

Федеральная служба по надзору в сфере защиты
прав потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
«Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
Основан в 1993 г.

№2 (275)

2016

Главный редактор
А.Ю. ПОПОВА

Заместитель главного редактора
С.В. СЕЛЮНИНА

Ответственный секретарь
Н.А. ГОРБАЧЕВА

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.Г. АКИМКИН	А.В. ИВАНЕНКО
В.А. АЛЕШКИН	Н.Ф. ИЗМЕРОВ
С.В. БАЛАХОНОВ	В.В. КУТЫРЕВ
Е.Н. БЕЛЯЕВ	В.Р. КУЧМА
А.М. БОЛЬШАКОВ	А.В. МЕЛЬЦЕР
Н.И. БРИКО	Л.В. ПРОКОПЕНКО
В.Б. ГУРВИЧ	И.К. РОМАНОВИЧ
Н.В. ЗАЙЦЕВА	В.А. ТУТЕЛЬЯН

УДК 614.7:613.5

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА В МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

А.В. Наголкин¹, Е.В. Володина¹, М.Ф. Загидулло¹, В.Г. Акимкин²⁻⁴,
А.П. Борисоглебская⁵, А.С. Сафатов⁶, В.В. Кузин⁷, В.А. Дмитриева⁸

¹Научно-производственная фирма «Поток Интер», г. Москва, Россия

²ФБУН «Научно-исследовательский институт дезинфектологии»
Роспотребнадзора, г. Москва, Россия

³Первый Московский государственный медицинский университет
им. И. М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии»
Роспотребнадзора, г. Москва, Россия

⁵Московский государственный строительный университет
Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Москва, Россия

⁶ФГУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии
"Вектор"» Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Россия

⁷Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова
Департамента Здравоохранения г. Москвы, г. Москва, Россия

⁸Некоммерческое партнерство Исследовательский центр
«БиоРесурсы и экология», г. Москва, Россия

Обсуждаются проблемы обеззараживания воздуха в медицинских учреждениях. Приведены наиболее распространенные технологии обеспечения микробиологической чистоты воздуха. Особое внимание уделено технологиям инактивации микроорганизмов в воздухе, приведены их достоинства и недостатки. Показаны наиболее перспективные технологии обеззараживания воздуха. Ключевые слова: обеззараживание воздуха, инактивация микроорганизмов в воздухе, НЕРА-фильтрация, воздействие постоянных электрических полей.

A.V. Nagolkin, E.V. Volodina, M.F. Zagidullo, V.G. Akimkin, A.P. Borisoglebskaya, A.S. Sapatov, V.V. Kuzin, V.A. Dmitrieva □ MODERN SCIENTIFIC AND PRACTICAL TRENDS IN AIR DISINFECTION IN MEDICAL FACILITIES □ Scientific manufacturing firm «Potok Inter», Moscow, Russia; Scientific Research Institute of Disinfectology of Rospotrebnadzor, Moscow, Russia; Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia; Central Scientific Research Institute of Epidemiology of Rospotrebnadzor, Moscow, Russia; Moscow State University of Civil Engineering of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Moscow, Russia; State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia; N.I. Pirogov City Clinical Hospital № 1 of Moscow Department of Health, Moscow, Russia; Research Centre «BioResources and Ecology», Moscow, Russia.

Deals with the problem of air decontamination in medical facilities and most common technologies used to ensure microbiological purity of the air. Special attention is paid to technologies of airborne microorganisms' inactivation along with their advantages and disadvantages. The most perspective technologies of disinfecting of air are shown.

Key words: air decontamination, inactivation of airborne microorganisms, HEPA-filtration, constant electric fields.

В современных условиях развития здравоохранения и человечества в целом профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), является одной из глобальных мировых проблем. По данным официальной статистики, в США от ИСМП ежегодно страдает более 2 млн пациентов, погибают 88 тыс. больных, при этом ежегодный экономический ущерб составляет 4–10 млрд долларов. В Великобритании с учетом регистрируемых ИСМП стационарное лечение пациентов увеличивается на 3,6 дней, ежегодный экономический ущерб составляет около 1 млрд фунтов стерлингов [3, 4, 6].

Пациенты с ИСМП находятся в стационаре в 2–3 раза дольше, чем аналогичные пациенты без признаков инфекции. В среднем на 10 дней задерживается их выписка, в 3–4 раза возрастает стоимость лечения и в 5–7 раз — риск летального исхода. Экономический ущерб, причиняемый ИСМП, значителен: в Российской Федерации эта цифра, официально не изменяясь уже более 15 лет, предположительно составляет 10–15 млрд руб. в год. Однако число реально существующих случаев ИСМП в России и США позволяет свидетельствовать о недоучете экономического ущерба от ИСМП в 30–50 раз [6].

Проблема обеспечения качества воздуха в помещениях медицинских организаций остается

одной из наиболее актуальных на протяжении последних десятилетий. Присутствие патогенных микроорганизмов в воздухе помещений представляет серьезную опасность для пациентов, так как ведёт к увеличению числа случаев ИСМП и вероятности возникновения осложнений в ходе оказания медицинской помощи (вплоть до увеличения числа смертельных исходов) [1, 9].

Это обусловлено тем, что воздушно-капельный (аэрозольный) механизм передачи инфекций в эпидемиологии является одним из самых быстродействующих и высокоэффективных. При этом патогенные микроорганизмы с потоками воздуха способны распространяться как в горизонтальной плоскости (между смежными помещениями на одном этаже), так и в вертикальной плоскости (между этажами здания с потоками перетекающего воздуха) [2]. Именно поэтому качество воздушной среды во многом влияет на качество оказания медицинской помощи. В связи с этим рациональные архитектурно-планировочные решения и санитарно-технические мероприятия, в том числе организацию вентиляции и воздухообмена помещений, можно отнести к неспецифическим мерам профилактики распространения инфекций, поскольку их конечной целью является обеспечение микробиологической чистоты воздуха.

Наиболее распространенным способом очистки приточного воздуха является применение фильтров различных классов очистки (в зависимости от назначения помещения и требований к обеспечению в них чистоты воздуха). Данная технология была разработана в середине XX века для обеспечения необходимого уровня (класса) чистоты воздуха при производстве микроэлектроники. После незначительных доработок технология фильтрации была перенесена в область медицины и биотехнологии.

В основе метода фильтрации лежит принцип протравливания поступления в помещение твердых аэрозольных частиц, в том числе микроорганизмов, путем их задержки на высокоэффективных фильтрах (HEPA-фильтры) [8]. Фильтрующая среда HEPA-фильтра выполнена из полимерных или стеклянных волокон с диаметрами в диапазоне 0,1—10,0 мкм. Эти волокна ориентированы в пространстве случайным образом по всей глубине фильтрующей среды и поэтому не образуют пор какого-либо определенного размера, причем расстояние между волокнами, как правило, гораздо больше размеров улавливаемых частиц. По сути, в ходе фильтрации воздуха микроорганизмы и частицы захватываются волокнами фильтра и удерживаются за счет поверхностных сил, в частности, сил Ван-дер-Ваальса [10].

Однако со временем выяснилось, что технология фильтрации, с успехом применявшаяся на предприятиях по производству микроэлектроники, оказалась не столь эффективной в области медицины. Основная причина этого заключается в том, что условия работы, а также требования к чистоте воздуха в медицинских помещениях и в помещениях по производству микроэлектроники существенно отличаются:

— на эффективность лечения влияет обсемененность воздуха, то есть наличие в воздухе

патогенных и условно патогенных микроорганизмов, а в микроэлектронной промышленности качество производимой продукции определяется преимущественно концентрацией твердых аэрозольных частиц в воздухе;

— в медицинских помещениях всегда есть источники, выделяющие микроорганизмы (пациенты, медицинский персонал, медицинские отходы и др.). В микроэлектронной промышленности подобных источников может не быть;

— для обеспечения низкой концентрации микроорганизмов в воздухе помещений требуется значительно меньшие кратности воздухообмена, чем для обеспечения низкой концентрации аэрозольных частиц, поэтому в медицине целесообразно использовать иные подходы к организации вентиляции и очистке воздуха.

Поскольку метод высокоэффективной фильтрации воздуха (HEPA-технология) много лет используется в медицине, его недостатки широко известны. Прежде всего, HEPA-технология направлена не на уничтожение микроорганизмов, а только на ограничение их поступления в помещение. Несмотря на то, что в отечественных нормативах с 90-х годов HEPA-фильтры были обозначены как «бактерицидные фильтры» (этим подчеркивалось их назначение — очистка воздуха от бактерий), они могут лишь задерживать частицы и микроорганизмы в порах фильтрующего материала и накапливать их в процессе эксплуатации. При этом инактивации (уничтожения) микроорганизмов в фильтрах не происходит. Именно поэтому во время эксплуатации количество микроорганизмов на фильтрах постоянно растет, и через короткий промежуток времени сами фильтры становятся источником повышенной микробиологической опасности.

Несмотря на то, что HEPA-фильтры должны обеспечивать эффективность фильтрации 99 % и более, в реальных условиях эксплуатации их эффективность может резко снижаться под воздействием следующих факторов [12, 13, 16, 17]:

— неправильная установка фильтров в канале, что приводит к просачиванию потоков воздуха в обход фильтров;

— повреждение целостности фильтров во время их установки или обслуживания. Особенно это характерно для организаций, чей персонал не имеет специальной подготовки, необходимой для обслуживания HEPA-фильтров;

— влажность воздуха, свойства аэрозольных частиц, которые напрямую определяют эффективность фильтрации.

Перечисленные факторы по отдельности или в сочетании друг с другом приводят к тому, что в реальных условиях эффективность почти 50 % установленных HEPA-фильтров значительно ниже их теоретической эффективности.

Также необходимо учитывать, что процесс захвата частиц и микроорганизмов фильтрами при определенных условиях обратим. Например, если по какой-то причине вентиляционная система была отключена (в профилактических целях или для экономии электроэнергии), а фильтры при этом не были заменены на новые, то при следующем включении вентиляции фильтры подвергнутся пневмоудару. Это приводит к «вы-

биванию» частиц и микроорганизмов из фильтра и их распространению по воздухопроводу, а также в смежные помещения.

В некоторых типах HEPA-фильтров фильтрация определяется величиной электростатического заряда на поверхности волокон фильтра. Эффективность подобных фильтров крайне высока в лабораторных условиях, когда они проходят тесты на синтетической пыли. Однако в реальных условиях эксплуатации частицы воздуха нейтрализуют (разряжают) электростатический заряд, тем самым резко снижая эффективность подобных фильтров. Так, было показано, что эффективность фильтров, в которых используется электростатический эффект, снижается на 50 % за 20—40 суток эксплуатации [14].

Отсутствие в системах вентиляции автоматики, контролирующей эффективность фильтрации и целостность фильтров, снижает надежность и микробиологическую безопасность фильтруемого воздуха.

Также необходимо отметить сложность и трудоемкость технического обслуживания HEPA-фильтров, в частности, ряд сложностей возникает при смене фильтров. Поскольку на них накапливаются патогены, фильтры представляет собой потенциально опасность и требуют аккуратного и тщательного выполнения процедуры их смены. Неправильное выполнение данной процедуры может привести к контаминации воздушного канала и помещений патогенными микроорганизмами, а также к заражению персонала.

Еще один серьезный минус состоит в том, что системы вентиляции, оборудованные HEPA-фильтрами, требуют больших расходов воздуха и применения мощного энергоемкого вентиляционного оборудования, а необходимость частой смены фильтров (не реже 2 раз в год) также существенно увеличивает эксплуатационные расходы.

Все вышеперечисленное свидетельствует о том, что использование HEPA-фильтров не позволяет в полной мере обеспечить высокую надежность и безопасность работы систем обеззараживания воздуха. Однако необходимо констатировать, что, несмотря на все описанные недостатки, в подавляющем большинстве медицинских организаций для обеззараживания воздуха используется именно системы приточно-вытяжной вентиляции с HEPA-фильтрами.

Наиболее перспективный подход к обеззараживанию воздуха изложен в СанПиН 2.1.3.2630—10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность», согласно п. 6.24 которых эффективность инактивации микроорганизмов на выходе из установки должна быть предусмотрена 95 % для помещений чистоты класса Б и не менее, чем 99 % — для помещений чистоты класса А. Поэтому воздух, подаваемый в помещения чистоты классов А и Б, сначала должен обрабатываться устройствами, обеспечивающими инактивацию микроорганизмов с вышеуказанной эффективностью, и только затем фильтрами высокой эффективности классов Н11—Н14.

Известные в настоящее время устройства обеззараживания воздуха с инактивацией микроорганизмов можно разделить на три группы:

— высокоэффективные (HEPA) фильтры с биоцидной пропиткой, инаktivация на которых осуществляется при контакте химических соединений с микроорганизмами;

— установки с так называемой активной фильтрацией, осуществляющие инаktivацию задержанных на фильтрах микроорганизмов воздействием генерируемых ими химически активных веществ или газов (озон, перекись водорода и др.);

— установки, осуществляющие инаktivацию воздействием физических факторов (ультрафиолетовым (УФ) бактерицидным облучением, воздействием постоянных электрических полей и др.) и последующую фильтрацию частиц на высокоэффективных фильтрах.

Использование HEPA-фильтров с биоцидной пропиткой является модификацией технологии HEPA-фильтрации. В связи с этим данный подход имеет те же недостатки, а обеспечение высокой эффективности инаktivации микроорганизмов на них в реальных условиях эксплуатации маловероятно из-за сложности обеспечения контакта между микроорганизмами и биоцидным покрытием. Также скорость инаktivации микроорганизмов на данных фильтрах будет лимитирована скоростью диффузии биоцидных веществ с фильтра в микробные клетки. В результате для инаktivации микроорганизмов на фильтрах требуется несколько часов. При столь низкой скорости инаktivации повышается вероятность формирования резистентности микроорганизмов к используемым химическим дезинфектантам. Кроме того, недостатком данной технологии являются большие эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью частой замены фильтров.

Сходные недостатки имеют и технологии на основе активной фильтрации:

— низкая скорость инаktivации микроорганизмов;

— избирательное действие химически активного вещества или газа на различные виды микроорганизмов (из-за разной резистентности микроорганизмов);

— потенциальная опасность выделяемых в установке вредных для человека веществ в случае их попадания в помещение;

— низкая эффективность и надежность обеззараживания воздуха, связанная с «временным» накоплением микроорганизмов на фильтрах и возможностью их «залповых» выбросов в помещение;

— необходимость частой замены фильтров и технического обслуживания элементов установок.

Так, например, при использовании установок обеззараживания воздуха, которые для инаktivации задержанных фильтром микроорганизмов используют высокие концентрации озона, необходимо иметь в виду следующее.

В применяемых в медицине установках обеззараживания воздуха на выходе концентрация озона должна быть не более 1 ПДК для атмосферного воздуха (0,03 мг/м³). Согласно требованиям нормативных правовых документов [11] в воздухе рабочей зоны, то есть при работе не более восьми часов в сутки, ПДК озона —

0,1 мг/м³. Озон по параметрам токсичности при аэрозольном воздействии отнесен к первому, самому высокому классу опасности вредных веществ (чрезвычайно опасные) с остронаправленным механизмом действия, требующим автоматического контроля за его содержанием в воздухе. Согласно п. 7.6.1 Свода правил СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [7] при использовании в помещениях оборудования, имеющего потенциальную возможность выделения вредных веществ в опасных концентрациях, необходимо предусматривать в таких помещениях аварийную вентиляцию, а согласно ГН 2.2.5.1313—03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [11] — систему контроля вредных веществ. Таким образом, использование генераторов озона для инактивации задержанных фильтрами микроорганизмов является потенциально опасным при эксплуатации и требует соблюдения специальных мер безопасности.

Еще одной технологией, основанной на принципе активной фильтрации, является технология фотокатализа. Фотокаталитические установки имеют два обязательных компонента: фотокатализатор (чаще всего TiO₂) и ультрафиолетовый излучатель (с длиной волны менее 390 нм). Суть технологии фотокатализа состоит в генерации активных форм кислорода (наиболее устойчивой формой среди которых является перекись водорода) при облучении поверхности TiO₂ ультрафиолетовым светом. Образующиеся химически активные вещества окисляют поверхностные структуры микробных клеток и запускают перекисное окисление липидов цитоплазматической мембраны клеток [12]. Однако необходимо отметить, что при использовании фотокатализа крайне сложно получить достаточно высокие концентрации активных форм кислорода. Это приводит к тому, что экспозиция воздействия этих веществ на микробные клетки должна быть достаточно продолжительной: от десятков минут до нескольких часов. Поэтому в фотокаталитических установках микроорганизмы вначале задерживаются НЕРА-фильтром и лишь затем постепенно инактивируются образующимися химически активными веществами. Использование такого подхода не исключает формирования устойчивых форм микроорганизмов, а также возможности восстановления (репарации) жизнеспособности микробных клеток. Кроме того, поскольку эта технология в своей основе использует НЕРА-фильтры, то часть недостатков фильтров характерна и для данной технологии, например, остается необходимостью их частой замены.

Наиболее перспективными для применения в медицине являются технологии обеззараживания воздуха, осуществляющие инактивацию воздействием физических факторов с последующей задержкой уже инактивированных микроорганизмов на высокоэффективных фильтрах.

Технология обработки воздуха УФ-бактерицидным излучением имеет многолетнюю историю применения и является одной из наиболее изученных. УФ-бактерицидные

лампы широко используются в медицинских организациях, на предприятиях пищевой промышленности, в микробиологических лабораториях и т. д. Однако необходимо отметить, что бактерицидный эффект УФ-ламп наблюдается только в узком диапазоне длин волн (200—300 нм) и только в случае получения микроорганизмами необходимой бактерицидной дозы.

Однако по мнению специалистов [15], эффективность обеззараживания потока воздуха за один проход (single pass) через систему с УФ-лампами относительно низкая. Поэтому данное решение не используется отдельно от других методов обеззараживания. 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. Однако для этого требуется достаточно длительная экспозиция: не менее 15 минут. Еще одним недостатком УФ-облучения является относительная устойчивость к нему, к примеру, плесневых грибов, в связи с чем в ходе обеззараживания воздуха в медицинских помещениях эффективность их инактивации является недостаточной. Также в ходе эксплуатации УФ-ламп мощность их излучения постоянно снижается, что затрудняет их эффективное использование. Из плюсов бактерицидных облучателей необходимо отметить низкую стоимость и доступность для потребителей.

Одной из наиболее эффективных технологий обеззараживания воздуха является инактивация микроорганизмов под воздействием постоянных электрических полей с последующей фильтрацией инактивированной биомассы микроорганизмов и аэрозольных частиц на электростатическом осадителе. Данный метод разработан в России, запатентован и реализован в установках обеззараживания воздуха (УОВ). Метод позволяет инактивировать микроорганизмы и вирусы, находящиеся в обрабатываемом воздухе, за 0,5 с и предотвращать их накопление на фильтрах. Автоматика, осуществляющая непрерывный контроль за параметрами, определяющими эффективность работы, позволяет обеспечить высокую надежность и безопасность эксплуатации установок и систем обеззараживания воздуха [5].

Эффективность работы таких установок по инактивации микроорганизмов изучалась во многих ведущих отечественных и зарубежных специализированных институтах. После воздействия УОВ на структуры бактериальных и дрожжевых клеток выявлена полная дезорганизация клеточных структур.

Таким образом, высокоэффективная инактивация микроорганизмов с последующей фильтрацией воздуха является наиболее прогрессивным и эффективным методом обеззараживания воздуха. Наряду с высоким уровнем биобезопасности данный метод позволяет обеспечить высокую стабильность и надежность поддержания требуемой микробиологической чистоты воздуха, упростить техническое обслуживание систем обеззараживания и существенно сократить экс-

плутационные расходы. Использование данного метода может быть эффективно в системах вентиляции общественных зданий (вокзалы, супермаркеты, административные и общественные здания), позволит решить многие проблемы, связанные с предотвращением распространения инфекций и обеспечением микробиологической чистоты воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимкин В.Г. Перспективы научных исследований в области неспецифической профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи // Дезинфекционное дело. 2014. № 3. С. 5—10.
2. Борисоглебская А.П. Лечебно-профилактические учреждения: Общие требования к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: АВОК-ПРЕСС, 2008. 144 с.
3. Габриэлян П.И. и др. К проблеме предупреждения госпитальных инфекций в условиях развития антибиотикорезистентности микроорганизмов / Н.И. Габриэлян, Л.И. Арефьева, Е.М. Горская [и др.] // Дезинфекционное дело. 2015. № 2. С. 25—31.
4. Орлова О.А. и др. Структура и клинико-эпидемиологическая характеристика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в хирургических стационарах / О.А. Орлова, Н.П. Ефремова, В.Г. Акимкин, А.В. Чистова // Медицинский алфавит. 2014. Т. 2. № 10. С. 14—19.
5. Подопригора Г.И. и др. Оценка эффективности стерилизации воздуха при комбинированном использовании установки «Поток 150-М-01» с НЕРА-фильтром в гнобобиллогическом изоляторе / Г.И. Подопригора, Н.А. Байнов, А.Н. Шкопоров [и др.] // Стерилизация и госпитальные инфекции 2009. № 2(12). С. 34—39.
6. Покровский В.И. и др. Внутрибольничные инфекции: Новые горизонты профилактики / В.И. Покровский, В.Г. Акимкин, Н.И. Брико [и др.] // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2011. № 1. С. 4—7.
7. Свод правил СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003» (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. № 279).
8. Фильтры для очистки воздуха. Классификация. Маркировка: ГОСТ Р 51251—99 (принят и введен в действие постановлением Госстандарта России от 03.03.1999 № 59; дата актуализации: 15.10.2015).
9. Система инфекционного контроля в противотуберкулезных учреждениях: руководство / под ред. Л.С. Федоровой. М.—Тверь: Триада, 2013. 192 с.
10. Уайт В. Проектирование чистых помещений: пер. с англ. Изд. 2-е. М.: Клинрум, 2004. 360 с.
11. Гигиенические нормативы «Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». ГН 2.2.5.1313—03.
12. Sirefrel A. Control Factors in Hospital Building Maintenance and Operations // Hospital Engineering & Facilities Management. 2005. Iss. 1. P. 55—58.
13. Carre G. et al. TiO₂ photocatalysis damages lipids and proteins in *Escherichia coli* / G. Carre, E. Hamon, S. Ennahar [et al.] // Applied and Environmental Microbiology. 2014. Vol. 80(8). P. 2573—81.
14. Evans M.R. et al. Infection Control in the Healthcare Industry in the 21st Century / M.R. Evans, D.K. Henderson // Hospital Engineering & Facilities Management. 2005. Iss. 2. P. 58—62.
15. Gustavsson J. Finally a New Test Method for Air Filters - EN779:2002 / 34th R3 Nordic Association for Contamination Control in VTT SYMPOSIUM, Turku, Finland, June 2—4, 2003, P. 185—198.
16. Kowalski W.J. and Bahnfleth W. Airborne respiratory diseases and mechanical systems for control of microbes // HVAC Heating, Piping, Air Conditioning. 1998. Vol. 70, No. 7, P. 34—48.
17. Perlman C. Are Hospitals Getting Left Behind? // Cleanroom Technology. October 17, 2005.

Контактная информация:

Наголкин Александр Владимирович,
тел: +7 (495) 665-17-35
e-mail: nav@potok.com

Contact information:

Nagolkin Alexander,
phone: +7 (495) 665-17-35
e-mail: nav@potok.com

