



ЧИСТЫЙ ВОЗДУХ: ИНАКТИВАЦИЯ ИЛИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ

Присутствие патогенных микроорганизмов в воздухе помещений медицинских организаций представляет серьезную опасность для пациентов, так как ведет к росту числа случаев инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, и вероятности возникновения осложнений в ходе оказания медицинской помощи (вплоть до увеличения числа смертельных исходов) [1]. Так, например, по данным О.М. Лидвелла [2], существует тесная корреляция между концентрацией микроорганизмов в воздухе операционной и вероятностью развития сепсиса после операций на коленных или тазобедренных суставах, а также корреляция между концентрацией микроорганизмов в воздухе и количеством бактерий, выделенных из хирургических ран. Таким образом, обеспечение микробиологической безопасности воздуха является одной из важнейших и приоритетных задач в медицине.

Основным документом, нормирующим качество воздуха в медицинских организациях, являются СанПиН 2.1.3.2630—10 [3]. Однако в СанПиН, наряду с термином «обеззараживание воздуха», в ряде случаев рекомендуется использование установок «для инактивации микроорганизмов». В связи с этим возникает вопрос, зачем это необходимо и чем отличается «обеззараживание» от «инактивации».

В соответствии с принятой терминологией, обеззараживание означает умерщвление или удаление на (в, с) объектах внешней среды патогенных микроорганизмов [4]. Под инактивацией понимают процесс, в результате которого достигается умерщвление микроорганизмов. Основное отличие данных терминов состоит в том, что обеззараживание предусматривает один из двух методов снижения концентрации микроорганизмов в воздухе (умерщвление или удаление), в случае инактивации используется только один метод — умерщвление.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОЗДУХА ПУТЕМ УДАЛЕНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Обеззараживание воздуха путем удаления позволяет снизить концентрацию микроорганизмов в/на объекте до приемлемого уровня. Это достаточно простой и эффективный метод для определенных условий.

либо определенного размера. По сути, в ходе фильтрации воздуха микроорганизмы захватываются волокнами фильтра и удерживаются на их поверхности за счет поверхностных сил, в частности сил Ван-дер-Ваальса [5]. Микроорганизмы при этом на фильтрах не погибают, а остаются жизнеспособными. Получает-

ся, что фильтр аккумулирует жизнеспособные микроорганизмы в ходе своей эксплуатации. Более того, процесс захвата частиц фильтрами обратим при определенных условиях. Именно этим и обусловлены основные риски при обеззараживании воздуха с помощью НЕРА-фильтров.

В частности, возникает ряд сложностей при смене фильтров. Поскольку на них накапливаются патогены, фильтры представляет собой потенциальную опасность, и требуют досконального выполнения процедуры их смены. Несоблюдение описанной процедуры приводит к значительному увеличению риска контаминации воздушного канала и помещений патогенными микроорганизмами, а также к заражению персонала.

Приведем пример.

Бытовым примером обеззараживания, при котором снижение концентрации микроорганизмов осуществляется путем удаления, является мойка посуды под водой. Конечно, рекламщики лукавят, утверждая, что микробы не погибают при мойке посуды в холодной воде: большая их часть не погибнет и в горячей воде, а некоторая может выжить и после обработки кипятком. Суть мойки посуды не в том, чтобы убить микроорганизмы, а в том, чтобы удалить их с поверхности посуды и тем самым снизить их концентрацию до приемлемого уровня. Использование губки и любого моющего средства значительно повышает эффективность удаления микроорганизмов и остатков пищи, но еще раз повторимся: мойка посуды не умерщвляет микроорганизмы, а только удаляет их с поверхности.

Вполне логично, что один из первых методов обеззараживания воздуха — фильтрация, основанная именно на удалении микроорганизмов из воздуха. Высокоэффективный фильтр (НЕРА-фильтр) предназначен для улавливания частиц с размерами приблизительно 2 мкм и менее. Фильтрующая среда такого фильтра выполнена из стеклянных волокон с диаметрами в диапазоне 0,1—10,0 мкм, причем расстояние между волокнами, как правило, гораздо больше размеров улавливаемых частиц. Эти волокна ориентированы в пространстве случайным образом по всей глубине фильтрующей среды и поэтому не образуют пор какого-

Приложение 8 к СП 1.3.3118—13[6]

Порядок замены фильтров очистки воздуха вытяжной и приточной систем вентиляции и определения их защитной эффективности

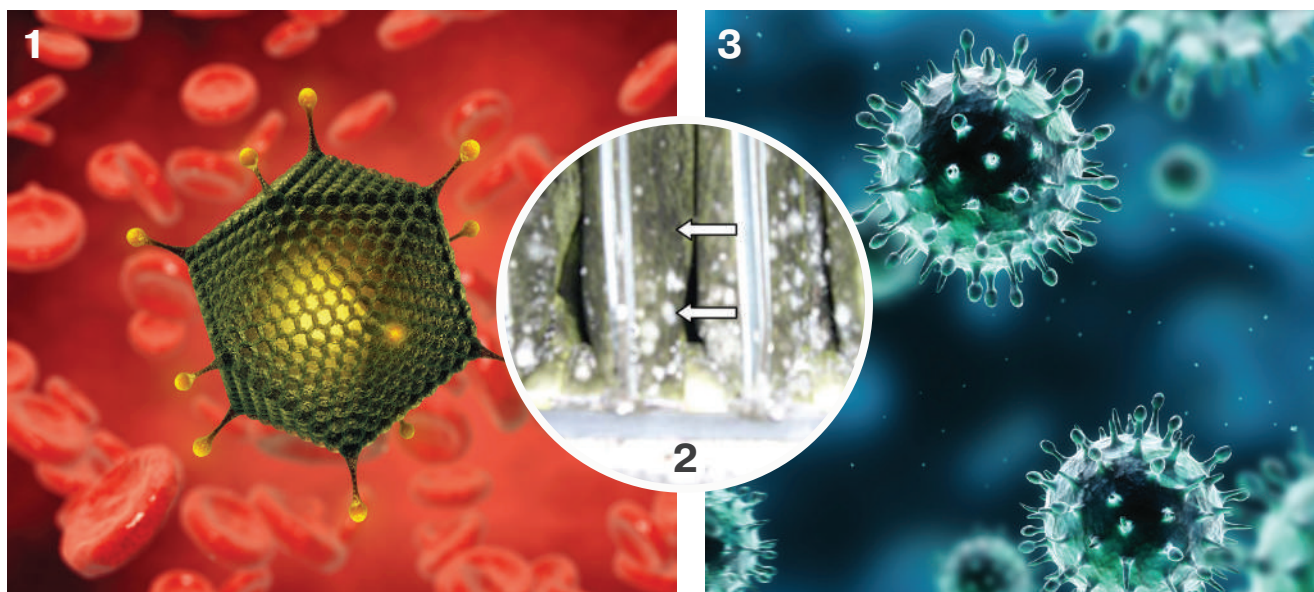
...2. Перед демонтажем проводят предварительную дезинфекцию фильтра и магистрального воздуховода парами формалина либо аэрозольным способом.

3. Распыление дезинфектанта осуществляется при работающей вентиляции. По окончании распыления вентиляция выключается, и по истечении времени экспозиции фильтр может быть снят.

4. Работу по демонтажу фильтра проводят в костюме IV типа с использованием резиновых перчаток (под рабочими рукавицами) и респиратора.

5. Снятый фильтр помещают в крафт-мешок или другую упаковку и переносят для автоклавирования или сжигания в установленном порядке.

6. Работы по замене фильтра осуществляются техническим персоналом под наблюдением сотрудника подразделения, отвечающего за соблюдение требований биологической безопасности...



На фото: 1. Аденовирусы; 2. HEPA-фильтр, загрязненный плесенью; 3. Вирусы гриппа.

Кроме того, поскольку на фильтре накапливаются микроорганизмы, существует риск так называемых залповых выбросов жизнеспособных микроорганизмов в воздухопровод и затем в помещения. Это связано с тем, что если по какой-то причине вентиляционная система была отключена (в профилактических целях или, например, для экономии электроэнергии), а фильтры при этом не были заменены новыми, то при следующем включении вентиляции фильтры подвергнутся пневмоудару. Это приведет к «выбиванию» пыли и микроорганизмов из фильтра, подобно тому, как это происходит при выбивании пыли из ковра. Высвободившиеся в просвет воздушного канала микроорганизмы будут распространяться по воздухопроводу в смежные помещения.

Однако проблемы, возникающие со сменой фильтров, да и проблема «залповых выбросов», по сути, относятся к контролируемым рискам. Это означает, что выполнение всех необходимых требований (на-

пример, точное исполнение процедуры замены фильтров) снижает вероятность возникновения негативных последствий до приемлемого минимального уровня. В то же время, при

эксплуатации HEPA-фильтров существуют и неконтролируемые риски. Наиболее распространенные контролируемые и неконтролируемые риски приведены ниже.

Эффективность HEPA-фильтров, как и других фильтров, имеет минимум в диапазоне частиц 0,1—0,3 мкм. Эффективность удаления частиц размером 0,3 мкм для фильтров H11-H14 составляет от 95 до 99,995%.

Имеющиеся в литературе данные [7— 9] свидетельствуют, что в реальных условиях эффективность почти 50% установленных HEPA-фильтров значительно ниже их теоретической эффективности. Это обусловлено следующими факторами:

- неправильной установкой фильтров в канале — это приводит к просачиванию потоков воздуха в обход фильтров;
- повреждением целостности фильтров во время их установки или обслуживания; особенно это характерно для организаций, чей персонал не имеет специальной подготовки, необходимой для обслуживания HEPA-фильтров;
- улавливанием жизнеспособных микроорганизмов (например, бактерий, плесени), которые затем прорастают сквозь фильтры.

Перечисленные факторы по отдельности или в сочетании друг с другом приводят к значительному снижению эффективности фильтрации воздуха HEPA-фильтрами и, как следствие, к снижению эффективности обеззараживания воздуха.

Самым опасным неконтролируемым риском является возможность роста и размножения микроорганизмов на поверхности фильтров. Микроорганизмы способны расти и размножаться на фильтрах при подходящих условиях — оптимальной температуре и влажности. По данным Л. Ле-Кок [10], порядка 20% используемых фильтров колонизированы плесневыми культурами. Размножение микроорганизмов на поверхности фильтров приводит к значительному увеличению их концентрации и снижению пропускной способности фильтров [10] и, как следствие, к необходимости более частой смены фильтров. Но наиболее опасным является возможность прорастания микроорганизмов (преимущественно плесневых грибов) в глубину фильтра и на «чистую» поверхность фильтра. Все это приводит к тому, что фильтр становится источником, выделяющим в воздух микроорганизмы [10, 11], а этот процесс контролировать невозможно.

Таким образом, использование в медицинских организациях систем обеззараживания воздуха, основанных исключительно на удалении (фильтрации), является потенциально опасным. Именно этот факт послужил причиной создания и внедрения в практику медицины устройств, обеспечивающих инактивацию микроорганизмов на выходе с эффективностью не менее чем 95%.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОЗДУХА ПУТЕМ ИНАКТИВАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ

У подавляющего большинства современных установок процесс инактивации микроорганизмов объединен с процессом их удаления (фильтрации). При этом,

как правило, на первом этапе идет фильтрация воздуха, а затем инактивация сорбированных на фильтре микроорганизмов. Устройства обеззараживания воздуха, основанные на этом принципе, можно разделить на три группы:

1. Высокоэффективные (HEPA) фильтры с биоцидной пропиткой, инактивация микроорганизмов на которых осуществляется при их контакте с химическими соединениями;

2. Установки с так называемой «активной фильтрацией», осуществляющие инактивацию задержанных на фильтрах микроорганизмов воздействием химически активных веществ или газов (озона, активных форм кислорода, др.);

3. Установки, комбинирующие УФ-лампы и HEPA-фильтры, в которых задержанные фильтром микроорганизмы инактивируются ультрафиолетовым облучением.

Однако, поскольку эти технологии в своей основе используют HEPA-фильтры, часть недостатков фильтров характерна и для данных технологий. Например, остается необходимость

частой замены фильтров. Также для всех этих установок присуще накопление микроорганизмов на фильтрах (хоть и «временное»), что не исключает возможности залповых выбросов микроорганизмов в помещение. Кроме того, для систем, использующих химические соединения (биоцидную пропитку, озон и т.д.), существует опасность формирования резистентных форм микроорганизмов к использованию химического дезинфектанта. Также подобные установки, особенно генерирующие озон, являются потенциально опасными при эксплуатации, поскольку выделяют токсичные соединения и требуют соблюдения специальных мер безопасности.

Но существуют устройства обеззараживания воздуха без HEPA-фильтров, хотя таковых и немного. К подобным установкам можно отнести УФ-лампы, устанавливаемые в вентиляционный канал без фильтра, и установки, осуществляющие инактивацию микроорганизмов под воздействием постоянных электрических полей (технология «Поток»).



Установка ПОТОК

С сожалением необходимо признать, что эффективность обеззараживания потока воздуха за один проход (single pass) через систему с УФ-лампами, по мнению специалистов [12], относительно низкая. Поэтому данное решение не используется отдельно от других методов обеззараживания. Однако эти же специалисты признают, что использование УФ-ламп в системах рециркуляции (в автономных установках или вентиляционных системах) при многократном прохождении клеток через зону обработки позволяет получить необходимую дозу УФ-излучения и тем самым достичь требуемой эффективности.

Технология «Поток» на данный момент является самой перспективной, поскольку позволяет инактивировать микроорганизмы с эффективностью 95—99% в потоке воздуха за один проход.

К достоинствам технологии «Поток» относится отсутствие HEPA-фильтров и, как следствие, отсутствие возможности накопления жизнеспособных микроорганизмов. Установки «Поток» с высокой эпидемиологической эффективностью функционируют в системах вентиляции «чистых» и «особо чистых» помещений.

Таким образом, использование в медицинской практике устройств для обеззараживания воздуха, обеспечивающих инактивацию микроорганизмов, является наиболее прогрессивным в настоящее время.

В отличие от широко используемой в практике фильтрации, инактивация позволяет предотвратить накопление и размножение патогенных микроорганизмов, что особенно важно для набирающих популярность систем рециркуляции, где накопление микроорганизмов недопустимо.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимкин В.Г., Климова Г.М., Ключев В.М., Карпун Н.А., Тихонов Ю.Г., Лукьянец О.Б., Журавлев А.Г., Коротченко С.В. Особенности эпидемиологии и профилактики септических инфекционных осложнений у больных отделений реанимации и интенсивной терапии хирургического профиля // Терапевтический архив. — 2006. — № 11. — С. 30—35.
2. Lidwell O.M., Lowbury E.J., Whyte W., Blowers R., Stanley S.J., Lowe D. Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: the relationship to sepsis rates // J. Hosp. Infect. — 1983. — Jun; 4(2). — P. 111—131.
3. СанПиН 2.1.3.2630—10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. — М.: Минздрав России, 2010.
4. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты: Словарь терминов и определений. — М.: Знание, 1999. — 368 с.
5. Уайт В. Проектирование чистых помещений // 2-е изд. — Пер. с англ. М.: Клинрум, 2004. — 360 с.
6. СП 1.3.3118—13. Безопасность работы с микроорганизмами I—II групп патогенности (опасности): Санитарно-эпидемиологические правила. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. — 195 с.
7. Evans M.R., Henderson D.K. Infection Control in the Healthcare industry in the 21-st Century // Hospital Engineering & Facilities Management. — 2005. — Issue 2. — P. 58—62.
8. Perlman C. Are Hospitals Getting Left Behind? // Cleanroom Technology, October. — 17. — 2005.
9. A. Streifel. Control Factors in Hospital Building Maintenance and Operations // Hospital Engineering & Facilities Management, 2005. — Issue 1. — Pp. 55—58.
10. Le-Coq L., Bonnevie-Perrier J.C., Andres Y. Air Cleaning Technologies Fungal Growth Quantification Onto HVAC Filters: Influence on Filter Clogging and Indoor Air Quality // Indo-French Indoor Air Quality Seminar, Nantes, June 2010, INDOFR-OR-012. Available at: <http://www.emn.fr/z-dre/iaq/uploads/INDOFR-OR-012.pdf> (Accessed 08.10.2015).
11. Ahearn D.G., Crow S.A., Simmons R.B., Price D.L., Mishra S.K., Pierson D. Fungal Colonization of Air Filters and Insulation in a Multi-Story Office Building // Production of Volatile Organics, Current Microbiology, Vol. 35 (1997).
12. Kowalski W.J., Bahnfleth W. Airborne respiratory diseases and mechanical systems for control of microbes // HPAC Heating, Piping, Air Conditioning. — 1998. — Vol. 70. — № 7. — P. 34—48.

А.В. Наголкин — генеральный директор ООО Научно-производственная фирма «Поток Интер»;

Е.В. Володина — заместитель директора ООО Научно-производственная фирма «Поток Интер»;

М.Ф. Загидуллов — председатель правления ООО Научно-производственная фирма «Поток Интер»;

В.Г. Акимкин — доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора ФБУН НИИ дезинфектологии Роспотребнадзора, заведующий кафедрой дезинфектологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России;

А.П. Борисоглебская — кандидат технических наук, доцент кафедры «Отопление и вентиляция» ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»;

А.С. Сафатов — доктор биологических наук, начальник отдела ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» (Новосибирск)