

## СТАТЬЯ

УДК 615:614.21:579.63

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МНОГОПРОФИЛЬНОГО СТАЦИОНАРА****Богданова О.Ю., Черных Т.Ф., Цветкова И.А.***ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский химико-фармацевтический университет»  
Министерства здравоохранения РФ, Санкт-Петербург, e-mail: bogdiolg@yandex.ru*

Объективная оценка санитарно-бактериологического состояния внутренней среды учреждений здравоохранения в настоящее время является одной из важнейших задач при проведении комплекса профилактических мероприятий против распространения инфекций, сопряженных с оказанием медицинской помощи (ИСМП). Контаминация внутрибольничной среды избыточным количеством микроорганизмов, особенно устойчивых к лекарственным препаратам и дезинфицирующим средствам (ДС), может привести к распространению инфекций как среди пациентов, так и среди медицинского персонала, обуславливая внутрибольничные инфекции различных видов. Воздух, являясь, с одной стороны, всепроникающей субстанцией, с другой стороны, оказывается средой временного сохранения микроорганизмов-контаминантов, может играть роль источника ИСМП. В настоящей работе проведены исследования качественного и количественного состава микроорганизмов воздуха в различных помещениях медицинских организаций (стационары) по некоторым микробиологическим показателям, в результате чего выявлены наиболее часто встречающиеся и определяющиеся в воздухе виды микроорганизмов, колонизирующие воздушную среду и являющиеся потенциально опасными инфекционными агентами. В ходе проведенных исследований были выявлены различия в уровне контаминации воздуха помещений стационара в зависимости от их функционального назначения. Среди обнаруженных микроорганизмов выявлены некоторые условно-патогенные микроорганизмы, определены очаги распространения опасных контаминантов – поверхности, подвергнутые биодеструкции – отделочные материалы палат пациентов, ординаторских комнат, а также система вентиляции воздуха больничной среды. Большинство выявленных бактерий принадлежали к группе грамположительных кокков рода *Staphylococcus*, среди грибов преобладали дрожжеподобные и плесневые грибы. Обнаруженные контаминанты классифицируются как микроорганизмы III и IV групп патогенности и обладают инфекционным потенциалом. Адсорбция на слизистых оболочках человека таких микроорганизмов может привести к развитию аспергиллезов, стафилококковых инфекций, кандидозов и других опасных заболеваний. Полученные в исследовании данные о содержании микроорганизмов в воздухе помещений стационара свидетельствуют о важности разработки новых подходов к проведению микробиологического мониторинга внутрибольничной среды и контролю качества проведения противозидемиологических мероприятий, что в целом будет способствовать профилактике ИСМП.

**Ключевые слова:** микробиологический мониторинг, микробиота воздуха, медицинские организации, инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи

**MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF THE AIR ENVIRONMENT  
OF A MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL****Bogdanova O.Yu., Chernykh T.F., Tsvetkova I.A.***Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, Saint Petersburg,  
e-mail: bogdiolg@yandex.ru*

An objective assessment of the sanitary and bacteriological state of the internal environment of healthcare institutions is currently one of the most important tasks in carrying out a set of preventive measures against the spread of infections associated with the provision of medical care (ISMP). Contamination of the hospital environment with an excessive number of microorganisms, especially resistant to drugs and disinfectants (DS), can lead to the spread of infections among both patients and medical personnel, causing nosocomial infections of various types. Air, being on the one hand an all-pervading substance, on the other hand turns out to be a medium of temporary preservation of microorganisms-contaminants, can play the role of a source of ISMP. In this work, studies of the qualitative and quantitative composition of air microorganisms in various rooms of medical organizations (hospitals) have been carried out according to some microbiological indicators, as a result of which the most common and determined types of microorganisms in the air that colonize the air environment and are potentially dangerous infectious agents have been identified. In the course of the conducted studies, differences in the level of air contamination of hospital premises were revealed, depending on their functional purpose. Among the detected microorganisms, some conditionally pathogenic microorganisms were identified, foci of the spread of dangerous contaminants were identified – surfaces subjected to biodegradation – finishing materials of patients' wards, residents' rooms, as well as the air ventilation system of the hospital environment. Most of the identified bacteria belonged to the group of gram-positive cocci of the genus *Staphylococcus*, yeast-like and mold-like fungi predominated among the fungi. The detected contaminants are classified as pathogenicity groups III and IV microorganisms and have an infectious potential. Adsorption of such microorganisms on human mucous membranes can lead to the development of aspergillosis, staphylococcal infections, candidiasis and other dangerous diseases. The data obtained in the study on the content of microorganisms in the air of the hospital premises indicates the importance of developing new approaches to conducting microbiological monitoring of the hospital environment and quality control of anti-epidemiological measures, which in general will contribute to the prevention of ISMP.

**Keywords:** microbiological monitoring, air microbiota, medical organizations, infections related to medical care

Объективная оценка санитарно-бактериологического состояния внутренней среды учреждений здравоохранения в настоящее время является одной из важнейших задач при проведении комплекса специфических и неспецифических профилактических и противоэпидемических мероприятий [1].

Проблему инфекционной безопасности в медицинских учреждениях значительно обострила пандемия новой коронавирусной инфекции 2019–2022 гг.

Необходимо постоянное соблюдение требований по сохранению инфекционной биобезопасности в медицинских организациях. Современная эпидемиологическая ситуация полностью изменила подходы к выбору дезинфицирующих средств (ДС) и дезинфекционного оборудования.

В обеспечении инфекционной безопасности больничной среды дезинфекция поверхностей и воздушной среды крайне важна. Организация мониторинга безопасности и правильно организованный менеджмент дезинфекционных мероприятий в ЛПО – это приоритетная задача администрации и персонала. Основная цель этих мероприятий – предупреждение распространения ИСМП среди пациентов и персонала.

Микроорганизмы – это потенциальная угроза здоровью человека и благополучию его среды обитания не только в естественной среде, но и в искусственно созданной среде внутри помещений. Штаммы бактерий и грибов в процессе реализации эволюционно приобретенного ими механизма эпидемиологической передачи могут находиться на объектах внешней среды, сохраняя там жизнеспособность, а при благоприятных условиях размножаться и накапливаться. Микробное распространение и накопление в больничной среде способно привести к пагубным последствиям – инфицированию пациентов, персонала, развитию и распространению ИСМП [2, 3].

В настоящее время оценка уровня микробного загрязнения воздуха в местах, подверженных высокому риску распространения инфекций, считается основным шагом на пути к профилактике ИСМП [3, 4]. Несмотря на многочисленные исследования этой группы инфекций, проблемы контаминации больничной среды существуют, они требуют решений, связанных с отработкой методологии, четкого алгоритма мониторинга, выверенной интерпретации данных и нормирования максимально допустимых уровней микробной контаминации. В этой связи работы в направлении санитарно-бактериологического мониторинга внутрибольничной среды крайне актуальны.

Фундаментальной частью общего мониторинга внутрибольничной среды является микробиологический контроль контаминации воздуха. Для подсчета микробов в воздухе используется много различных методов, которые можно разделить на следующие группы: определение количества колониеобразующих единиц на кубический метр воздуха (КОЕ/м<sup>3</sup>), количество КОЕ на агаровых пластинах, измерение химического компонента микробных клеток на кубический метр воздуха, подсчет клеток под микроскопом.

Сегодня признанным эффективным средством количественного определения микробов, находящихся в воздухе, является подсчет КОЕ. Количество КОЕ является наиболее важным параметром, поскольку оно измеряет живые микроорганизмы, которые способны к активной жизнедеятельности и размножению. Пробы воздуха могут быть собраны двумя способами: активными пробоотборниками воздуха или пассивным отбором проб воздуха за счет седиментации клеток и спор микроорганизмов на поверхность питательной среды. Оба метода широко используются, однако аспирационный метод с помощью активного пробоотборника является количественно более точным.

Среди нормируемых показателей микробиологического мониторинга воздуха установлены следующие показатели: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАнМ) или общее микробное число (ОМЧ), наличие клеток и спор грибов, а также в некоторых случаях, чаще по нормативам, установленным внутренним документом учреждения – наличие спорообразующих бактерий. Для ЛПО среди ненормируемых показателей актуальным критерием благополучия среды и качества проводимой дезинфекции следует считать отсутствие в воздухе бактерий рода *Staphylococcus*, которые в большинстве своем являются нормобиотой кожи и дыхательных путей человека, однако остаются опасными условно-патогенными бактериями, способными обусловить различные инфекции.

Цель исследования заключалась в изучении качественного и количественного микробного состава воздуха внутренней среды лечебно-профилактических медицинских организаций типа многопрофильных стационаров.

#### Материалы и методы исследования

Проведено микробиологическое исследование воздуха в различных помещениях медицинских организаций по нормируемым и ненормируемым микробиологическим показателям в рамках диссертационной работы. Определен качественный

состав микробов воздуха внутрибольничной среды, отмечены лидирующие виды микроорганизмов.

Для достижения поставленных целей на территории г. Санкт-Петербурга был исследован воздух в помещениях лечебно-профилактических организаций (ЛПО). Всего было исследовано 985 проб.

Пробы воздуха отбирали в различных помещениях стационаров. Использовали наиболее точный в количественном отношении аспирационный метод с помощью пробоотборного устройства ПУ-1Б, части которого перед отбором проб обрабатывали 70% этилового спирта. Отбор проб проводили в соответствии с методическими указаниями МУК 4.2.2942-11 «Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в ЛПО» и вели в течение рабочего дня. Для анализа использовали чашки Петри со стерильными питательными средами – мясопептонным агаром, Сабуро и стафилококковым агаром. Чашки с мясопептонным агаром и стафилококковым агаром для определения бактерий инкубировали при температуре  $35\pm 2,5$  °C в течение 24 ч, чашки с агаром Сабуро для определения микромицетов – при температуре  $20\pm 2,5$  °C в течение 48 ч.

Общее микробное число (ОМЧ) воздуха рабочей зоны определялось в помещениях палат пациентов, ординаторских комнат, сестринских постов, помещений лабораторий и процедурных кабинетов отделений. Культивирование и подсчет выросших колоний микроорганизмов проводились стандартными методами. Колонии микроорганизмов, выросшие на поверхности питательных сред, микроскопировали. При обнаружении характерных для стафилококков колоний их

подвергали дальнейшему культивированию на дифференциально-диагностических питательных средах и окончательной идентификации выделенных чистых культур до вида с помощью определения биохимических свойств. Непатогенные микробные формы объединяли под показателем НПМФ. Обработка результатов осуществлена с использованием программ Microsoft Excel 2010.

### Результаты исследования и их обсуждение

В качественной структуре бактериального содержания в воздухе лечебных помещений доминировали представители рода стафилококков, являющиеся постоянными обитателями слизистых оболочек и кожных покровов человека [4, 5]. Наиболее распространенными среди них были бактерии видов *Staphylococcus epidermidis*, их доля достигала  $8,6\pm 4,5\%$ . На втором месте по распространенности были *Staphylococcus haemolyticus*  $3,1\pm 6,2\%$ . Несколько реже встречались бактерии рода *Staphylococcus saprophyticus* (в  $1,3\pm 4,8\%$  случаев) и *Staphylococcus aureus* (в  $1,8\pm 3,3\%$  случаев) (рис. 1). Данные показатели соотносятся с данными, полученными в более ранних исследованиях, проведенных в воздухе ЛПО других городов РФ [6].

Эпидермальные стафилококки являются обитателями кожи большинства людей, их содержание и локализация в данном биотопе малоизменяемы, данные бактерии обнаруживаются в смывах кожи человека независимо от внешних факторов, составляя достаточно устойчивый симбиотический консорциум. В этой связи эпидермальные стафилококки постоянно оказываются во внешней среде, разносятся потоками воздуха, оседая на поверхностях.

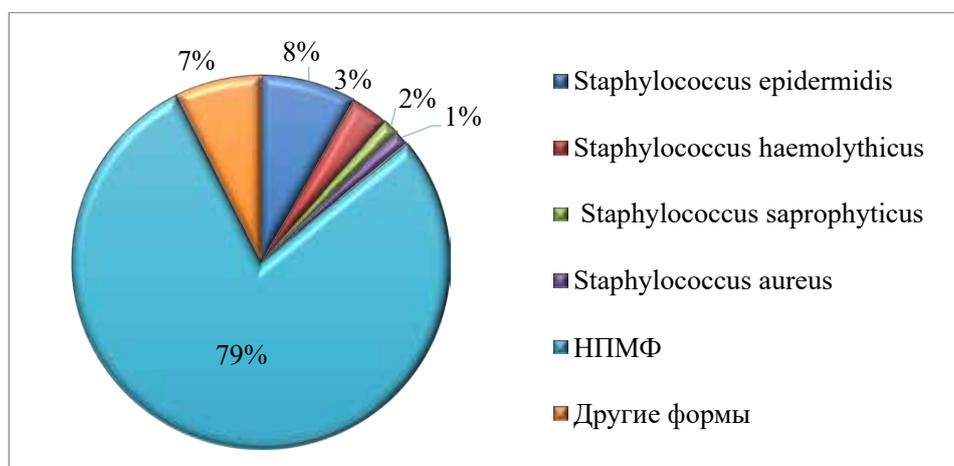


Рис. 1. Содержание стафилококков в образцах проб воздуха помещений стационара ( $n = 524$ )

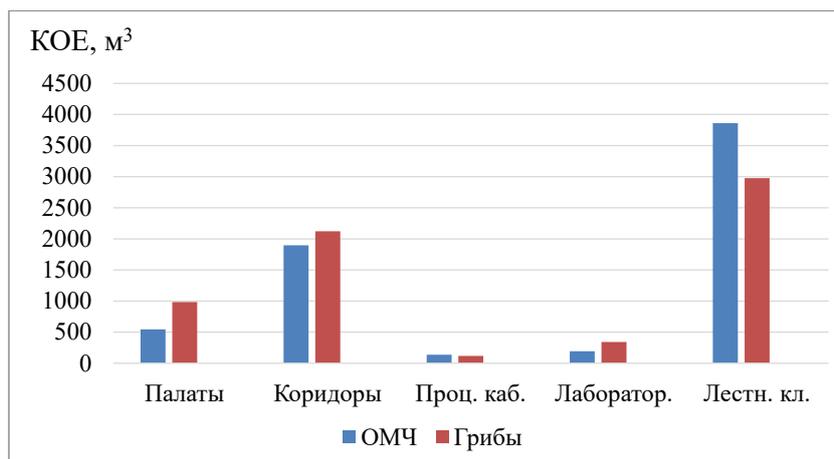


Рис. 2. Содержание микроорганизмов (бактерии, дрожжевые и плесневые грибы) в воздухе помещений многопрофильного стационара

Общее содержание бактерий в воздушной среде помещений колебалось в пределах от 95 КОЕ/м<sup>3</sup> (в процедурных кабинетах и лаборатории) до 1005 КОЕ/м<sup>3</sup> (в палатах).

Сапрофитные стафилококки, как и эпидермальные, являются нормобиотой кожи человека, они оказываются в воздухе и в дальнейшем оседают на поверхности именно из этого источника. Тем самым отмечено, что наиболее значимыми контаминантами среды стационара являются нормальные представители кожи персонала, пациентов и посетителей. Основной мерой профилактики против данного вида контаминации следует считать ношение специальной санитарной одежды, частые влажные и дезинфицирующие обрабатывающие мероприятия в помещениях стационара.

Наличие определенной доли условно-патогенных стафилококков *S. haemolyticus* и *S. aureus* свидетельствует о контаминации среды представителями биоты определенных лиц, которые могут иметь или не иметь заболеваний, обусловленных этими бактериями. В основном эти виды распространяются в среде от кожи и дыхательной системы бактерионосителей [5]. Исходя из этого, основной мерой предупреждения попадания условно-патогенных стафилококков в среду стационара является ношение масок, соблюдение масочного режима для посетителей, применение дезинфектантов, к которым у этих видов бактерий нет устойчивости, и частая ротация ДС.

Основную долю 79% составляли НПМФ, однако данный результат свидетельствует о недостаточности наблюдений за микробиологической чистотой помещений.

Содержание плесневых грибов в воздухе помещений исследуемых лечебных

организаций показало относительно высокие результаты. Количество клеток и жизнеспособных спор микромицетов в воздухе палат для пациентов колебалось от 100 до 2500 КОЕ/м<sup>3</sup>. В помещениях другого функционального назначения (процедурный кабинет, лаборатория) оно было несколько меньшим – от 20 до 150 КОЕ/м<sup>3</sup> (рис. 2), что в целом объясняется более тщательной и частой дезинфекцией поверхностей в данных помещениях.

Наибольшим содержанием микромицетов в воздухе отличались помещения, где основным источником поступления грибных спор в воздушную среду является контаминированный отделочный материал поверхностей стен и потолков (коридоры, лестничные клетки, подсобные помещения). Значительное количество спор в воздухе может быть связано также с повышенной влажностью воздуха в помещении и конденсированием влаги на поверхности потолка, стен, мебели. Также данное количество спор микромицетов следует объяснить некачественной дезинфекцией и возможным загрязнением вентиляционной системы.

Контаминация плесневыми грибами в палатах без биоповреждений составляет в среднем 500 КОЕ/м<sup>3</sup>, что можно считать умеренным результатом.

Обнаруженные плесневые грибы были представлены родами *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, количественно преобладали микромицеты тех же родов (рис. 3). Так, доля в посевах грибов рода *Cladosporium* достигала 23%, *Aspergillus* составили порядка 8% и грибы рода *Penicillium* составили 4%. Эти результаты также сходны с проведенными ранее исследованиями [6].

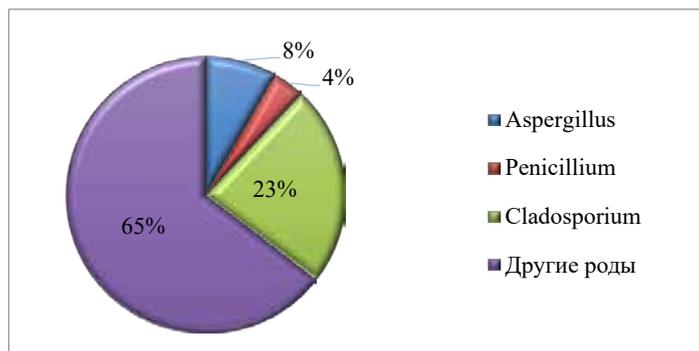


Рис. 3. Содержание плесневых грибов в образцах воздуха помещений стационара ( $n = 461$ )

Так, в палатах без видимых биоповреждений поверхностей, в среднем обнаруживалось от 20 до 300 КОЕ/м<sup>3</sup> микромицетов рода *Aspergillus*, которые были представлены широким видовым разнообразием. В палатах с определяемыми биоповреждениями микромицеты рода *Aspergillus* выявлены в гораздо большем количестве.

В помещениях стационара также значительную долю составили микромицеты рода *Penicillium*.

Микромицеты являются опасными представителями контаминантов больничной среды, поскольку потенциально способны к агрессивному распространению, синтезу токсинов, биодеструкции поверхностей, заражению человека. Особенно опасны микромицеты в больничной среде для пациентов, имеющих сниженные иммунные функции [7].

### Заключение

Таким образом, в воздушной среде стационарных ЛПО г. Санкт-Петербурга был обнаружен значительный уровень контаминирования воздуха условно-патогенными микроорганизмами, в числе которых наиболее опасными можно считать стафилококки и плесневые грибы. Адсорбция на слизистых оболочках микроорганизмов может привести к развитию внутрибольничных инфекций (аспергиллез, стафилококковых инфекций, внутрибольничных пневмоний). Отмечено, что очагами распространения микромицетов могут быть недостатки в системе вентиляции, биопов-

реждения отделочных материалов поверхностей помещений.

Полученные данные о микроорганизмах в воздухе помещения стационаров свидетельствуют о важности проведения работ в области выработки новых подходов к проведению дезинфекции во внутрибольничной среде.

### Список литературы

1. Пунченко О.Е., Косякова К.Г., Васильева Н.В. Исследование микробиоты воздуха в многопрофильном стационаре Санкт-Петербурга // Гигиена и санитария. 2014. № 93 (5). С. 33–36.
2. Демиховская Е.В. Ванкомицин-резистентные энтерококки как возбудители внутрибольничных инфекций // Болезни и антибиотики. 2013. № 1 (8). С. 68–71.
3. Stegmann R., Burnens A., Maranta C.A., Perreten V. Human infection associated with methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* ST71. J. Antimicrob. Chemother. 2010. No. 65 (9). P. 2047–2048.
4. Savini V., Barbarini D., Polakowska K., Gherardi G., Biaiecka A. et al. Methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* infection in a bone marrow transplant recipient. J. Clin. Microbiol. 2013. No. 51 (5). P. 1636–1638.
5. Бакшеева С.С., Сергеева И.В. Стафилококковое бактерионосительство как критерий экологического неблагополучия среды обитания человека // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 1–577.
6. Четина О.А., Баландина С.Ю. Исследование помещений стационара инфекционного профиля на предмет контаминации условно-патогенными грибами // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7880> (дата обращения: 30.08.2022).
7. Сергеев В.И., Кудрявцева Л.Г., Головенкина А.Ю., Алатырева Н.Ф., Александрова Г.А. Эффективность противоплесневой аэрозольной дезинфекции воздуха вентиляционных систем лечебно-профилактических учреждений с помощью дезинфектантов «Тефлекс» и «Амиксидин» // Проблемы медицинской микологии. 2010. № 12 (2). С. 29–32.