с контрольных поверхностей учитывалось как среднее до и после эксперимента. Все эксперименты проводились в трех повторениях.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования эффективности обеззараживания воздуха, контаминированного *S. aureus*, в специализированном камеральном помещении с применением импульсной ультрафиолетовой установки приведены в таблице.

Эффективность обеззараживания воздуха, контаминированного *S. aureus*, с применением импульсной ультрафиолетовой установки [18]

Объем экспериментального бокса, м ³	Время облучения	Контроль, КОЕ/м ³	Опыт, КОЕ/м ³	Эффективность	
				%	lg
30	5 мин 6 с	4,8·10 ⁵	0	100,00	5,6
	3 мин 3 с	1,46·10 ⁵	80	99,95	3,2
	1 мин 31 с	1,63·10 ⁵	2,4·10 ³	98,50	1,8

Объемные бактерицидные дозы для обеззараживания воздуха с эффективностью 90 % составляют 14 Дж/м³, а для эффективности 99,9 % – 47,5 Дж/м³. 100%-ная эффективность обеззараживания достигается уже при экспозициях 5 минут 6 секунд.

Исследования эффективности обеззараживания пластмассовых тест-объектов импульсным ультрафиолетовым излучением сплошного спектра проводились с использованием чашек Петри однократно при применении в двух сериях (рис. 4).

На рис. 4 представлена кривая выживаемости, построенная по двум сериям экспериментов с учетом исследований, выполненных ранее [18]. Кривая выживаемости имеет характерный двухкомпонентный вид. Эффективность обеззараживания 99,99 % достигается даже за одну минуту облучения с расстояния 2 метра.

На рис. 5 представлены результаты исследования влияния материала поверхности и наличия органических загрязнений на эффективность обеззараживания [18]. В результате получено, что при облучении тест-объектов с экспозицией 2 минуты на всех рассмотренных типах поверхностей достигается эффективность обеззараживания не менее 99,99 %, установленная в качестве критерия эффективности для дезинфицирующих средств. Наибольшая эффективность показана на пластиковых и кафельных тест-образцах, наименьшая – на металлических. Наличие биологического загрязнения (биологической нагрузки) на пластиковой поверхности не оказывает суще-

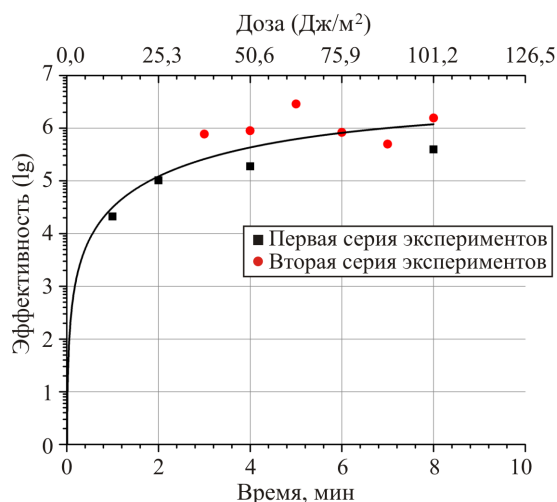


Рис. 4. Эффективность обеззараживания пластиковых тест-объектов при различных экспозициях их облучения импульсным ультрафиолетовым излучением

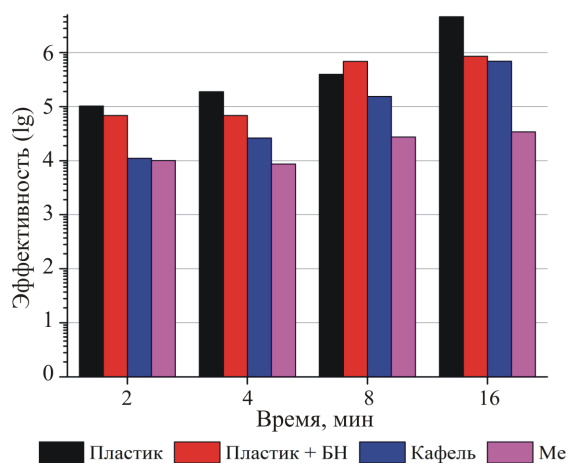


Рис. 5. Влияние типа материала поверхности и органической нагрузки на эффективность обеззараживания импульсным ультрафиолетовым излучением

ственного влияния на достигаемую эффективность. Разница в эффективности обеззараживания пластиковых поверхностей в присутствии органической нагрузки и без нее не превышает 10 % при всех экспозициях (2–8 мин).

Что касается исследований эффективности химических дезинфицирующих средств в аэрозольной форме, то для обработки поверхностей на сегодняшний день наибольшую эффективность показали средства на основе перекиси водорода с различными добавками, диоксида хлора, катионных поверхностно-активных веществ, что удовлетворительно коррелируется с ранее полученными данными [19]. Расход средства при этом варьировался в пределах 10–50 мл/м³, время дезинфекционной выдержки – от 60 до 240 минут, дисперсность аэрозоля – от 5 до 30 мкм («сухой и увлажненный туман»). Следует отметить, что, в отличие от расхода средства и экс-

позиции, при увеличении которых возрастает и эффективность, увеличение уровня дисперсности аэрозоля и концентрации действующего вещества в рабочем растворе не всегда приводит к положительным результатам. Для большинства изучаемых средств максимум активности аэрозоля фиксировался на уровне размера частиц 10–20 мкм («увлажненный туман»).

Для обеззараживания воздуха эффективны менее жесткие режимы (как по уровню расхода средства, так и по времени экспозиции), чем для обеззараживания поверхностей, что связано с различиями физико-химического взаимодействия аэрозолей дезинфицирующих средств с микроорганизмами в воздушной среде и на поверхностях.

Учитывая многофакторность влияния параметров, определяющих эффективность дезинфекции в лабораторных условиях, на качество проведения дезинфекционных мероприятий в практике, а также исходя из того, что наибольшую эпидемиологическую значимость имеет эффективность этих мероприятий в особо чистых (класса А) помещениях медицинских организаций³, обстановка камерального помещения для изучения эффективности аэрозольной дезинфекции должна быть максимально приближена к таковой в помещениях подобного типа.

Моделирование обстановки обрабатываемого помещения позволяет при расчете нормы расхода дезинфицирующего средства учитывать не только объем помещения, но и увеличивающуюся при этом суммарную площадь поверхностей за счет размещения объектов мебели и медицинского оборудования. Последнее необходимо рассчитывать при разработке эффективных режимов для обеззараживания поверхностей аэрозольным методом. Кроме того, использование реальных модельных

объектов из материалов, из которых изготавливают медицинскую мебель и оборудование, позволяет с высокой точностью установить эффективные режимы обеззараживания поверхностей в особо чистых (класса А) помещениях медицинских организаций, ориентируясь на минимальные эффективные концентрации действующих веществ с целью обеспечения максимального уровня безопасности дезинфекционных мероприятий для персонала и больных, а также снижения агрессивного влияния дезинфицирующих средств на обрабатываемые поверхности и сохранения их эксплуатационных свойств.

Выводы. Изучение и оценка эффективности оборудования и дезинфицирующих средств, применяемых с использованием метода аэрозольной дезинфекции, должны предусматривать как наличие методического обеспечения исследований и присутствие соответствующих специалистов, так и необходимого технического оснащения лабораторной базы с возможностью использования специализированного валидированного оборудования для испытаний.

Таким образом, разработанные и апробированные методические подходы к оценке эффективности дезинфицирующих средств и оборудования для аэрозольной дезинфекции позволяют обеспечить разработку эффективных режимов обработки воздуха и, как следствие, способствовать повышению эффективности дезинфекционных мероприятий в практических условиях. Ключевой результат: снижение риска распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя, в том числе ИСМП.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Анализ риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи / Г.Г. Бадамшина, В.Б. Зиатдинов, Г.Ш. Исаева, М.А. Кириллова, С.С. Земскова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 113–118.
2. Галай В.С. Анализ биоагрессивности воздушной среды в чистых помещениях и оценка рисков заражения в них // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 8 (107). – С. 912–916.
3. Микробиологический мониторинг воздушной среды в медицинских организациях / В.Б. Зиатдинов, Г.Г. Бадамшина, А.Б. Бакиров, А.З. Зарипова, Г.Ш. Исаева [и др.] // Медицина труда и экология человека. – 2016. – Т. 8, № 4. – С. 86–90.
4. Пунченко О.Е., Косякова К.Г., Васильева Н.В. Исследование микробиоты воздуха в многопрофильном стационаре Санкт-Петербурга // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 33–36.
5. Curtis L.T. Prevention of hospital-acquired infections: review of non-pharmacological interventions // Journal of Hospital Infection. – 2008. – Vol. 69, № 3. – P. 204–219.
6. Airborne transmission of disease in hospitals / I. Eames, J.W. Tang, Y. Li, P. Wilson // Journal of the Royal Society. Interface. – 2009. – Vol. 6, № 6. – P. S697–S702.
7. The role of the hospital environment in preventing healthcare-associated infections caused by pathogens transmitted through the air / J.T. Jacob, J.P. Steinberg, A. Kasali, C. Zimring, M.E. Denham // HERD – Health Environments Research & Design Journal. – 2013. – Vol. 7, № SUPPL. 1. – P. 74–98.

³ СанПиН 2.1.3.2630-10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902217205> (дата обращения: 03.11.2018).

8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. – С. 108.
9. Morris C.E., Leyronas C., Nicot P.C. Movement of bioaerosols in the atmosphere and the consequences for climate and microbial evolution // *Aerosol Science: Technology and Applications*. – 2014. – P. 393–415.
10. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review / Y. Li, H. Qian, G.M. Leung, J.W. Tang, X. Yang [et al.] // *Indoor Air*. – 2007. – Vol. 17, № 1. – P. 2–18.
11. Bioaerosol deposition on an air-conditioning cooling coil / Y. Wu., A. Chen, I. Luhung, E.T. Gall, V.W.-C. Chang [et al.] // *Atmospheric Environment*. – 2016. – Vol. 144. – P. 257–265.
12. Indoor environment and children's health: recent developments in chemical, biological, physical and social aspects / P. Le Cann, N. Bonvallot, P. Glorennec, S. Deguen, C. Goery [et al.] // *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. – 2011. – Vol. 215, № 1. – P. 1–18.
13. Исаева Г.Ш., Зиатдинов В.Б., Габидуллина С.Н. Гигиенический и микробиологический мониторинг воздушной среды в начальной школе // *Здравоохранение Российской Федерации*. – 2016. – Т. 60, № 2. – С. 83–88.
14. Обеззараживание воздуха в медицинских организациях: тенденции развития / А.В. Наголкин, Е.В. Володина, В.Г. Акимкин, А.П. Борисоглебская, А.С. Сафатов // *Медицинский алфавит*. – 2015. – Т. 1, № 6. – С. 44–49.
15. Савенко С.М., Логвинов Н.Л. Как эффективно прервать воздушно-капельный путь распространения внутрибольничных инфекций – одну из наиболее растущих проблем современного здравоохранения? // *Медицинский алфавит*. – 2017. – Т. 3, № 30 (327). – С. 21–22.
16. Юзбашев В.Г., Абрамова И.М. Технологии обеззараживания и очистки воздуха – важное звено в профилактике туберкулеза (аналитический обзор) // *Медицинский алфавит*. – 2012. – Т. 1, № 3. – С. 12–18.
17. Инактивация микроорганизмов – главный критерий эффективности обеззараживания воздуха в медицинских организациях / А.В. Наголкин, Е.В. Володина, В.Г. Акимкин, А.П. Борисоглебская, А.С. Сафатов // *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*. – 2014. – № 6. – С. 57–62.
18. Исследование бактерицидной эффективности обеззараживания воздуха и открытых поверхностей импульсным ультрафиолетовым излучением сплошного спектра / Н.В. Шестопалов, В.Г. Акимкин, Л.С. Федорова, А.Ю. Скопин, Я.А. Гольдштейн [и др.] // *Медицинский алфавит*. – 2017. – Т. 2 (Эпидемиология и гигиена), № 18. – С. 5–9.
19. Popov D.A., Anuchina N.M. Microbiological efficacy of hospital environment decontamination by hydrogen peroxide aerosol // *Biomedical Engineering*. – 2016. – Vol. 50, № 2. – P. 92–95.

Совершенствование методических подходов к управлению риском распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя / Н.В. Шестопалов, А.Ю. Скопин, Л.С. Федорова, Т.В. Гололобова // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 1. – С. 84–92. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.09

UDC 614.2: 614.484

DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.09.eng

Read
online



DEVELOPING METHODOLOGICAL APPROACHES TO MANAGING RISKS OF AIRBORNE INFECTIONS WITH AEROSOL CONTAGION

N.V. Shestopalov^{1,3}, A. Yu. Skopin^{1,2}, L.S. Fedorova¹, T.V. Gololobova^{1,3}

¹Science Research Institute for Disinfectology of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Well-being, 18 Nauchnyi lane, Moscow, 117246, Russian Federation

²I.M. Sechenov's First Moscow State Medical University, bld. 2, 8 Trubetskaya Str., Moscow, 119991, Russian Federation

Russian Medical Academy for Continuing Professional Education of the RF Public Healthcare Ministry, bld. 1, 2/1 Barrikadnaya Str., Moscow, 125993, Russian Federation

A promising way to prevent spread of airborne infections with aerosol contagion and to reduce risks of healthcare-associated infections (HAI) is to preserve clean air inside premises (including medical organizations) via performing activities aimed at disinfecting air, ventilation and air-conditioning systems and via switching to up-to-date ecologically friendly disinfectants and their rotation.

Epidemiological hazards for patients and medical personnel in medical organizations are caused by pathogenic and opportunistic pathogenic microorganisms that can be found in the air inside premises and on various surfaces; such micro-

organisms are bacteria in their vegetative form (including tuberculosis agents), viruses, fungi that cause candidosis and dermatophytes, mold fungi, spore bacteria.

Aerosol disinfection is a well proven technique for treating the air inside premises in order to disinfect it and to reduce risks of infections spread; this technique involves transforming a disinfectant into a fine-disperse state with a specialized spraying device so that an aerosol is introduced into the air inside a premise.

To work out efficient air disinfection regimes that involve application of relevant equipment and disinfectants, it is necessary to apply such techniques and conditions that would secure the most efficient application of aerosol disinfection in practical conditions.

The authors have outlined basic organizational and methodical approaches to an objective assessment of how efficient and how safe aerosol disinfection technique is when it is applied in different premises, including medical organizations.

Key words: air decontamination, air disinfection, aerosol disinfection technique, Assessment of disinfectants efficiency, disinfectant aerosol, examination of decontamination efficiency, airborne infections with aerosol contagion, aerosol chamber.

References

1. Badamshina G.G., Ziatdinov V.B., Isaeva G.Sh., Kirillova M.A., Zemskova S.S. Analiz riska razvitiya infektsii, svyazannykh s okazaniem meditsinskoi pomoshchi [Analysis of risk for infections related to providing medical assistance]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2017, no. 2, pp. 113–118 (in Russian).
2. Galai V.S. Analiz biozagryaznenii vozdukhnoi sredy v chistyykh pomeshcheniyakh i otsenka riskov zarazheniya v nikh [Analysis of biocontaminations of air environment in clean rooms and estimation of risks of their contamination]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta*, 2017, vol. 12, no. 8 (107), pp. 912–916 (in Russian).
3. Ziatdinov V.B., Badamshina G.G., Bakirov A.B., Zaripova A.Z., Isaeva G.Sh., Karimov D.O. Mikrobiologicheskii monitoring vozdukhnoi sredy v meditsinskikh organizatsiyakh [Microbiological monitoring of the air environment in medical institutions]. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 86–90 (in Russian).
4. Puchenko O.E., Kosyakova K.G., Vasil'eva N.V. Issledovanie mikrobioty vozdukh v mnogoprofil'nom statsionare Sankt-Peterburga [Investigation of the air microbiota in the multidisciplinary hospital of Saint Petersburg]. *Gigiena i sanitariya*, 2014, no. 5, vol. 93, pp. 33–36 (in Russian).
5. Curtis L.T. Prevention of hospital-acquired infections: review of non-pharmacological interventions. *Journal of Hospital Infection*, 2008, vol. 69, no. 3, pp. 204–219.
6. Eames I., Tang J.W., Li Y., Wilson P. Airborne transmission of disease in hospitals. *Journal of the Royal Society. Interface*, 2009, vol. 6, no. 6, pp. 697–702.
7. Jacob. J.T., Steinberg J.P., Kasali A., Zimring C., Denham M.E. The role of the hospital environment in preventing healthcare-associated infections caused by pathogens transmitted through the air. *Health Environments Research & Design Journal*, 2013, vol. 7, no. 1, pp. 74–98.
8. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiiskoi Federatsii v 2017 godu: Gosudarstvennyi doklad. – Moscow, Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelya i blagopoluchiya cheloveka, 2018, 108 p. (in Russian).
9. Morris C.E., Leyronas C., Nicot P.C. Movement of bioaerosols in the atmosphere and the consequences for climate and microbial evolution. *Aerosol Science: Technology and Applications*, 2014, pp. 393–415.
10. Li Y., Qian H., Leung G.M., Tang J.W., Yang X. [et al.]. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air*, 2007, vol. 17, no. 1, pp. 2–18.
11. Wu. Y., Chen A., Luhung I., Gall E.T., Chang V.W.-C. [et al.]. Bioaerosol deposition on an air-conditioning cooling coil. *Atmospheric Environment*, 2016, vol. 144, pp. 257–265.
12. Le Cann P., Bonvallot N., Glorennec P., Deguen S., Goeury C. [et al.]. Indoor environment and children's health: recent developments in chemical, biological, physical and social aspects. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2011, vol. 215, no. 1, pp. 1–18.

© Shestopalov N.V., Skopin A. Yu., Fedorova L.S., Gololobova T.V., 2019

Nikolay V. Shestopalov – M.D., Professor, Head, Professor at the Department for Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service (e-mail: shestopalov.nv@gmail.com; tel.: +7 (495) 332-01-01; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9973-3508>).

Anton Y. Skopin – Ph.D. of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory dealing with sterilization issues, Associate Professor at the Department for General Hygiene (e-mail: auskopin@yandex.ru; tel.: +7 (495) 332-01-65; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7711-9489>).

Lyudmila S. Fedorova – M.D., Professor, Head of the laboratory dealing with disinfection issues (e-mail: fedorova-ls@yandex.ru; tel.: +7 (495) 332-01-60; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-2663-0273>).

Tatiana V. Gololobova – M.D., Deputy Head of the Science Research Institute for Disinfectology, Professor at the Department of tropical, parasitic diseases and disinfection care (e-mail: 1915544@mail.ru; tel.: +7 (495) 332-01-15; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9033-5223>).

13. Isaeva G.Sh., Ziatdinov V.B., Gabidullina S.N. Gigienicheskiy i mikrobiologicheskiy monitoring vozduшной sredy v nachal'noi shkole [The hygienic microbiological monitoring of air in grade school]. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2016, vol. 60, no. 2, pp. 83–88 (in Russian).
14. Nagolkin A.V., Volodina E.V., Akimkin V.G., Borisoglebskaya A.P., Safatov A.S. Obezrazhivanie vozdukhа v meditsinskikh organizatsiyakh: tendentsii razvitiya [Air disinfection in medical institutions: development trends]. *Meditsinskii alfavit*, 2015, vol. 1, no. 6, pp. 44–49 (in Russian).
15. Savenko S.M., Logvinov N.L. Kak effektivno prervat' vozduшно-kapel'nyi put' rasprostraneniya vnutribol'nichnykh infektsii – odnu iz naibolee rastushchikh problem sovremennogo zdravookhraneniya? *Meditsinskii alfavit*, 2017, vol. 3, no. 30 (327), pp. 21–22 (in Russian).
16. Yuzbashev V.G., Abramova I.M. Tekhnologii obezrazhivaniya i ochistki vozdukhа – vazhnoe zveno v profilaktike tuberkuleza (analiticheskiy obzor). *Meditsinskii alfavit*, 2012, vol. 1, no. 3, pp.12–18 (in Russian).
17. Nagolkin A.V., Volodina E.V., Akimkin V.G., Borisoglebskaya A.P., Safatov A.S. Inaktivatsiya mikroorganizmov – glavnyi kriterii effektivnosti obezrazhivaniya vozdukhа v meditsinskikh organizatsiyakh [Microbial inactivation is a major criterion for the efficiency of air disinfection in health care facilities]. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni. Aktual'nye vo-prosy*, 2014, no. 6, pp. 57–62 (in Russian).
18. Shestopalov N.V., Akimkin V.G., Fedorova L.S., Skopin A.Yu., Gol'dshtein Ya.A., Golubtsov A.A., Kireev S.G., Polikarpov N.A., Shashkovskii S.G. Issledovanie bakteritsidnoi effektivnosti obezrazhivaniya vozdukhа i otkrytykh poverkhnostei impul'snym ul'trafiol'tovym izlucheniem sploshnogo spektra [Research of germicidal efficiency of air and open surfaces disinfection by pulsed ultraviolet light of continuous spectrum]. *Meditsinskii alfavit*, 2017, vol. 2, no. 18, pp. 5–9 (in Russian).
19. Popov D.A., Anuchina N.M. Microbiological efficacy of hospital environment decontamination by hydrogen peroxide aerosol. *Biomedical Engineering*, 2016, vol. 50, no. 2, pp. 92–95.

Shestopalov N.V., Skopin A.Yu., Fedorova L.S., Gololobova T.V. Developing methodical approaches to managing risks of airborne infections with aerosol contagion. Health Risk Analysis, 2019, no. 1, pp. 84–92. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.09.eng

Получена: 08.11.2018

Принята: 24.02.2019

Опубликована: 30.03.2019