

УДК 614.3/.4:614.21

DOI: 10.34215/1609-1175-2024-4-15-20



Проблема вентиляции и очистки воздушной среды многопрофильных больниц

А.П. Вшивкова, Л.В. Кириченко

Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России, Пермь, Россия

В обзоре литературы представлены современные данные, отражающие проблему работы вентиляционных систем и загрязнения взвешными микробиологического и химического происхождения воздушной среды крупных стационаров. Освещена роль вентиляции в распространении и сдерживании распространения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. Представлены различные типы вентиляционных систем и современные методы их очистки. Обобщены актуальные требования к эксплуатации систем вентиляции крупных стационаров.

Ключевые слова: вентиляционные системы, инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, воздушная среда, фильтрация

Поступила в редакцию: 18.06.2024. Получена после доработки: 05.11.2024. Принята к публикации: 29.11.2024.

Для цитирования: Вшивкова А.П., Кириченко Л.В. Проблема вентиляции и очистки воздушной среды многопрофильных больниц. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2024;4:15–20. doi: 10.34215/1609-1175-2024-4-15-20

Для корреспонденции: Вшивкова Анна Павловна – аспирант кафедры гигиены медико-профилактического факультета Пермского государственного медицинского университета им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России (614097, г. Пермь, ул. Пожарского, 10, кв. 201); ORCID: 0009-0009-2717-9243; тел.: 8 (965) 57-71-919, e-mail: 79655771919@yandex.ru

Ventilation and air quality in multidisciplinary hospitals

A.P. Vshivkova, L.V. Kirichenko

Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Perm, Russia

The present paper reviews current data reflecting the challenges associated with the functioning of ventilation systems and the contamination of airborne particulate matter of both microbiological and chemical origin within large hospitals. The review highlights the role of ventilation in the transmission and containment of healthcare-associated infections, as well as presents various types of ventilation systems and modern methods for their decontamination. Current requirements for the operation of ventilation systems in large healthcare facilities are summarized.

Keywords: ventilation systems, healthcare-associated infections, air quality, filtration

Received 18 June 2024; Revised 05 November 2024; Accepted 29 November 2024

For citation: Vshivkova A.P., Kirichenko L.V. Problems on ventilation and air cleaning in modern multifunctional hospitals. *Pacific Medical Journal*. 2024;4:15–20. doi: 10.34215/1609-1175-2024-4-15-20

Corresponding author: Anna P. Vshivkova, post-graduate of the department of hygiene of the medical-preventive faculty, Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (10, sq. 201 Pozharsky str., Perm, 614097, Russia). ORCID: 0009-0009-2717-9243; phone: 8 (965) 57-71-919, e-mail: 79655771919@yandex.ru

Один из основоположников школы гигиены в России Ф.Ф. Эрисман писал, что «чистый воздух составляет одну из первых санитарных и эстетических потребностей человека». Он первым описал гигиеническое значение воздуха как потенциальной среды в передаче инфекций и атмосферных загрязнений [1]. Большое количество инфекционных респираторных аэрозолей может выделяться при разговоре, пении или просто дыхании [2] и накапливаться в высоких концентрациях в недостаточно вентилируемых помещениях. Например, SARS-CoV-2 остается жизнеспособным в аэрозолях, которые остаются в воздухе в течение нескольких часов [3], и летучие лекарственные аэрозоли пригодного для дыхания размера широко распространены в больницах [4].

Появляется все больше доказательств о рассеивании в воздухе патогенов, обитающих во внутрибольничной среде. Это может привести к массовому распространению загрязнения в окружающей среде

и стать причиной инфицирования больничных палат. Причиной многих инфекционных вспышек является воздушное рассеивание патогенов. Это подтверждает тот факт, что роль вентиляции в условиях больниц, скорее всего, была недооценена и повышение качества вентиляции может улучшить состояние окружающей среды и таким способом снизить уровень внутрибольничной инфекции [5].

Значение гигиенического состояния воздушной среды очень важно в условиях стационаров. Плохая вентиляция в закрытых помещениях больницы изменяет химический и бактериологический состав воздуха, который, в свою очередь, оказывает вредное влияние на здоровье человека, вызывая или усугубляя течение многих заболеваний [6].

Помещения с плохой вентиляцией, где находятся инфицированные больные, могут представлять значительную угрозу для других пациентов и медицинских работников при внутрибольничном заражении [7].

Появление внутрибольничных инфекционных заболеваний в медицинских организациях совместно с основным заболеванием пациентов не только мешает качественно провести диагностику и назначить адекватное лечение, но и усложняет прогноз его течения [8].

Вентиляция в медицинских учреждениях является главным индикатором, определяющим опасность инфицирования находящимися в воздухе патогенами. Внутрибольничное инфицирование происходит либо при взаимодействии с поверхностями, которые заражены, либо с капельным аэрозолем, создающимся при кашле или чихании больного, попадающим на слизистые оболочки или в результате непосредственного вдыхания зараженного воздуха [9].

Поддержание эффективной вентиляции совместно с уравниванием температуры в помещениях, а также максимальным снижением времени открывания дверей и использованием медицинских масок может способствовать уменьшению распространения инфекции в отделениях больницы, повышению безопасности восприимчивых пациентов и предотвращению перекрестного заражения между пациентами и медицинскими работниками [10, 11]. Рекомендуется использовать сочетание вентиляционных систем и инженерных средств контроля, таких как аппараты дезактивации и фильтрации, для снижения концентрации загрязнений при условии, что приборы выбраны на основе функциональности здания, а также предполагаемой концентрации и размеров загрязняющих частиц [12].

Естественная вентиляция при открытых окнах усиливает воздухообмен и представляет самый простой и экономически выгодный способ снижения возможности заражения пациентов и персонала воздушно-капельным путем в условиях присутствия большого количества заболевших. В литературе обсуждаются вопросы о необходимости размещения больничных зданий в местах с хорошим движением воздуха, о типах планировки зданий больниц, которые подходят для естественной вентиляции и специальных условий внутрибольничной среды для медицинского и обслуживающего персонала [13].

Хорошо известно, что близкое расположение койки к месту воздухоподачи приводит к образованию воздушных вихрей возле нее, увеличивающих время нахождения биоаэрозолей в зоне нахождения больного. Затем биоаэрозоли оседают на окружающих поверхностях, что может способствовать заражению медицинского персонала [14]. Следует максимально сформировать направление движения воздушных потоков от подающего воздух отверстия через зону дыхания пациента с инфекционным заболеванием к вытяжному отверстию. Такая технология оптимизирует удаление патогенных микроорганизмов и позволяет проводить целенаправленную дезинфекцию для предотвращения распространения патогенных микроорганизмов [15].

По данным Y. Lu и Z. Lin [16], послойная вентиляция отличается более высоким, на уровне головы,

горизонтальным воздушным потоком. Это обеспечивает тепловой комфорт при высоких параметрах микроклимата в палате. Послойная вентиляция, как считают авторы, улучшает качество воздуха в помещении за счет того, что свежий воздух подается непосредственно в зону дыхания. Горизонтальный поток воздуха способствует сильному осаждению растворенных капель в воздухе на стадии их образования и разбавляет концентрацию капель локально.

Отметим, что любые стратегии вентиляции эффективны для снижения накопленных загрязняющих частиц в воздухе. Стратегия бокового возвратного воздуха является осуществимой и возможной для замены верхнего возвратного воздуха. В этом случае пациенты и персонал будут ощущать температурный комфорт при высокой производительности вентиляции. Боковая возвратная циркуляция воздуха эффективно снижает уровень загрязняющих веществ [17].

Механическая вентиляция является основой очистки воздуха в медицинских организациях, но также важную роль играет рециркуляция. Организация направления воздушных масс «от чистого к менее чистому» является главным правилом регулирования вентиляции внутри медицинских организаций. Выдыхаемый воздух от пациентов, содержащий вирусные компоненты, необходимо очищать с помощью устройств с фильтрами HEPA и ультрафиолетовых облучателей [18].

Портативные механизмы очистки воздуха, в которых воздух проходит через фильтры, способны снижать количество микробных биоаэрозолей в воздушной среде. Использование данных устройств повышает безопасность людей, которые восприимчивы к воздействию респираторных патогенов, таких как SARS-CoV-2 [19].

Фильтрация воздуха в больнице – это хорошее дополнительное средство, которое вместе с естественной вентиляцией хорошо очищает воздух от вдыхаемых патогенных частиц. Приборы, контролируемые наличие в воздухе микрочастиц размером до 2,5 микрон, могут быть использованы для простого, быстрого и эффективного способа оценки вентиляции в больничных помещениях и определения качества воздушной среды [20].

Помещения класса чистоты А, к которым относятся непосредственно операционные и реанимационные залы, должны быть обеспечены системами вентиляции на должном уровне. Для этого используют особо эффективные системы фильтрации, за счет которых снижается количество патогенных микроорганизмов в воздушной среде [19].

Портативные высокоэффективные установки фильтрации воздуха с твердыми частицами (HEPA) удаляют РНК SARS-CoV-2 из воздушной среды стационара [21], а при сочетании с облучением ультрафиолетовым светом могут быть важнейшим решением для удаления вдыхаемого SARS-CoV-2 [22].

В последние 20–30 лет наблюдается увеличение строительства многоэтажных стационаров с большим

количеством разнопрофильных палатных секций, диагностических отделений и их расположением по вертикали, что может провоцировать перетекание зараженных воздушных потоков по отделениям в горизонтальном и вертикальном направлениях [23]. Некорректная работа приточно-вытяжной системы вентиляции в хирургических и акушерских стационарах является одним из важных гигиенических факторов, способствующих распространению инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи [24, 25].

Большинство производственных помещений хирургических и акушерских стационаров (операционные, послеоперационные, родовые, манипуляционные-туалетные для новорожденных) относятся к классу чистоты А, а малые операционные, послеродовые палаты, палаты совместного пребывания матери и ребенка, палаты для недоношенных, травмированных новорожденных, стерилизационные при операционных, центральное стерилизационное отделение, процедурные и асептические перевязочные – к классу чистоты Б [26].

Согласно действующему санитарному законодательству к помещениям классов чистоты А и Б предъявляются определенные требования, которые существенно отличаются от требований к помещениям классов чистоты В и Г. Основными отличиями являются: 1) запрет на естественную вентиляцию помещений классов чистоты А и Б; 2) проведение обязательного контроля за микробной обсемененностью воздушной среды 2 раза в год; 3) отсутствие в воздухе помещений золотистого стафилококка; 4) удаление воздуха в операционных и родовых необходимо предусматривать на двух уровнях помещения (40% удаление воздуха из верхней зоны и 60% из нижней); 5) работу приточно-вытяжных систем вентиляции в помещениях класса чистоты А необходимо организовывать в непрерывных режимах; 6) в приточных системах вентиляции для очистки воздуха помимо фильтров грубой и тонкой очистки должны быть предусмотрены фильтры высокой эффективности [26, 27].

Отсутствие в воздухе операционных патогенных микроорганизмов имеет исключительно важное значение для снижения риска заражения в области операционных и инструментальных столов. Необходимо не уничтожать патогены в воздухе, а не допускать их попадание и накопление. Ламинарные воздухораспределители показали хорошие результаты эффективности очистки воздуха от патогенных микроорганизмов в операционных [28].

Системы приточно-вытяжной вентиляции в операционных должны быть настроены так, чтобы в помещении всегда соблюдался положительный баланс воздуха, таким образом поток воздуха из стерильной зоны будет вытеснять отработанный воздух с патогенными агентами в менее чистые помещения, смежные с операционными, и далее в коридор, где организован отрицательный баланс для удаления этого воздуха [29]. Ламинарные панели, использующиеся в помещениях чистоты класса А, часто не создают нужный уровень обеззараживания

в данных помещениях. Использование воздушных завес способствует контролю движению вертикальных ламинарных потоков воздуха [30].

Принципиальным отличительным моментом организации приточно-вытяжной вентиляции в инфекционных стационарах и отделениях является создание отрицательного баланса в специализированных палатах, что должно полностью исключить вероятность поступления зараженного воздуха патогенными агентами в незараженную зону [29].

Согласно действующему санитарному законодательству в инфекционных стационарах или отделениях вентиляционные вытяжные системы необходимо оснащать устройствами обеззараживания воздуха или фильтрами тонкой очистки. Боксы и боксированные палаты должны быть оборудованы автономными системами вытяжной вентиляции [26, 31]. Боксированные палаты с отрицательным балансом дают хороший результат в сдерживании распространения инфекционных заболеваний в здании, учитывая направление воздушного потока [32].

Воздух в инфекционную палату должен подаваться как можно дальше от больного и проходить чистым потоком через все помещение, собирая патогенные агенты в воздухе и удаляться непосредственно около пациента. Такая схема воздухообмена наиболее эффективна для удаления отработанного воздушного потока с инфекционными агентами по направлению от более чистого к менее чистому воздуху [29].

В соматических отделениях воздухообмен должен быть организован так, чтобы не допустить перетекания воздушных масс между палатами [26]. В палатах со шлюзами и санузлами воздухообмен организуется так, чтобы воздух из коридора и воздух из палаты удалялся через шлюз и санузел. При отсутствии в палате шлюза и санузла, направление воздушных потоков необходимо предусматривать из палаты в коридор [33]. Вытяжка воздушных потоков должна быть предусмотрена через индивидуальные каналы, что будет исключать перетекание воздушных масс по вертикали [23].

В крупных медицинских организациях необходимо обязательно предусматривать механические системы вентиляции и кондиционирования воздуха. На данный момент существуют два основных типа вентиляционных систем: приточные и вытяжные. Главной функцией вытяжной системы вентиляции является выброс использованного воздуха из помещений стационара наружу. С ее помощью происходит выброс воздушных масс, имеющих в своем составе патогенные микроорганизмы и вредные химические вещества. Приточная система доставляет чистый, свежий воздух, разбавляя количество патогенов в воздушной среде. В комплексе они используются для организации высоких показателей качества воздуха в помещениях стационара [21].

Системы приточно-вытяжной вентиляции эффективно работают исключительно при соблюдении трех важных моментов: они должны быть правильно спроектированы, безошибочно смонтированы и налажены

и обязательно эксплуатироваться должным образом. Необходимо ежегодно проводить проверку эффективности систем вентиляции, их очистку и дезинфекцию и вовремя менять фильтрующие элементы [26, 34].

Кондиционирование воздуха в приточных системах вентиляции позволяет создать комфортные параметры микроклимата и воздушной среды в помещениях. Систему кондиционирования воздуха составляют: технические средства забора воздуха, фильтры, теплообменники, увлажнители, осушители, вентиляторы, средства холодо- и теплоснабжения, автоматика, дистанционное управление и контроль [35].

При охлаждении воздуха в системах кондиционирования образуется конденсат [36]. Конденсат или вода, используемая для охлаждения воздуха, может быть хорошей средой для размножения возбудителя легионеллеза *L. Pneumophila* и его распространения в воздушной среде [37].

В настоящее время заболеваемость легионеллезом в России ниже, чем в странах Европы и США, возможно это связано с проблемой диагностики и официальной регистрации заболевания [38].

Согласно действующему санитарному законодательству для профилактики внутрибольничного легионеллеза два раза в год необходимо проводить микробиологический контроль систем кондиционирования и увлажнения воздуха на наличие легионелл [26, 31].

Заключение

В связи с увеличением случаев инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в многопрофильных стационарах в современной научной литературе возросло внимание к вопросам больничной гигиены. На сегодня ключевыми направлениями исследований в данной области профилактической медицины являются: 1) изучение новейших методов и технологий для предотвращения распространения инфекций в больницах, включая использование антимикробных фильтров в системах вентиляции и их своевременную замену и очистку; 2) внедрение инновационных технологий для проведения дезинфекции воздушной среды стационаров и воздухопроводов вентиляционных систем, с последующим мониторингом ее качества; 3) анализ проведенных профилактических мероприятий в стационарах по профилактике COVID-19 в период пандемии, включая процедуры по выбору систем вентиляции и контролю за эффективностью их работы.

Представленная проблема нуждается в дальнейшем всестороннем изучении, так как используемые стратегии и виды вентиляции недостаточно эффективны для сдерживания распространения инфекций, ассоциированных с оказанием медицинской помощи в лечебных организациях.

Установлено, что в настоящее время нерешенными остаются вопросы, касающиеся комплексной гигиенической оценки внутрибольничной среды многопрофильных стационаров, направленной на выявление

факторов риска госпитального инфицирования и на разработку мер профилактики; влияния условий работы инженерно-технического оборудования на здоровье медицинского персонала и пациентов; закономерностей внутрибольничного распространения инфекционных заболеваний в условиях многопрофильных стационаров.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Литература / References

1. Эрисман Ф.Ф., «Курс гигиены» т.1 «Воздух, вода, почва, строительные материалы, вентиляция», Москва, 1887. 521 с. [Erismann FE, Hygiene course, Vol. 1. Air, water, soil, building materials, ventilation, Moscow, 1887. 521 p. (In Russ.)].
2. Gregson FKA, Watson NA, Orton CM, Haddrell AE, McCarthy LP, Finnie TJR, Gent N, Donaldson GC, Shah PL, Calder JD, Bzdek BR, Costello D & Reid JP. Comparing aerosol concentrations and particle size distributions generated by singing, speaking and breathing. *Aerosol Sci Technol.* 2021;55:6, 681–91. doi: 10.1080/02786826.2021.1883544
3. Doremalen VN, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, Harcourt JL, Thornburg NJ, Gerber SI, Lloyd-Smith JO, Wit E, Munster VJ. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med.* 2020;382(16):1564–7. doi: 10.1056/nejmc2004973
4. Fennelly M, Keane J, Dolan L, Plant B, O'Connor D, Sodeau J, Prentice MB. Containment of procedure-associated aerosols by an extractor tent: effect on nebulized drug particle dispersal. *J Hosp Infect.* 2021;110:108–3. doi: 10.1016/j.jhin.2021.01.009
5. Beggs CB, Kerr KG, Noakes CJ, Hathway EA, Sleigh A. The ventilation of multiple-bed hospital wards: Review and analysis. *Am J Infect Control.* 2008;36(4):250–9. doi: 10.1016/j.ajic.2007.07.012
6. Борщевская Т.И., Бацукова Н.Л., Павлов А.В., Гигиеническая оценка вентиляции, Учебно-методическое пособие 2-е издание, Минск БГМУ, 2020. 28 с. [Borshchenskaya TI, Batsukova NL, Pavlov AV, Hygienic assessment of ventilation, *Educational manual 2nd edition*, Minsk BSMU, 2020. 28 p. (In Russ.)].
7. Piapan L, Michieli DP, Ronchese F, Rui F, Peresson M, Segat L, D'Agaro P, Negro C, Bovenzi M, Filon FL. COVID-19 outbreaks in hospital workers during the first COVID-19 wave. *Occup Med.* 2022;72(2):110–7. doi: 10.1093/occmed/kqab161
8. Крамарь О.Г., Савченко Т.Н. Внутрибольничные инфекции; *Вестник ВолГМУ.* 2010;2(34):3–7 [Kramar OG, Savchenko TN. Hospital infections. *Bulletin of VolGМУ.* 2010;2(34):3–7 (In Russ.)].
9. Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, Bluyssen PM, Boerstra A, Buonanno G. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int.* 2020;142:105832. doi: 10.1016/j.envint.2020.105832
10. Mingotti N, Grogono D, dello Ioio G, Curran M, Barbour K, Taveira M, Rudman J, Haworth CS, Floto RA, Woods AW. The Impact of hospital-ward ventilation on airborne-pathogen exposure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021;203(6):766–9. doi: 10.1164/rccm.202009-3634le
11. Zhou Y, Yang G. Real-time monitoring of pollutants in occupied indoor environments: A pilot study of a hospital in China. *J Building Eng.* 2022;59(1–4):105105. doi: 10.1016/j.job.2022.105105
12. Izadyar N, Miller W. Ventilation strategies and design impacts on indoor airborne transmission: A review. *Build Environ.* 2022;15(218)109158. doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109158

13. Yam R, Yuen PL, Yung R, Choy T. Rethinking hospital general ward ventilation design using computational fluid dynamics. *J Hosp Infect.* 2011;77(1):31–6. doi: 10.1016/j.jhin.2010.08.010
14. Liu Z, Wang T, Wang Y, Liu H, Cao G, Tang S. The influence of air supply inlet location on the spatial-temporal distribution of bio-aerosol in isolation ward under three mixed ventilation modes. *Energy and Built Environment.* 2023;4:445–57. doi: 10.1016/j.enbenv.2022.03.002
15. Ren J, Wang Y, Liu Q, Liu Y. Numerical study of three ventilation strategies in a prefabricated COVID-19 inpatient ward. *Build Environ.* 2021;15(188):107467. doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107467
16. Lu Y, Lin Z. Coughed droplet dispersion pattern in hospital ward under stratum ventilation. *Build Environ.* 2022;208(1):108602. doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108602
17. Kong X, Guo C, Lin Z, Duan S, He J, Ren Y, Ren J. Experimental study on the control effect of different ventilation systems on fine particles in a simulated hospital ward. *Sustain Cities Soc.* 2021;73:103102. doi: 10.1016/j.scs.2021.103102
18. Chen CY, Chen PH, Chen JK, Su TC. Recommendations for ventilation of remodeled negative-pressure isolation wards for COVID-19 patients: A comparison of international guidelines. *J Formos Med Assoc.* 2022;122(2):91–7. doi: 10.1016/j.jfma.2022.11.013
19. Morris AC, Sharrocks K, Bousfield R, Kermack L, Maes M, Higginson E, Forrest S, Pereira-Dias J, Cormie C, Old T, Brooks S, Hamed I, Koenig A, Turner A, White P, Floto A, Dougan G, Gkrania-Klotsas E, Gouliouris T, Baker S, Navapurkar V. The removal of airborne severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and other microbial bioaerosols by air filtration on coronavirus disease 2019 (COVID-19) Surge Units. *Clin Infect Dis.* 2022;75(1):e97–e101. doi: 10.1093/cid/ciab933
20. Fennelly M, Hellebust S, Wenger J, O'Connor D, Griffith GW, Plant BJ, Prentice MB. Portable HEPA filtration successfully augments natural-ventilation-mediated airborne particle clearance in a legacy design hospital ward. *J Hosp Infect.* 2023;131:54–7. doi: 10.1016/j.jhin.2022.09.017
21. Хомич А.П., Смольников С.А. Особенности проектирования систем отопления и вентиляции медицинских учреждений (больницы, поликлиники); «Молодой ученый». 2021;10(352):43–8. [Homich AP, Smolnikov SA. Features of the design of heating and ventilation systems for medical institutions (hospitals, clinics). *Molodoy Uchenyj.* 2021;10(352):43–8 (In Russ.)]. URL: <https://moluch.ru/archive/352/78928/> (дата обращения: 09.06.2024).
22. Morawska L, Allen J, Bahnfleth W, Blyussen PM, Boerstra A, Buonanno G, Cao J, Dancer SJ, Floto A, Franchimon F, Greenhalgh T, Haworth C, Hogeling J, Isaxon C, Jimenez JL, Kurnitski J, Li Y, Loomans M, Marks G, Marr LC, Mazzarella L, Melikov AK, Miller S, Milton DK, Nazaroff W, Nielsen PV, Noakes C, Peccia J, Prather K, Querol X, Sekhar C, Seppänen O, Tanabe SL, Tang JW, Tellier R, Tham KW, Wargocki P, Wierzbicka A, Yao M. A paradigm shift to combat indoor respiratory infection. *Science* 2021;372(6543):689–91. doi: 10.1126/science.abg2025
23. Тулинская Р.С., Мякишев И.А., Соколов В.Д., Банникова Л.П., Григорян К.А. Больничная гигиена (руководство к практическим занятиям); «Медицинский Вестник» № 5(48). Общая гигиена. Вып. 2. Челябинск, 1997. 106 с. [Tulinskaya RS, Myakishev IA, Sokolov VD, Bannikova LP, Grigoryan KA. Hospital hygiene (practical training manual). *Medicinskij Vestnik.* No. 5(48). General hygiene. Issue 2. Chelyabinsk, 1997. 106 p. (In Russ.)].
24. Авчинников А.В., Егоричева С.Д. Гигиенические аспекты профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в акушерских стационарах; *Вестник Смоленской государственной медицинской академии.* 2015;14(3):92–6. [Avchinnikov AV, Egoricheva SD. Hygienic aspects of the prevention of infections associated with the provision of medical care in obstetric hospitals; *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy.* 2015;14(3):92–6 (In Russ.)].
25. Николаев Н.С., Андреева В.Э., Орлова А.В. Современные аспекты организации профилактики внутрибольничной инфекции в центре высоких медицинских технологий (на примере травматолого-ортопедического профиля). *Менеджер здравоохранения.* 2013;1:36–43 [Nikolaev N.S., Andreeva V.E., Orlova A.V. Modern Aspects of prevention of hospital infection in high-tech medical center (as exemplified by trauma and orthopedic profile). *Manager Zdravoohranenia.* 2013;1:36–43 (In Russ.)].
26. Санитарные правила 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг» [Sanitary rules 2.1.3678-20 "Sanitary and epidemiological requirements for the operation of premises, buildings, structures, equipment and transport, as well as the conditions of activity of business entities engaged in the sale of goods, performance of works or provision of services" (In Russ.)].
27. Ревенко Р.А., Семенов Ф.М. Вентиляция медицинских учреждений: требования и документация. *Сантехника, Отопление, Кондиционирование.* 2023;5:64–5. [Revenko RA, Semenov FM. Ventilation of medical institutions: requirements and documentation. *Santehnika, Otoplenie, Kondicionirovanie.* 2023;5:64–5 (In Russ.)].
28. Сухарев М.Б. Чистые помещения лечебных учреждений. *Поликлиника.* 2012;5:19–21. [Sukharev MB. Clean rooms of medical institutions, *Poliklinika.* 2012;5:19–21 (In Russ.)].
29. Vergani С. Системы воздухоподготовки в инфекционных отделениях больниц. *Вентиляция. Отопление. Кондиционирование.* 2004;4:60–7. [Vergani S. Air treatment systems in infectious diseases departments of hospitals. *Santehnika, Otoplenie, Kondicionirovanie.* 2004;4:60–7 (In Russ.)].
30. Борисоглебская А.П. Больничные операционные залы. Контроль воздушных потоков. *Вентиляция. Отопление. Кондиционирование.* 2009;8:44–54. [Borisoglebskaya AP. Hospital operating rooms. Air flow control. *Santehnika, Otoplenie, Kondicionirovanie.* 2009;8:44–54 (In Russ.)].
31. СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» [Sanitary rules and regulations 3.3686–21 "Sanitary and epidemiological requirements for the prevention of infectious diseases" (In Russ.)].
32. Li Y, Leung GM, Tang JW, Yang X, Chao CY, Lin JZ, Lu JW, Nielsen PV, Niu J, Qian H, Sleigh AC, Su H-JJ, Sundell J, Wong TW, Yuen PL. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment: a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air* 2007;17(1):2–18. doi: 10.1111/j.1600-0668.2006.00445.x
33. Борисоглебская А.П. Вентиляция и кондиционирование воздуха лечебно-профилактических учреждений; *Вентиляция. Отопление. Кондиционирование.* 2010;8:34–43. [Borisoglebskaya AP. Ventilation and air conditioning of medical and preventive institutions. *Santehnika, Otoplenie, Kondicionirovanie.* 2010;8:34–43 (In Russ.)].
34. Табунщиков Ю.А. Вентиляция в больницах: кто виноват и что делать? *Вентиляция. Отопление. Кондиционирование.* 2021;2:4–9. [Tabunshchikov YuA. Ventilation in Hospitals: Who is to Blame and What is to be Done? *Santehnika, Otoplenie, Kondicionirovanie.* 2021;2:4–9 (In Russ.)]. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7753 (дата обращения: 09.06.2024).
35. Князева Т.А. Системы кондиционирования воздуха. *Вестник магистратуры.* 2020;2-2(101):33–46. [Knyazeva TA. Air conditioning systems. *Vestnik Magistratury.* 2020;2-2(101):33–46 (In Russ.)].
36. Пышкин И.Р. Кондиционирование медицинских учреждений. *Вестник магистратуры.* 2022;1–1(124):29–31. [Pyshkin IR. Conditioning of medical institutions. *Vestnik Magistratury.* 2022;1–1(124):29–31 (In Russ.)].

37. Груздева О.А., Тартаковский И.С., Карпова Т.И., Мариненко О.В. Особенности эпидемиологии и методы профилактики нозокомиального легионеллеза. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2014;1(74):19–23. [Gruzdeva OA, Tartakovsky IS, Karpova TI, Marinenko OV. Features of epidemiology and methods of prevention of nosocomial legionellosis. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2014;1(74):19–23 (In Russ.)].
38. Груздева О.А., Филатов Н.Н., Тартаковский И.С., Марьин Г.Г. Эпидемиологические особенности легионеллеза в Российской Федерации. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2017;22(2):86–92. [Gruzdeva OA, Filatov NN, Tartakovskiy IS, Marin GG. Epidemiological features of legionellosis in the Russian Federation. *Epidemiology and Infectious Diseases*. 2017;22(2):86–92 (In Russ.)]. doi: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9529-2017-22-2-86-92>