

© Савенко С. М., 2012

УДК [614.21:614.442](100)(045)

Современные технологии обеззараживания воздуха в лечебно-профилактических учреждениях



САВЕНКО
Станислав Максимович

НИИ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко

Заведующий отделением ЦСО,

академик РАМН, профессор, докт. мед. наук

Об авторе

Савенко Станислав Максимович окончил биологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. С 2009 г. работает в Центральном стерилизационном отделении (ЦСО) НИИ нейрохирургии, которое, по сути, стало методическим центром разработки и создания современных ЦСО на отечественном оборудовании.

Савенко С. М. – член общества изобретателей и рационализаторов, имеет авторские свидетельства и Патент на изобретение. По сумме работ, выполненных по разработке и внедрению новых образцов оборудования для ЦСО, он был принят в 2004 г. в число действительных членов Российской академии медико-технических наук (РАМТН).

Член Технического комитета Российского агентства по метрологии и стандартам стерилизации.

В статье рассмотрены различные методы обеззараживания помещений в лечебно-профилактических заведениях. Показаны преимущества новых методов обеззараживания, основанных на фотокаталитической технологии (очистители воздуха «Аэролайф») и импульсной ксенотехнологии (Альфа-01, Альфа-05).

Ключевые слова: *фотокаталитическая технология, импульсная ксенотехнология, УФ-облучение, дезинфекционные средства.*

The article deals with different methods of disinfection of lodgings in healthcare facilities. The advantages of new methods of decontamination, based on photocatalytic technology (air cleaners «Aerolife») and impulse xenotechnology (Alfa-01, Alfa-05) are also shown.

Keywords: *photocatalytic technology, impulse xenotechnology, UV-irradiation, disinfectants.*

Воздушно-капельные инфекции, обладая исключительной активностью и скоростью распространения, представляют одну из острейших проблем для инфекционной безопасности в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПО).

Воздушно-капельным путём передаются микобактерии туберкулёза, пневмококки, клебсиеллы, бактерии *Escherichia coli* (помимо постоянного места их обитания в кишечнике человека и животных, они могут находиться в воздухе сухих помещений). В сухой пыли могут присутствовать также бактерии *Staphylococcus aureus*.

Особую проблему создают инфекции гриппа и острые респираторные инфекции (ОРВИ), которые вызывают более 200 вирусов. Ежегодно эти инфекции поражают около 60 млн человек в странах СНГ; в США, по расчётным данным, переболевает не менее 500 млн человек [1].

В недалёкие времена в Европе и США возникали вспышки оспы, в том числе и внутрибольничные. Например, во время вспышки оспы в г. Ванн (Франция) в 1954 г. из 75 заболевших 64 человека заразились в стационарах.

Традиционно обеззараживание воздуха в помещениях ЛПУ проводится с помощью ультрафиолета. Этот метод применяется исключительно во всех медицинских учреждениях. Однако метод ультрафиолетового облучения (УФО) уже не может удовлетворять современным требованиям к качеству обеззараживания воздушной среды, т. к. УФО имеет существенные недостатки:

- Энергетическая эффективность ртутных ламп реализуется в очень узком диапазоне физических и энергетических параметров, в частности, только при удельной электрической мощности, вкладываемой на единицу длины лампы, не более 1 ватт на 1 см длины. В связи с этим самые мощные бактерицидные лампы длиной порядка 1 м не превышают по мощности 100 ватт. В результате интенсивность УФ излучения и, соответственно, облучённость обрабатываемого объекта оказываются весьма низкой – милли- и даже микроватты на 1 кв. см. В связи с этим, для получения бактерицидного эффекта требуется значительное время экспозиции. По этой причине такие бактерицидные лампы имеют весьма низкую эффективность обеззараживания массивно контаминированных поверхностей.
- Другим существенным недостатком ртутных ламп является монохроматичность или селективность испускаемого УФ излучения – излучается только одна спектральная линия. Поскольку различные микроорганизмы име-

ют в УФ-области различные спектральные полосы поглощения, то ртутные лампы могут эффективно инкапсулировать только определённые виды микроорганизмов, а именно те, максимум спектральной чувствительности которых совпадает или близок к спектральной линии излучения лампы (254 нм). Жизнедеятельность же других микроорганизмов, спектр поглощения которых не совпадает с эмиссионным спектром лампы, не будет подавляться вовсе или будет подавляться, но очень слабо и неэффективно. По этой причине ртутные лампы имеют весьма низкую биоцидную эффективность в отношении ряда вирусных и споровых (в том числе и патогенных) видов микрофлоры, грибов и др.

- Ртутные лампы имеют также ряд эксплуатационных недостатков, связанных с наличием ртути, узким температурным диапазоном работы, быстрым запылением колбы лампы ввиду ионизации пылевых частиц и пр.
- Использование ртутных ламп затрудняет поддержание микробного фона помещения на достаточно низком уровне во время всего рабочего времени эксплуатации помещения, особенно это касается асептических помещений (операционные, перевязочные, смотровые, стерильные зоны ЦСО и пр.). Правильно было бы после каждой операции или перевязки заново готовить помещение (влажная обработка с дезинфицирующим раствором плюс УФ облучение). Но при использовании ртутных ламп это практически не представляется возможным при большом потоке больных, т. к. на подготовку помещения после каждого больного необходимо затратить более одного часа времени.

Исходя из вышеизложенного, можно ответить на вопрос: «Почему все проводимые асептические мероприятия не приносят ощутимых результатов по снижению внутрибольничных инфекций?». Выходом из создавшегося положения может быть внедрение новых биоцидных технологий, разработанных отечественными учёными.

Фотокаталитическая технология

В НИИ катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения РАН и в Информационно-технологическом институте (г. Москва) разработаны бытовые фотокаталитические очистители воздуха «Аэролайф».

В бактериологических электростатических рециркуляторах, фильтрах частицы, находящи-

еся в воздухе, задерживаются и накапливаются на пластинах, которые, при несвоевременной замене загрязнённого фильтра, могут стать своеобразной бактериологической бомбой. Фотокаталитический метод очистки воздуха, в отличие от упомянутых выше способов, заключается в том, что частицы, находящиеся в воздухе, не задерживаются и не накапливаются, а просто разлагаются до элементарных частиц. Например, белковые молекулы, из которых строятся белки, разлагаются на элементарные составляющие: углерод, водород, кислород, серу и пр.

В связи с этим, микроорганизмы уже никогда не смогут выработать устойчивые штаммы ввиду необратимости процесса распада белковых тел. Из отдельных составляющих компонентов (углерода, кислорода, водорода и пр.) создать вновь белковую живую структуру невозможно (вспомним постулат Луи Пастера о невозможности самозарождения жизни).

Фотокаталитические очистители очищают воздух от всех примесей: органического и неорганического состава с размером частиц до 0,001 микрона – величина сопоставимая с размером вирусов и молекул. Они также очищают воздух от газовых загрязнений: формальдегида, угарного газа, озона, окислов азота, фенолов, ксилолов, этилацетатов, окиси углерода, аммиака, паров ингаляционных анестетиков и т. д.

Фотокаталитические очистители очищают воздух от аллергенов, являющихся одной из острейших проблем современного человечества. Это может послужить дальнейшим разработкам новых, более эффективных методов очистки воздуха от боевых отравляющих веществ. Например, при испытаниях с использованием выхлопных газов удалось получить абсолютно чистый воздух без каких-либо вредных примесей.

Фотокаталитический очиститель воздуха «Аэролайф» представляет собой настенный рециркулятор воздуха. Воздух прокачивается через рециркулятор и постепенно очищается. Уровень вредных газов и микроорганизмов при этом тоже снижается и уже не представляет опасности для человека.

Из заключения об эффективности комплексной очистки и обеззараживания воздуха «Тион», выданного независимой экспертной организацией ФГУН ГНЦ ВБ «ВЕКТОР», следует, что эффективность обеззараживания воздуха (инактивация), содержащего имитатор туберкулёзных микобактерий (*Mycobacterium smegmatis*) – $99,634 \pm 0,033$ %. Также определена скорость инактивации бактерий *Staphylococcus aureus*, осевших на объёмных аэрозольных

фильтрах: за два часа гибнет 90 % осевших бактерий, за четыре часа – 99 %. [2].

Проведённые дополнительные исследования рециркулятора «Тион» во ФГУН НИИД подтверждают высокую эффективность задержки пылевых частиц:

- количество озона, выделяемого в процессе работы рециркулятора не превышает ПДК озона в атмосферном воздухе;
- число положительных и отрицательных аэрионов не превышает нормы, рекомендованной СанПиН 2.2.4.1294-03;
- подтверждается высокая эффективность очистки воздуха от аэрозоля имитатора туберкулёзных микобактерий (3).

Фотокаталитический очиститель воздуха (ФКО) «Аэролайф-Л» прошёл апробацию в ФГБУ «Клиническая больница УД Президента РФ» в наиболее загрязняющихся помещениях: грязной зоне ЦСО, реанимации, пульмонологии, бактериологии, в одной из операционных НИИ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко РАМН.

Например, микробный фон в ЦСО, после проведения капитального ремонта и замены оборудования, был чрезвычайно высок. После проведения штатной обработки помещений – влажной уборки с применением дезинфицирующих препаратов и облучения УФО, – воздушная среда в грязной зоне ЦСО выглядела следующим образом:

1. ОМЧ КОЕ в 1 куб. м. воздуха – 230 колоний;
2. *Staphylococcus aureus* – 4 КОЕ/1м³;
3. *Penicillium Sp.* – 8 КОЕ/м³.

Микробиологический мониторинг воздуха проводился двое суток при трёхкратных замерах микробиологического фона воздуха. Показатели очистки воздуха очистителем ФКО представлены в табл. 1.

Таким образом, при отсутствии людей воздух в помещении можно очистить на 100 %. И даже в присутствии людей, работающих с грязными и инфицированными инструментами, микробиологический фон не только не повышается, но и имеет тенденцию к снижению по ОМЧ* и полностью очищается от патогенных микроорганизмов, в том числе, плесневых грибов, что вряд ли было бы возможным при использовании традиционных методов (УФО, дезинфекционных препаратов).

Работу установки «Аэролайф» следует сочетать с предварительной дезинфицирующей влажной уборкой помещения, мебели и аппаратуры, т. к. установка не обрабатывает поверхности. Одна-

Показатели очистки воздуха с помощью ФКО

Время облучения, час	ОМЧ*	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Penicillium Sp.</i>	Кол-во людей в помещении	Биологический эффект по ОМЧ*
2 час.	145 КОЭ	1	2	5 чел.	37 %
4 час.	110 КОЭ	0	1	5 чел.	52 %
6 час.	70 КОЭ	0	0	5 чел.	70 %
24 часа	0 КОЭ	0	0	людей нет	100 %
26 час. после 2 час. работы	30 КОЭ	0	0	5 чел.	87 %
После 4 час. работы	28 КОЭ	0	0	5 чел.	88 %
После 6 час. работы	24 КОЭ	0	0	5 чел.	92 %

Примечание:
*ОМЧ – обшемикробное число (патогенные и непатогенные организмы)

ко последние достижения в области технологии обеззараживания – использования импульсных ксеноновых установок серии «Альфа», позволят довести до минимума использование химических дезинфицирующих препаратов.

Импульсная ксеноновая технология

В основу этой технологии заложена обработка воздуха и объектов несколькими короткими по длительности (десятки или сотни микросекунд) световыми импульсами очень высокой интенсивности (более 10 кВт/см²), в десятки тысяч раз превышающими интенсивность солнечного излучения и интенсивность самых мощных ртутных бактерицидных ламп.

В качестве источников излучения используются УФ лампы нового поколения – импульсные ксеноновые лампы, применение которых ранее ограничивалось в основном лазерной техникой. Спектр излучения таких ламп сплошной и по характеру близок к спектру солнечного излучения – он непрерывно перекрывает всю УФ видимую и ближнюю инфракрасную области. Однако доля коротковолнового ультрафиолетового излучения, т. е. излучения в диапазоне длин волн 200–300 нм, обладает максимальной фотохимической и биоцидной активностью, в спектре применяемых ламп она намного выше, чем в спектре солнца.

Высокая антимикробная эффективность обусловлена широким сплошным спектром УФ излучения, его чрезвычайно высокой интенсивностью и коротким временем воздействия.

Широкоспектральное УФ-облучение микроорганизмов вызывает многоканальное деструк-

тивное воздействие на все жизненно важные структуры клетки (нуклеиновые кислоты, белки, мембраны и пр.), что не позволяет микроорганизмам адаптироваться к новым условиям и выработать устойчивые штаммы.

Высокая импульсная интенсивность излучения многократно усиливает рост цепных реакций фотодеструкции с участием радикальных частиц, обеспечивает условия значительного превышения скорости прямых (т. е. деструктивных) процессов над обратными (релаксационными, рекомбинационными, репарационными), позволяет, наряду с фотохимическими механизмами разрушения клеток, реализовать нестационарные фототермические процессы деструкции.

В результате синергизма всех этих факторов имеет место существенное снижение пороговых энергетических доз, необходимых для обеспечения заданного уровня деконтаминации или достижения стерилизующего эффекта.

Это приводит к тому, что, несмотря на высокую импульсную мощность излучения, средняя потребляемая электрическая мощность установок оказывается сравнительно небольшой, а процесс в целом – энергоэкономным. Обработка объектов осуществляется со скоростью от 1 до 20 и более световых вспышек в секунду, в связи с чем эти технологии могут обеспечить высокую производительность процесса дезинфекции. В частности, как показывают эксперименты, одна импульсная ксеноновая лампа со средней электрической мощностью 1 квт. способна в течение 1 часа осуществить эффективную дезинфекцию 2000 м³ воздуха, 500 м² загрязненной поверхности и 10 м³ воды.

Одновременно с обеззараживанием под воздействием высокоинтенсивного широкоспектрального УФ-излучения может происходить фотодеструкция и фотоокисление сложных органических молекул, что, в частности, проявляется в эффективной дезодорации обрабатываемых объектов.

Установки «Альфа» проходили многолетние (с 1996 г.) клинические испытания и опытную эксплуатацию в условиях функционирования крупного клинического комплекса ФГБУ УД Президента РФ и НИИ нейрохирургии РАМН им. акад. Н. Н. Бурденко. Особо следует отметить, что с помощью установок «Альфа» удалось быстро и эффективно подавить споровые формы грибов, трудно поддающиеся инактивации традиционными методами.

Установки «Альфа» разработаны в НИИ энергетического машиностроения МГТУ им. Н. Э. Баумана и серийно выпускаются в двух модификациях: «Альфа – 01» для больших помещений типа операционных и «Альфа – 05» для относительно малых помещений (процедурных, перевязочных, смотровых, стоматологических, гинекологических и прочих кабинетов). Обе эти установки мобильны: «Альфу – 01» можно перевозить, а «Альфу – 05» переносить из одного помещения в другое по мере надобности. Их мобильность и быстрота действия позволяет иметь лишь одну или несколько установок на все отделения ЛПУ.

Каждый из предложенных двух методов очистки и обеззараживания воздуха имеет свои преимущества и недостатки:

- Фотокаталитический метод эффективен, может работать в присутствии людей и поддерживать низкий микробный фон в течение всего рабочего дня, но он отличается медленным действием.
- Импульсный метод также эффективен, этим методом буквально за минуты можно обработать помещение, но только в отсутствие людей.

Несмотря на недостатки эти два метода дополняют друг друга, поэтому их можно использовать в следующей последовательности:

Литература

1. Профилактика внутрибольничных инфекций // монография под общ. ред. проф. Е. П. Ковалёвой и проф. Н. А. Сёминой, М., 1993, С. 69.
2. Заключение об эффективности комплексной системы очистки и обеззараживания воздуха «Тион» по очистке и обеззараживанию воздушной среды от *Mycobacterium smegmatis* и *Staphylococcus aureus* и инактивации биоаэрозоля на объёмном аэрозольном фильтре, ФБУН ГНЦ ВБ «ВЕКТОР».
3. Экспертное заключение по эффективности обеззараживания очистителя фотокаталитического стационарного «ТИОН» производства ООО «АЭРОСЕРВИС», г. Новосибирск, ФГУН НИИД, 2010 г.

1. Проведение влажной уборки помещения.
2. Проведение «обстрела» помещения (при отсутствии людей) в течение трёх–восьми мин. в зависимости от объёма и требуемого уровня чистоты (от 80 до 99,9 %) установкой «Альфа».
3. Использование фотокаталитической установки «Аэролайф» (уже в присутствии людей) в течение полного рабочего дня.

Следует признать, что новые технологии обеззараживания воздуха имеют существенные преимущества перед традиционной технологией с ртутными бактерицидными лампами и использованием химических дезинфицирующих препаратов, которые выражаются в следующем:

- Высокая степень эффективности в широком антимикробном диапазоне.
- Экологическая чистота (не вырабатывают озон и окислы).
- Снижение до минимума расхода дезинфекционных препаратов, что решает как экологические, так и финансовые проблемы (экономия на дезинфекционных средствах).
- Не содержат ртути и других токсичных веществ.
- Обладают дезодорирующим эффектом.
- Очищают воздух от паров вредных препаратов, в том числе от паров ингаляционных анестетиков.
- Позволяют эффективно и быстро (за несколько минут) подготавливать асептические помещения к работе и поддерживать низкий микробный фон в условиях присутствия людей в течение многих часов, что особо важно при проведении долгих операций (по 9–12 часов) в трансплантологии, нейрохирургии и т. д.

Замена устаревшей ультрафиолетовой технологии обеззараживания воздуха на передовые разработки позволит успешно решать проблемы инфекционной безопасности пациентов и медицинского персонала, улучшить экологическую обстановку в ЛПУ и экономить бюджет клиники при значительном сокращении расходов на дезинфицирующие препараты.