



А. В. Наголкин

Обеззараживание воздуха в медицинских организациях: тенденции развития

А. В. Наголкин, ген. директор¹

Е. В. Володина, директор¹

В. Г. Акимкин, д.м.н., проф., член-корр. РАН, зам. директора по научной работе², зав. кафедрой дезинфектологии³, вед. научный сотрудник⁴

А. П. Борисоглебская, к.т.н., доцент кафедры «Отопление и вентиляция»⁵

А. С. Сафатов, д.б.н., начальник отдела⁶



Е. В. Володина

¹ООО НПФ «Поток Интер», г. Москва

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт дезинфектологии»

Роспотребнадзора, г. Москва

³ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России, г. Москва

⁴ФГБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии»

Роспотребнадзора, г. Москва

⁵ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Минобрнауки России, г. Москва

⁶ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор», г. Новосибирск

Air disinfection in medical institutions: development trends

A. V. Nagolkin, E. V. Volodina, V. G. Akimkin, A. P. Borisoglebskaya, A. S. Safatov



В. Г. Акимкин

Резюме

В статье обсуждаются проблемы обеззараживания воздуха в медицинских учреждениях. Приведены наиболее распространённые технологии обеспечения микробиологической чистоты воздуха. Особое внимание уделено технологиям инактивации микроорганизмов в воздухе, приведены их достоинства и недостатки. В качестве наиболее перспективной технологий обеззараживания воздуха предлагается использование технологии «Поток», основанной на инактивации микроорганизмов под воздействием постоянных электрических полей с последующей фильтрацией инактивированной биомассы микроорганизмов и аэрозольных частиц на электростатическом осадителе.

Ключевые слова: обеззараживание воздуха, инактивация микроорганизмов в воздухе, HEPA-фильтрация, воздействие постоянных электрических полей, технология «Поток».

Summary

This article addresses the problem of air disinfection in medical institutions and most common techniques used to ensure microbiological purity of the air. Particular attention is paid to technologies of inactivation of microorganisms in the air, given their advantages and disadvantages. As the most proven and tested technology it is suggested to use air disinfection «Potok» technology based on the total inactivation of microorganisms under the influence of constant electric fields, followed by filtration of inactivated microbial biomass and aerosol particles on the electrostatic precipitator.

Key words: air disinfection, inactivation of microorganisms in the air, HEPA-filtration, static electric fields, «Potok» technology.

В современных условиях развития здравоохранения и человечества в целом профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), является одной из глобальных мировых проблем. Решению этих серьезных вопросов сегодня подчинена деятельность значительного количества ученых, многочисленных практиков здравоохранения и большинства крупных компаний, представляющих свою продукцию и услуги на мировом рынке.

В настоящее время трудно переоценить социальный и экономический ущерб, наносимый ИСМП ежегодно мировому сообществу. Так, по данным официальной статистики, в США от ИСМП ежегодно страдают более 2-х 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 млн дней,

ежегодный экономический ущерб составляет около 1 млрд фунтов стерлингов [1–3].

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-ти лет, предположительно составляет 10–15 млрд рублей в год. Однако аналогичное количество реально существующих случаев ИСМП в России и США позволяет очевидно свидетельствовать о недоучете экономического ущерба от ИСМП в 30–50 раз [2].

Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, существенно снижают качество жизни пациента, приводят к потере репутации учреждения здравоохранения.

Интенсивное развитие высокотехнологичных, инвазивных методов диагностики и лечения в сочетании с широким распространением микроорганизмов с множественной лекарственной устойчивостью определяет необходимость непрерывного совершенствования систем надзора и контроля за ИСМП.

В нашей стране впервые на государственном уровне основные направления профилактики были сформулированы в 1999 году в программном документе «Концепция профилактики внутрибольничных инфекций», который определил на последующее десятилетие стратегию научных исследований, задачи разработки нормативного, правового обеспечения, внедрения передовых методов профилактики в практику. В современных условиях в России принята и действует «Национальная концепция профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи» (2011 г.). Настоящая концепция разработана специалистами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, известными учеными и организаторами здравоохранения и определяет цель, принципы, общую архитектуру, основные направления совершенствования национальной системы профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, механизмы обеспечения ее функционирования, а также ожидаемый социально-экономический эффект [4].

Учитывая это, проблема обеспечения качества воздуха в помещениях медицинских организаций (МО) остается одной из наиболее актуальных на протяжении последних

десятилетий. Пожалуй, наиболее важным параметром, характеризующим санитарно-гигиеническое состояние воздушной среды в стационарах (кроме химических, механических, радиологических составляющих), является обсемененность воздуха микроорганизмами, в том числе наличие в воздухе патогенной микрофлоры [5]. Присутствие патогенных микроорганизмов в воздухе помещений представляет серьезную опасность для пациентов, так как ведёт к увеличению количества случаев ИСМП и вероятности возникновения осложнений в ходе оказания медицинской помощи (вплоть до увеличения количества смертельных исходов).

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 [6]. 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.

Однако проблема обеззараживания воздуха стоит не только перед медицинскими работниками. В последнее время особую озабоченность специалистов в области биобезопасности вызывают вспышки «эмерджентных» инфекций [7–8]. Эмерджентными называют заболевания, которые возникли или проявились внезапно, обычно мало изучены или неизвестны. Причин, способствующих возникновению эмерджентных болезней, несколько, но к основным можно отнести со-

циально-экономические изменения (которые привели к резкому увеличению численности и плотности населения, а также усилению контактов как на уровне отдельных регионов, так и в глобальных масштабах) и глобальные изменения в окружающей среде (которые способствуют распространению трансмиссивных болезней и векторному распространению инфекций). При этом специалисты сходятся во мнении, что воздушно-капельный (аэрозольный) механизм передачи эмерджентных инфекций является одним из самых опасных и сложно контролируемых. В связи с этим технологии, позволяющие быстро и эффективно уничтожить микроорганизмы в воздухе, становятся остро востребованными не только в медицине, но и в других областях жизнедеятельности человека.

На протяжении многих лет для обеззараживания воздуха в различных помещениях применяются системы приточно-вытяжной вентиляции. Основная цель систем приточно-вытяжной вентиляции — обеспечение поступления в помещение и удаления требуемого количества воздуха с соблюдением его нормируемых параметров: газового состава, температуры, влажности и подвижности. Для медицинских учреждений системы вентиляции выполняют более широкую задачу обеспечения эпидемиологической безопасности пребывания больных за счет поддержания микробиологической чистоты воздуха. Наиболее распространённым 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. Позднее после незначительных доработок технология фильтрации была перенесена в области медицины и биотехнологий.

В основе метода фильтрации лежит принцип предотвращения поступления в помещение твердых аэрозольных частиц (в том числе микроорганизмов) путем их задержки

на высокоэффективных фильтрах (HEPA-фильтрах по ГОСТ Р 51251–99 «Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка») [9]. 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 обсеменённость воздуха, то есть наличие в воздухе патогенных и условно-патогенных микроорганизмов — 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 требуются 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:

- 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 количество микроорганизмов, накопленных фильтрами во время эксплуатации, постоянно растёт, и они быстро становятся источником повышенной микробиологической опасности;

- HEPA-фильтры должны обеспечивать эффективность фильтрации до 99,995 % и более, однако в реальных условиях эксплуатации их эффективность может резко снижаться под воздействием следующих факторов: влажности воздуха, свойств аэрозольных частиц, целостности фильтрующего материала, герметичности уплотнений и др. Также эффективность фильтрации HEPA-фильтров может сильно уменьшиться после остановки систем вентиляции, а повторное ее включение может привести к «залповым» выбросам микроорганизмов;
- из-за отсутствия в системах вентиляции автоматики, контролирующей эффективность фильтрации и целостность фильтров, невозможно обеспечить высокую надёжность и микробиологическую безопасность воздуха и своевременно предпринять необходимые меры для уменьшения последствий «залповых» выбросов микроорганизмов в помещение;
- сложность и трудоёмкость технического обслуживания и большие эксплуатационные расходы создают дополнительные проблемы при использовании данной технологии в медицине, поскольку HEPA-фильтры необходимо часто заменять, а системы вентиляции требуют больших расходов воздуха и применения мощного вентиляционного оборудования.

Всё вышеперечисленное свидетельствует о том, что использование HEPA-фильтров не позволяет в полной мере обеспечить высокую надёжность и безопасность работы систем

обеззараживания воздуха. Однако необходимо констатировать, что, несмотря на все описанные недостатки, в подавляющем большинстве МО для обеззараживания воздуха используются именно системы приточно-вытяжной вентиляции с HEPA-фильтрами.

В настоящее время технологии обеззараживания воздуха описаны в двух основных нормативных регламентирующих документах:

- обязательном для исполнения СанПиН 2.1.3.2630–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» [10];
- рекомендательном для исполнения ГОСТ Р 52539–2006 «Чистота воздуха в лечебных учреждениях» [11].

В СанПиН 2.1.3.2630–10 предусмотрено обеззараживание воздуха в медицинских помещениях классов чистоты А и Б методом инактивации микроорганизмов с эффективностью не менее 95 % с последующей фильтрацией воздуха с эффективностью фильтров класса Н11–Н14.

ГОСТ Р 52539–2006 предусматривает обеззараживание воздуха только фильтрацией с применением высокоэффективных фильтров класса до Н14.

Требования к микробиологической чистоте воздуха и организации вентиляции в помещениях различного назначения, изложенные СанПиН 2.1.3.2630–10, существенно отличаются от требований ГОСТ Р 52539–2006:

- по классификации классов чистоты помещений;
- по допустимым уровням бактериальной обсемененности воздуха;
- по рекомендуемым кратностям воздуха;
- по технологии обеззараживания воздуха (отсутствуют требования к инактивации микроорганизмов).
- по рекомендуемой кратности воздухообмена в помещениях и др.

С учётом описанных выше отличий и, что немаловажно, ограниченных финансовых возможностей медицинских учреждений, более

целесообразно руководствоваться требованиями к технологиям обеззараживания воздуха, изложенным в СанПиН 2.1.3.2630–10, согласно п. 6.24 которого воздух, подаваемый в помещения классов чистоты А и Б, сначала должен обрабатываться устройствами, обеспечивающими инактивацию микроорганизмов с эффективностью не менее 95 % и только затем фильтрами высокой эффективности классов Н11–Н14.

Предварительная инаktivация микроорганизмов до стадии фильтрации позволяет:

1. поддерживать финишные фильтры в безопасном состоянии, предотвращать накопление на них микроорганизмов и предотвращать возможность неконтролируемых «залповых» выбросов микроорганизмов в помещение;
2. обеспечить большую стабильность и надежность поддержания заданной микробиологической чистоты и безопасности воздуха, подаваемого в помещение воздуха;
3. упростить техническое обслуживание систем обеззараживания воздуха и сократить эксплуатационные расходы;
4. проектировать более эффективные и экономичные системы вентиляции с обеззараживанием воздуха, отвечающие современным требованиям микробиологической чистоты и микробиологической безопасности.

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

1. высокоэффективные (НЕРА) фильтры с биоцидной пропиткой, инаktivация на которых осуществляется при контакте химических соединений с микроорганизмами;
2. установки с так называемой «активной» фильтрацией, осуществляющие инаktivацию задержанных на фильтрах микроорганизмов воздействием генерируемых ими химически активных веществ или газов (озона, перекиси водорода и др.);
3. установки, осуществляющие инаktivацию воздействием физических факторов (ультрафиолетовым

бактерицидным облучением, воздействием постоянных электрических полей и др.) и последующую фильтрацию частиц на высокоэффективных фильтрах.

Использование НЕРА-фильтров с биоцидной пропиткой является модификацией технологии НЕРА-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 тесного контакта между микроорганизмами и биоцидным покрытием, а также из-за возможности формирования резистентности микроорганизмов к используемым химическим соединениям. Кроме того, недостатком данной технологии являются большие эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью частой замены фильтров.

Технологии на основе «активной фильтрации» имеют следующие основные недостатки:

- низкую скорость инаktivации микроорганизмов;
- избирательное действие химически активного вещества или газа на различные виды микроорганизмов (из-за разной резистентности микроорганизмов);
- потенциальную опасность выделяемых в установке вредных веществ для человека в случае их попадания в помещение;
- низкую эффективность и надежность обеззараживания воздуха, связанные с 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 ввиду следующее:

- в применяемых в медицине установках обеззараживания воздуха на выходе концентрация озона

должна быть не более 1 ПДК для атмосферного воздуха (30 мкг/м³). Согласно ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы» [12] в воздухе рабочей зоны, то есть при работе не более восьми часов в сутки, ПДК озона не более 100 мкг/м³. Озон по параметрам токсичности при аэрозольном воздействии отнесен к первому, самому высокому классу опасности вредных веществ — «чрезвычайно опасные» — с остронаправленным механизмом действия, требующих автоматического контроля за их содержанием в воздухе. Согласно п. 7.6.1 СП 60.13330.2012 «Отпление вентиляция и кондиционирование воздуха» [13] при использовании в помещениях оборудования, имеющего потенциальную возможность выделения вредных веществ в опасных концентрациях, необходимо предусматривать в таких помещениях аварийную вентиляцию и систему контроля вредных веществ. Таким образом, использование установок с так называемой «активной фильтрацией» (генерирующих озон) для инаktivации задержанных фильтрами микроорганизмов является потенциально опасным при эксплуатации и требует соблюдения специальных мер безопасности.

Эффективность инаktivации микроорганизмов озоном сильно зависит от его концентрации, протекает медленно и в значительной степени зависит от вида инаktivированного микроорганизма. Из экспериментальных данных, полученных ГНЦ ВБУ «Вектор» (г. Новосибирск), следует, что при обработке озоном в концентрации около 700 мкг/м³ фильтра, содержащего золотистый стафилококк, 99 % данных микроорганизмов гибнут только через четыре часа. Приведенные данные свидетельствуют о том, что установки обеззараживания воздуха, использующие внутри высокие концентрации озона для инаktivации микроорганизмов, не могут соответствовать требованиям СанПиН 2.1.3.2630–10, поскольку

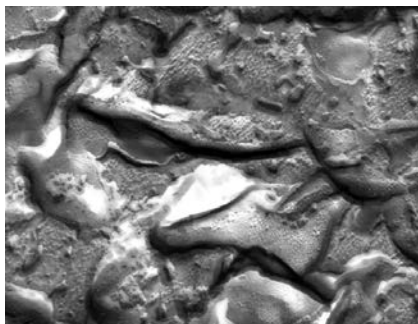
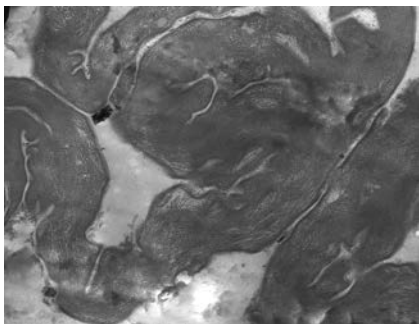


Рисунок 1. Структура биологического материала в смыве с фильтра: слева — метод ультратонких; справа — метод криофрактографии.

не обеспечивают требуемую скорость инактивации на выходе установки, то есть уничтожить микроорганизмы за время не более одной секунды.

Наиболее перспективными для применения в медицине являются технологии обеззараживания воздуха, осуществляющие инактивацию воздействием физических факторов и последующую задержку уже инаktivированных микроорганизмов на высокоэффективных фильтрах.

Технология обработки воздуха ультрафиолетом бактерицидным излучением имеет многолетнюю историю применения и является одной

из наиболее изученных. Ультрафиолетовые (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 микроорганизма необходимой бактерицидной дозы.

Эффективность УФ-бактерицидных ламп позволяет осуществлять инактивацию многих видов микроорганизмов с эффективностью не менее

99 % за время прохождения воздуха через установку (то есть за время не более одной секунды). Однако необходимо отметить, что наиболее значимым недостатком УФ-облучения является относительная устойчивость к нему спор и плесневых грибов, в связи с чем в ходе обеззараживания воздуха в медицинских помещениях эффективность их инактивации недостаточна. Также необходимо учитывать, что в ходе эксплуатации УФ-ламп мощность их излучения постоянно снижается, что затрудняет их эффективное использование. Из плюсов

бактерицидных облучателей необходимо отметить их низкую стоимость и доступность для потребителей.

Одной из наиболее эффективных технологий обеззараживания воздуха является инактивация микроорганизмов под воздействием постоянных электрических полей с последующей фильтрацией инаktivированной биомассы микроорганизмов и аэрозольных частиц на электростатическом осадителе. Данный метод разработан в России, запатентован и реализован в установках обеззараживания воздуха (УОВ) «Поток-150-М-01», выпускаемых ООО НПФ «Поток Интер».

Метод позволяет инаktivировать микроорганизмы и вирусы, находящиеся в обрабатываемом воздухе, за 0,5 секунды 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 [14].

Эффективность работы установок «Поток» по инаktivации микроорганизмов изучалась во многих ведущих отечественных и зарубежных специализированных институтах. Результаты воздействия УОВ «Поток» на структуры бактериальных и дрожжевых клеток можно проиллюстрировать фотографиями ультратонких срезов и криофрактографии, полученными методами электронной микроскопии в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН (рис. 1).

На фотографиях наглядно видна полная дезорганизация клеточных структур после воздействия УОВ «Поток».

Эффективность инаktivации вирусов была проверена в ГНЦ ВБУ «Вектор». Совместно с НПФ «Поток Интер» был разработан проект методических указаний «Методика определения эффективности работы установок обеззараживания воздуха по инаktivации микроорганизмов, находящихся в обрабатываемом воздушном потоке», который в настоящее время находится на согласовании.



Рисунок 2. Установки «Поток» с воздухораспределителем в операционной ГКБ им. С. П. Боткина, г. Москва.

К достоинствам технологии и установок «Поток» также можно отнести предотвращение размножения микроорганизмов на фильтрах, что предотвращает формирование устойчивости микроорганизмов к данному методу инактивации, низкое электропотребление, большой ресурс работы и отсутствие расходных материалов. Всё это позволяет существенно снизить расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание систем обеззараживания воздуха в медицинских организациях.

Установки «Поток 150-М-01» с высокой эпидемиологической эффективностью функционируют в системах вентиляции «чистых» и «особо чистых» помещений многих медицинских учреждений: ГКБ № 1 им. Н. И. Пирогова, ГКБ им. С. П. Боткина (рис. 2), ГКБ № 24 г. Москвы, Главном военном клиническом госпитале им. Бурденко, Научно-практическом центре медицинской помощи детям с пороками развития черепно-лицевой области и врождёнными заболеваниями нервной системы в г. Солнцево, перинатальных центрах в городах Ростов-на-Дону, Кемерово, Тверь, Рязань, Красноярск и других (рис. 3).

Таким образом, регламентированный в СанПиН 2.1.3.2630–10 метод обеззараживания воздуха, в основе которого лежит высокоэффективная инактивация микроорганизмов с последующей фильтрацией воздуха, является наиболее прогрессивным и эффективным.

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 эксплуатационные 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.



Рисунок 3. Установка «Поток» в стоматологическом кабинете, г. Москва.

Список литературы

1. Лившиц М. А., Брусина Е. Б. Госпитальные инфекции: проблемы и пути решения. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 1992. — № 1. — С. 22.
2. Покровский В. И., Акимкин В. Г., Брико Н. И., Брусина Е. Б., Зуева Л. П., Ковалишена О. В., Стасенко В. А., Тутьельян А. В., Фельдблюм И. В., Шкарин В. В. Внутрибольничные инфекции: новые горизонты профилактики. // Эпидемиология и инфекционные болезни. — 2011. — № 1. — С. 4–7.
3. Покровский В. И., Брико Н. И., Брусина Е. Б., Благодирова А. С., Зуева Л. П., Ковалишена О. В., Стасенко В. А., Тутьельян А. В., Фельдблюм И. В., Шкарин В. В. Основы современной классификации инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. // Эпидемиология и инфекционные болезни. — 2011. — № 3. — С. 4–10.
4. Акимкин В. Г., Тутьельян А. В., Брусина Е. Б. Актуальные направления научных исследований в области неспецифической профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. — 2014. — № 2. — С. 40–44.
5. Федорова Л. С., Юзбашев В. Г., Попов С. А., Пузанов В. А., Севастьянова Э. В., Акимкин В. Г., Фролова Н. В., Мясникова Е. Б., Волченков Г. В., Проньков В. А., Наголкин А. В. Руководство «Система инфекционного контроля в противотуберкулезных учреждениях». // Под ред. Л. С. Федоровой. — М. — Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2013.
6. Борисоглебская А. П. Лечебно-профилактические учреждения: Общие требования к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: «АВОК-ПРЕСС», — 2008. — 144 с.
7. Онищенко Г. Г., Пальцев М. А., Зверев В. В. Биологическая безопасность. — М.: ОАО «Издательство «Медицина». — 2006. — 304 с.
8. Дмитриева В. А., Боронин А. М., Дмитриев В. В., Доброхотский О. Н., Жариков Г. А., Коломбет Л. В., Наголкин А. В., Тюрин Е. А., Храмов М. В. Учебное пособие по биобезопасности. — Тула: Изд-во ТулГУ. — 2013. — 500 с.
9. ГОСТ Р 51251–99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. М.: Госстандарт России, 1999.
10. СанПиН 2.1.3.2630–10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. М.: Минздрав России, 2010.
11. ГОСТ Р 52539–2006. Национальный стандарт Российской Федерации «Чистота воздуха в лечебных учреждениях». Общие требования. М.: Стандартинформ, 2006.
12. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. М.: 2003.
13. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Минрегион России, 2012.
14. Подопривога Г. И., Байнов Н. А., Шкопоров А. Н., Кулагина Е. В., Ефимов Б. А., Кафарская Л. И., Володина Е. В., Наголкин А. В., Паршин В. В., Поддубный В. А. Оценка эффективности стерилизации воздуха при комбинированном использовании установки «Поток 150-М-01» с НЕРА-фильтром в гнотобиологическом изоляторе. // Стерилизация и госпитальные инфекции. — 2009. — № 2 (12). — С. 34–39.

