

Читать
онлайн
Read
online

Калинина Н.В., Загайнова А.В., Юдин С.М., Гапонова Е.Б., Банин И.М.

Гигиеническая оценка микологической обсеменённости внутренней среды помещений жилых и общественных зданий

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

Введение. В работе представлены результаты комплексной гигиенической оценки грибковой обсеменённости внутренней среды помещений жилых и общественных зданий и разработаны предложения к методике проведения микологической экспертизы строительных конструкций и воздуха помещений.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись городской атмосферный воздух, жилые квартиры и офисные помещения с грибковым поражением стеновых конструкций и без него, медицинские помещения различного назначения. Исследования включали определение количества микроскопических грибов в 1 м³ воздуха (КОЕ/м³); определение содержания грибковой флоры в соскобах и смывах с мест, подозрительных на наличие грибкового поражения; замеры влажности ограждающих конструкций и микроклиматических параметров воздушной среды помещений; оценку работы системы вентиляции.

Результаты. Показано, что концентрация микроскопических грибов в воздухе помещений без грибкового поражения стеновых конструкций зависит от грибкового загрязнения атмосферного воздуха. Пик грибкового загрязнения воздушной среды в непоражённых помещениях, так же как и окружающего атмосферного воздуха, выявлен в весенне-летний сезон. В жилых квартирах и в служебных помещениях общественных зданий, имеющих грибковое поражение стеновых конструкций, содержание микроскопических грибов в воздухе независимо от сезона года в десятки и сотни раз превышало содержание грибковой флоры в воздухе «здоровых» помещений и в атмосферном воздухе. Грибковое загрязнение воздуха в жилых и служебных помещениях в основном представлено плесневыми грибами родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Rizopus*, в палатах и лечебно-диагностических кабинетах — дрожжеподобными грибами рода *Candida*.

Ограничения исследования. Результаты исследования не распространяются на производственные помещения предприятий биологической промышленности, животноводческих и птицеводческих комплексов.

Заключение. Обоснована необходимость микологического обследования помещений и разработан проект методических рекомендаций по микологическому исследованию строительных конструкций и воздуха помещений.

Ключевые слова: загрязнение микроскопическими грибами; воздух помещений; стеновые конструкции; методика микологической экспертизы

Для цитирования: Калинина Н.В., Загайнова А.В., Юдин С.М., Гапонова Е.Б., Банин И.М. Гигиеническая оценка микологической обсеменённости внутренней среды помещений жилых и общественных зданий. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(7): 632–638. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638> <https://elibrary.ru/wdfkbp>

Для корреспонденции: Калинина Наталья Валентиновна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: NKalinina@cspn.z

Участие авторов: Калинина Н.В. — концепция и дизайн исследования; сбор и обработка данных, написание текста; Загайнова А.В. — концепция и дизайн исследования; Юдин С.М. — редактирование; Гапонова Е.Б. — сбор и обработка данных; Банин И.М. — сбор и обработка данных, статистическая обработка. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 04.05.2023 / Принята к печати: 07.06.2023 / Опубликована: 30.08.2023

Natalia V. Kalinina, Anzhelika V. Zagainova, Sergey M. Yudin, Elena B. Gaponova,
Ilya M. Banin

Hygienic assessment of mycological contamination of the internal environment of residential and public buildings

Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

The paper presents the results of a comprehensive hygienic assessment of the fungal contamination of the internal environment of the premises of residential and public buildings and developed proposals for the methodology for conducting mycological examination of indoor air and building structures.

Materials and methods. The objects of research were urban atmospheric air, residential apartments, and office premises with and without fungal infection of wall structures, medical premises for various purposes. The studies included determination of the number of microscopic fungi in 1 m³ of air (CFU/m³); determination of the content of viable fungal flora in scrapings and in swabs from places suspected of having a fungal infection; measurements of humidity of enclosing structures and microclimatic parameters of the indoor air environment; evaluation of the ventilation system.

Results. The concentration of microscopic fungi in indoor air without fungal infection of wall structures was shown to depend on fungal pollution of atmospheric air. The peak of fungal air pollution in unaffected rooms and the ambient air, was detected over the spring-summer season. In residential apartments and office premises of public buildings with fungal infection of wall structures, the content of microscopic fungi in the air, regardless of the season, was tens and hundreds of times higher than the content of fungal flora in the air of “healthy” premises and in the atmospheric air. Fungal air pollution in residential and office premises is mainly associated with fungi of the *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* and *Rizopus* genera in wards, treatment and diagnostic rooms — yeast-like fungi of the genus *Candida*.

Limitations. The results of the study do not apply to the production facilities of biological industry enterprises, livestock and poultry complexes.

Conclusion. The necessity of conducting a mycological examination of premises has been substantiated, and a draft of methodological recommendations for conducting mycological examinations of indoor air and building structures has been developed.

Keywords: pollution with microscopic fungi; indoor air; wall structures; mycological examination technique

For citation: Kalinina N.V., Zagainova A.V., Yudin S.M., Gaponova E.B., Banin I.M. Methodological aspects of hygienic assessment of mycological contamination of the internal environment of residential and public buildings. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(7): 632–638. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638> <https://elibrary.ru/wdfkbp> (In Russ.)

For correspondence: Natalia V. Kalinina, leading researcher of Hygiene Department, Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: NKalinina@cspnmz.ru

Information about the authors:

Kalinina N.V., <https://orcid.org/0000-0001-8444-9662> Zagainova A.V., <https://orcid.org/0000-0003-4772-9686>
Yudin S.M., <https://orcid.org/0000-0002-7942-8004> Gaponova E.B., <https://orcid.org/0000-0001-9259-0009>
Banin I.M., <https://orcid.org/0000-0001-9467-8485>

Contributions: Kalinina N.V. – concept and design of the study; data collection and processing, text writing; Zagainova A.V. – concept and design of the study; Yudin S.M. – editing; Gaponova E.B. – data collection and processing; Banin I.M. – data collection and processing, statistical processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 4, 2023 / Accepted: June 7, 2023 / Published: August 30, 2023

Введение

Загрязнение воздуха микроскопическими грибами в настоящее время относится к числу биологических факторов риска, вызывающих аллергизацию населения в условиях закрытых помещений жилых и общественных зданий. Микроскопические грибы, естественным резервуаром которых служит почва, постоянно и повсеместно присутствуют в среде обитания человека [1–4]. Они находятся на поверхности различных сооружений и предметов, колонизируют пищевые продукты, фармацевтические и косметические средства, их споры хорошо переносятся воздушными потоками, попадая в организм человека в процессе дыхания. Высокая экспозиция микоаллергенов в жилой среде способствует сенсибилизации населения [5–7]. По данным некоторых авторов, к грибковым аллергенам сенсибилизированы 6–15% всего населения и 2–30% аллергических больных [8, 9]. Вместе с тем анализ литературы свидетельствует о том, что микологический фактор применительно к гигиеническим аспектам закрытых помещений к настоящему времени недостаточно освещён в современных научных трудах, не проработан в отношении закономерностей его формирования с учётом специфики разных типов зданий, помещений, строительных и отделочных материалов, микроклиматических параметров внутрижилищной среды.

Следует отметить, что действующие методические документы, регламентирующие оценку грибкового загрязнения помещений (ГОСТ Р ИСО 16000–17–2012¹, ГОСТ Р ИСО 16000–18–2013², ГОСТ Р ИСО 16000–19–2014³, ГОСТ ИСО 16000–20–2017⁴, ГОСТ ИСО 16000–21–2016⁵, ГОСТ 9.048–89⁶ и др.), отражают отдельные технические аспекты обнаружения и подсчёта плесневых грибов и не содержат чётких требований, в каких случаях следует проводить микологическую экспертизу, когда, где и в каком количестве следует отбирать пробы для исследования. В этих документах также отсутствуют гигиенические критерии оценки опасности грибкового загрязнения и факторов, способствующих его возникновению.

¹ ГОСТ Р ИСО 16000–17–2012 Воздух замкнутых помещений. Часть 17. Обнаружение и подсчёт плесневых грибов. Метод культивирования. М.: Стандартинформ. 2014. 24 с.

² ГОСТ Р ИСО 16000–18–2013 Воздух замкнутых помещений. Часть 18. Обнаружение и подсчёт плесневых грибов. Отбор проб осаждением. М.: Стандартинформ. 2014. 20 с.

³ ГОСТ Р ИСО 16000–19–2014 Воздух замкнутых помещений. Часть 19. Отбор проб плесневых грибов. М.: Стандартинформ. 2015. 46 с.

⁴ ГОСТ Р ИСО 16000–20–2017 Воздух замкнутых помещений. Часть 20. Обнаружение и подсчёт плесневых грибов. Определение общего количества спор. М.: Стандартинформ. 2018. 12 с.

⁵ ГОСТ ИСО 16000–21–2016 Воздух замкнутых помещений. Часть 21. Обнаружение и подсчёт плесневых грибов. Отбор проб из материала. М.: Стандартинформ. 2017. 19 с.

⁶ ГОСТ 9.048–89 Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. М. Государственный комитет СССР по стандартам. 1989. 23 с.

Многочисленными исследованиями установлено, что нахождение человека в микологически загрязнённой среде является причиной развития аллергопатологии, вплоть до бронхиальной астмы, у наиболее восприимчивых групп населения [2, 10, 11]. При этом следует учитывать, что микроскопические грибы, являясь природным фактором, постоянно присутствуют в атмосферном воздухе и в воздушной среде помещений. Кроме того, необходимость именно гигиенической оценки микологической обсеменённости внутрижилищной среды обусловлена длительностью нахождения человека в помещении, высокой степенью аллергенной нагрузки, что требует изучения данной проблемы и определения конкретных условий формирования микогенного загрязнения среды для установления ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ).

Цель исследования заключается в комплексной гигиенической оценке грибковой обсеменённости внутренней среды помещений жилых и общественных зданий.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели проведена комплексная микологическая оценка внутренней среды помещений 139 жилых квартир, из которых 87 имели грибковое поражение стен; 57 помещений в зданиях общественного назначения, из них 9 объектов имели грибковое поражение ограждающих конструкций, а также изучены результаты обследования на микологическое загрязнение 96 помещений различного назначения медицинских организаций стационарного типа (МОСТ).

Микологическое обследование помещений проводили в несколько этапов:

- визуальная оценка грибкового поражения ограждающих конструкций стен, пола и потолка;
- определение количества микроскопических грибов в 1 м³ воздуха (КОЕ/м³);
- определение содержания жизнеспособных грибковых спор в соскобах с мест, подозрительных на наличие грибкового поражения;
- определение влажности ограждающих конструкций;
- определение микроклиматических параметров воздушной среды помещений;
- оценка работы системы вентиляции.

Для определения количества микроскопических грибов в 1 м³ воздуха пробы отбирали на уровне зоны дыхания человека в каждом помещении (непосредственно у источника грибкового поражения стеновых конструкций и в центре помещения) аспирационным методом с помощью прибора для бактериологического анализа воздуха (ПУ-1Б).

Отбор проб воздуха в жилых зданиях проводили во всех помещениях квартир, имеющих подозрение на наличие грибкового поражения стеновых конструкций. В общественных зданиях пробы воздуха отбирали в помещениях, имеющих видимые следы грибкового поражения ограждающих

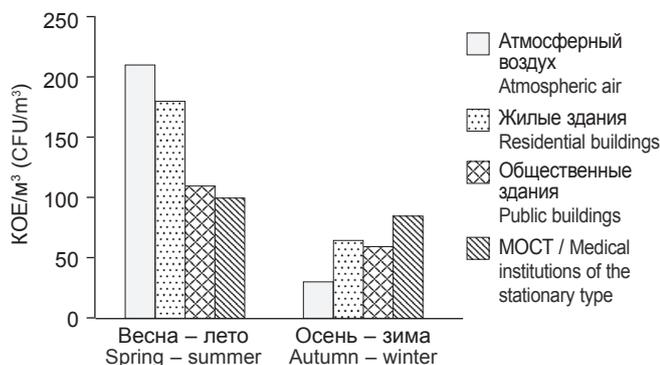


Рис. 1. Уровень содержания плесневых грибов в атмосферном воздухе и воздушной среде помещений жилых и общественных зданий без грибкового поражения стеновых конструкций в разные сезоны года.

Fig. 1. The level of mold fungi content in the atmospheric air and the air environment of residential and public buildings without fungal damage of wall structures over different seasons of the year.

конструкций или при предъявлении работниками жалоб аллергического характера. Дополнительно отбирали пробы воздуха, поступающего из доводчиков приточной вентиляции. Проведена параллельная оценка грибкового состава воздушной среды в помещениях различных зданий и окружающего атмосферного воздуха. Исследования выполняли в разные сезоны года.

Оценку наличия жизнеспособных грибковых спор в ограждающих конструкциях осуществляли после отбора проб строительных и отделочных материалов с мест, подозрительных на наличие грибкового поражения (соскобы окрашенного налёта, разрушенных лакокрасочных и штукатурных слоёв, повреждённых обоев и образцов бетона и др.). В лабораторных условиях отобранные образцы суспензировали в физиологическом растворе в концентрациях 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000 и высевали на чашки Петри на плотную питательную среду.

При наличии грибковых плёнок на поверхности предметов мебели, кафельной плитки и других плотных поверхностях, когда невозможно было получить образцы материалов методом соскоба, отбор проб для микологических исследований осуществляли методом смывов с площади 100 см². Затем тампон помещали в пробирку с 10 мл стерильного изотонического раствора хлорида натрия или стерильной дистиллированной воды. В лабораторных условиях 0,1 мл смыва засеивали газоном на поверхность плотной питательной среды стерильным шпателем. При необходимости из исходного смыва готовили серию разведений 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000 с последующим посевом 0,1 мл каждого разведения на чашки Петри с плотной питательной средой.

Для культивирования микроскопических грибов использовали такие питательные среды, как сусло-агар, Чапека – Докса и Сабуро. Инкубировали посевы при температуре плюс 28 °С в течение 7 сут, после чего проводили качественный и количественный учёт содержания жизнеспособных грибковых спор в 1 г образца или на 1 дм² поверхности.

Все выявленные в процессе исследования окружающей среды грибы подлежали обязательной макроскопической (форма, цвет, консистенция колоний) и микроскопической идентификации по основным морфологическим признакам. Идентификацию образовавшихся колоний проводили согласно определителям грибов.

Морфологическую идентификацию проводили также с использованием идентификационных автоматизированных систем методом времяпролётной матрично-ассоциированной лазерной масс-спектрометрии на платформе MALDI-TOF.

При изучении качественного и количественного состава грибкового загрязнения воздушной среды жилых и

общественных зданий и атмосферного воздуха учитывали в основном грибы, обладающие аллергенными свойствами. Это так называемая «большая четвёрка», включающая роды *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, а также *Mucor*, *Rhizopus*, *Candida*.

Результаты

Результаты исследований показали, что концентрация спор грибов в воздухе помещений без грибкового поражения стеновых конструкций зависит в первую очередь от грибкового загрязнения атмосферного воздуха как основного источника грибкового загрязнения воздушной среды помещений. В то же время характеристика микологического загрязнения воздушной среды помещений в разные сезоны года отличалась от аналогичных параметров атмосферного воздуха (рис. 1). Пик грибкового загрязнения воздушной среды в непоражённых помещениях, так же как и окружающего атмосферного воздуха, выявлен весной и летом, однако общее микологическое загрязнение воздушной среды жилых помещений в этот период года было ниже уровня содержания микроскопических грибов в атмосферном воздухе. Напротив, в осенне-зимний сезон уровень грибкового загрязнения воздушной среды помещений превосходил уровень загрязнения атмосферного воздуха как по показателям общего грибкового загрязнения, так и по отдельным родам грибов. Особенно это относится к грибам родов *Penicillium* и *Aspergillus*. Самые высокие концентрации грибов этих родов определены в воздушной среде помещений в зимний период.

Представленные в табл. 1 данные свидетельствуют о том, что наиболее часто в атмосферном воздухе Москвы встречаются плесневые грибы рода *Penicillium*, частота встречаемости которых в отобранных пробах составляла 77,6%. На втором и третьем месте по частоте обнаружения находились плесневые грибы родов *Aspergillus* и *Cladosporium* (74,6 и 59,2% соответственно). Следующими по частоте встречаемости являлись плесневые грибы родов *Mucor* (31,4%), *Alternaria* (29,5%), *Rhizopus* (15,31%) и *Fusarium* (10,7%).

В жилых квартирах без грибкового поражения стеновых конструкций содержание микроскопических грибов в воздухе находилось на низком уровне и не превышало в среднем 50–80 КОЕ/м³ (от 0 до 250 КОЕ/м³). Установлено, что в воздушной среде жилых зданий наиболее часто встречаются грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. Частота встречаемости грибов этих родов составляла 78,8; 73,1 и 46,1% соответственно. Грибы рода *Mucor* обнаружены в 25% проб, *Alternaria* – в 21,2%, *Rhizopus* – в 11,5%, *Fusarium* – в 7,7%, *Candida* – в 5,8%. Микроскопические грибы рода *Penicillium* обнаружены в воздушной среде ёмкостей для хранения пищевых продуктов (особенно в местах хранения овощей и фруктов), что указывает на наличие и собственных внутренних источников грибкового загрязнения воздушной среды. Кроме того, результаты проведённых исследований показали, что микрофлора внутри помещений в значительной степени зависит от их функционального назначения и жизнедеятельности человека. Выявлено, что наиболее высокие концентрации микроскопических грибов присутствуют в воздушной среде ванных комнат, что объясняется наличием вентиляционной системы и более высоким уровнем влажности воздуха, которая способствует росту грибковых спор. Имеются существенные различия и в качественном составе грибов. Наиболее широкий спектр грибкового загрязнения отмечался в воздухе кухонь, что связано с хранением пищевых продуктов, на которых споры грибов сохраняются и развиваются. Если в количественном отношении уровень грибкового загрязнения воздушной среды кухонь был на 30% в среднем ниже, чем окружающего атмосферного воздуха, то по качественному составу он часто превосходил последний. Частота встречаемости некоторых родов грибов в воздухе кухонь выше, чем в других помещениях квартиры и атмосферном воздухе. Так, частота встречаемости грибов рода *Penicillium* составляла 97%, то есть они почти постоянно

Таблица 1 / Table 1

Качественная и количественная характеристика микологического загрязнения атмосферного воздуха и воздушной среды помещений жилых и общественных зданий**Qualitative and quantitative characteristics of mycological pollution of atmospheric air and air premises of residential and public buildings**

Показатель Indicators	Роды грибов / Species fungi								Общее грибковое загрязнение General fungal contamination
	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Cladodporium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Mucor</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Candida</i>	
<i>Атмосферный воздух / Atmospheric air</i>									
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	77.6	74.6	59.2	31.4	29.5	10.7	15.3	1.0	100
Диапазон концентраций, КОЕ/м ³ Concentration range, CFU/m ³	10–80	10–70	30–250	10–50	10–50	10–50	10–40	10–20	40–350
<i>Жилые квартиры без грибкового поражения / Living flats without fungal damage</i>									
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	78.8	73.1	46.1	21.2	25	7.7	11.5	5.8	100.0
Диапазон концентраций, КОЕ/м ³ Concentration range, CFU/m ³	20–140	20–140	30–110	10–50	10–30	10–30	10–40	10–80	20–250
<i>Жилые квартиры с грибковым поражением / Living flats with fungal damage</i>									
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	93,1	75,8	31	6.9	5.3	1.2	11.5	–	100
Диапазон концентраций, КОЕ/м ³ Concentration range, CFU/m ³	500–10 500	70–1500	40–1100	10–610	10–100	10–300	10–500	–	590–11 500
<i>Офисные здания без поражения / Office buildings without fungal damage</i>									
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	71.0	60.4	18.8	14.6	10.4	4.2	10.4	4.2	89.0
Диапазон концентраций, КОЕ/м ³ Concentration range, CFU/m ³	10–110	10–60	10–70	10–20	10–50	10–20	10–50	10–50	30–130
<i>Офисные здания с грибковым поражением / Office buildings with fungal damage</i>									
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	91.0	83.0	40.5	15.4	15.4	4.5	10.5	–	100
Диапазон концентраций, КОЕ/м ³ Concentration range, CFU/m ³	900–8700	60–2100	50–1100	10–500	30–100	20–400	30–100	–	950–9700
<i>Помещения медицинских организаций стационарного типа без грибкового поражения Premises of medical institutions of a stationary type without fungal damage</i>									
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	83.0	68.7	31.2	9.4	11.5	3.1	8.3	63.5	91.6
Диапазон концентраций, КОЕ/м ³ Concentration range, CFU/m ³	20–260	10–120	10–240	10–40	10–30	10–30	10–40	20–410	50–460

присутствовали в воздухе кухонь, тогда как в воздухе комнат споры этих грибов обнаружены в 69% проб. Концентрация в воздухе кухонь грибов рода *Mucor* превышала уровень загрязнения атмосферного воздуха более чем в два раза.

Важно отметить, что в жилой среде микроскопические грибы присутствуют постоянно, причём уровень общего грибкового загрязнения воздушной среды жилых помещений в осенне-зимний сезон превосходит уровень загрязнения атмосферного воздуха в два раза и более, а для ванных комнат это превышение отмечается в течение всего года. Наибольшее содержание микроскопических грибов отмечено в воздухе кухонь и ванных комнат. Идентифицированы в основном грибы рода *Penicillium* (в 78,5% проб) и *Aspergillus* (в 73% проб).

В воздухе служебных помещений общественных зданий без грибкового поражения стеновых конструкций общее содержание грибковых спор было значительно ниже по сравнению с воздухом жилых помещений (см. табл. 1). Однако по качественному составу в воздухе офисных помещений присутствуют грибы-сапрофиты тех же родов, что и в воздухе жилых помещений. Установлено, что наиболее часто встречаются грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus* (в 71 и 60,4% проб соответственно). Грибы рода *Cladodporium* были

обнаружены в 18,8% проб, *Alternaria* – в 14,6%, *Fusarium* – в 4,2%, *Mucor* и *Rhizopus* – в 10,4%, *Candida* – в 4,2% проб. Ни в одном из обследованных помещений МОСТ не выявлено грибкового поражения стеновых конструкций. При этом содержание грибковых спор в воздухе разных по функциональному назначению помещений составило от 0 до 460 КОЕ/м³. Наименьшее содержание микроскопических грибов определено в воздухе операционных блоков, процедурных и перевязочных (от 0 до 40 КОЕ/м³), наибольшее – в физиотерапевтических кабинетах (80–460 КОЕ/м³) и палатах (60–380 КОЕ/м³).

Анализ качественных и количественных характеристик микологического загрязнения воздушной среды показал, что в помещениях МОСТ, как и в воздухе жилых и общественных зданий, грибковое загрязнение в основном представлено плесневыми грибами родов *Penicillium* (83% проб), *Aspergillus* (68,7% проб), *Cladodporium* (31,2% проб) и *Mucor* (11,5% проб). Содержание плесневых грибов в воздухе обследованных помещений зависело от времени года и влажности воздуха. Более высокие концентрации микромицетов определены в весенне-летний и осенний сезоны, наименьшие – в зимний отопительный сезон. В помещениях физиотерапевтических отделений с наиболее высокой влажностью

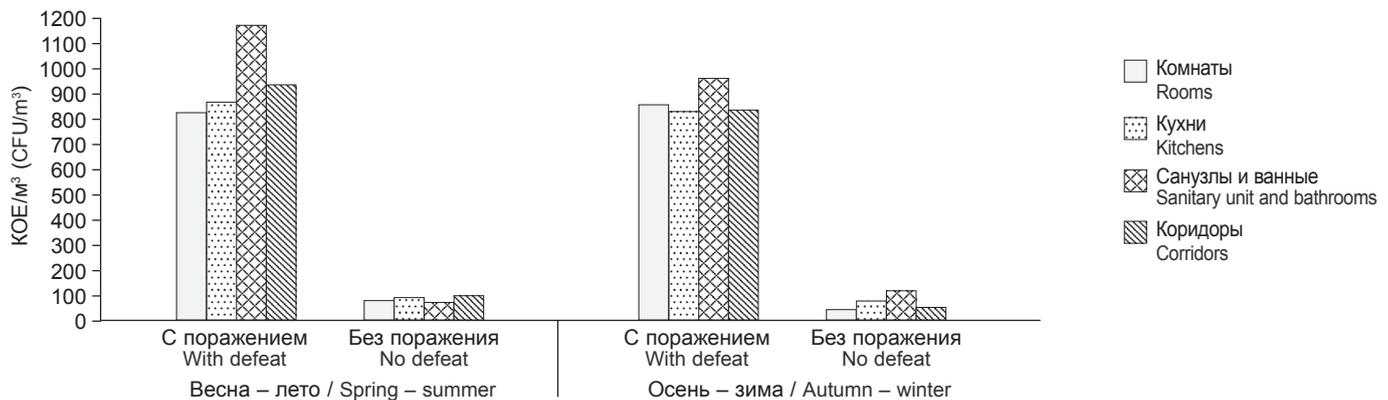


Рис. 2. Уровень содержания плесневых грибов в воздухе жилых помещений с поражением и без поражения стеновых конструкций.

Fig. 2. The level of mold fungi content in the air of residential rooms with and without damage to wall structures.

воздуха в течение всего года отмечены наиболее высокие уровни содержания микроскопических грибов: 46,2–63,8% летом, 54,2–68% – в зимний (отопительный) сезон года. В воздухе палат и лечебно-диагностических кабинетов в отличие от жилых и служебных помещений грибковое загрязнение в основном представлено дрожжеподобными грибами рода *Candida* – 45–68% от общего числа обнаруженных микромицетов. Содержание дрожжеподобных грибов в воздухе больших помещений было постоянным и не зависело от сезона года.

В жилых квартирах и служебных помещениях общественных зданий, имеющих грибковое поражение стеновых конструкций, независимо от времени года содержание грибковых спор в воздухе зарегистрировано на уровне от 590 до 11 500 КОЕ/м³ и от 950 до 9700 КОЕ/м³ соответственно (рис. 2), что в десятки и сотни раз превышало содержание грибковой флоры в воздухе «здоровых» помещений.

Грибковое загрязнение в жилых помещениях с поражёнными ограждающими конструкциями в основном представлено грибами родов *Penicillium* (93,1% проб), *Aspergillus* (75,8% проб), *Cladosporium* (31% проб) и *Rizopus* (11,5% проб), а в помещениях офисных зданий – грибами родов *Penicillium* (91% проб), *Aspergillus* (83% проб) и *Cladosporium* (40,5% проб).

В результате проведённых исследований установлено, что основной причиной грибкового загрязнения воздуха помещений жилых и общественных зданий являются поражённые микроскопическими грибами ограждающие конструкции (пол, стены, потолок).

Установлена прямая зависимость концентрации грибов в воздухе помещений от площади поражения ограждающих конструкций (коэффициент корреляции составил 0,85). Результаты исследования уровня содержания микроскопических грибов в воздухе помещений в зависимости от площади поражения ограждающих конструкций представлены в табл. 2. При этом чёткой зависимости уровня содержания микроскопических грибов в воздухе от глубины поражения ограждающих конструкций не выявлено.

В табл. 3 показана частота встречаемости основных причин грибкового поражения в жилых зданиях. Установлено, что основными причинами, вызывающими грибковое поражение стеновых конструкций жилых зданий, являются:

- нарушение герметичности швов и промерзание стен (частота встречаемости – 52,4% случаев от общего количества обследованных помещений);
- залив (затопление) помещений (частота встречаемости – 20,4% случаев);
- нарушение гидроизоляции крыши и фундамента (частота встречаемости – 18,9% случаев);
- нарушение технологии отделочных работ при ремонте (частота встречаемости – 8,3% случаев).

Установлено, что уровень грибкового поражения жилых помещений зависит от типа здания, материалов и технологий строительства. Наибольший процент грибкового поражения стеновых конструкций отмечался в панельных жилых домах (9–22 этажа) типовых серий (46,9% случаев) за счёт нарушения герметичности межпанельных швов и наличия открытых стыков. На втором месте находятся пятиэтажные

Таблица 2 / Table 2

Зависимость уровня содержания плесневых грибов в воздухе помещений от площади поражения ограждающих конструкций
Dependence of the content of mold fungi in indoor air on the area of damage to building envelopes

Характеристика грибкового повреждения ограждающих конструкций Characteristics of fungal damage to building envelopes	Площадь поражения стеновых конструкций, % The area of destruction of wall structures, in %	Содержание плесневых грибов в воздухе помещений, КОЕ/м³ The content of mold fungi in indoor air, CFU/m³ <i>M</i> ± <i>m</i> (диапазон концентраций / concentration range)
Отсутствие очагов поражения No fungi damage	0	120 ± 56 (90–240)
Точечные поражения на одной стене Spot lesions on one wall	< 5	850 ± 140 (590–1880)
Поражение 1–2 швов или части стены Damage to 1–2 seams or part of the wall	5	1570 ± 185 (640–3360)
Поражение 1–2 швов или ¼ части стены Damage to 1–2 seams or ¼ of the wall	10–15	2850 ± 483 (1410–9200)
Поражение 2 швов и ½ стены и более Damage of 2 seams and ½ of the wall or more	25 и более (and more)	5070 ± 535 (4260–10 500)

Таблица 3 / Table 3

Основные причины возникновения и распространения грибкового поражения жилых зданий**The main causes of the occurrence and spread of fungal damage of residential buildings**

Причина The reasons	Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, in %	Уровень загрязнения воздуха, КОЕ/м ³ Air pollution level, CFU/m ³	Поражение стеновых конструкций, КОЕ/г Damage to wall structures, CFU/g
Нарушение герметичности швов и промерзание стен Violation of the tightness of the seams and freezing of the walls	52.4	7720 ± 673	358 600 ± 3869
Залив (затопление) квартир Water leak (flooding) of flats	20.4	3660 ± 373	206 500 ± 24 115
Нарушение гидроизоляции крыши и фундамента Violation of roof and foundation waterproofing	18.9	2560 ± 205	67 300 ± 9380
Нарушение технологии отделочных работ при ремонте Violation of the technology of finishing work during repairs	8.3	2380 ± 140	70 100 ± 5174

блочные дома (21,9%) по тем же причинам, на третьем — кирпичные дома сталинской и довоенной постройки (18%) за счёт протечки крыш и нарушения герметичности подвальных помещений. В современных монолитных домах (частота грибкового поражения составляет 9,4%) основными причинами грибкового поражения являются нарушение технологии ремонтных работ и аварийные ситуации при эксплуатации бытовой техники и систем отопления.

Выявлено, что в квартирах, где причиной грибкового поражения стеновых конструкций стало нарушение герметичности швов и промерзание панелей, концентрация микроскопических грибов в воздухе была наиболее высокой и составляла в среднем от 1100 до 11 500 КОЕ/м³ и более. Так как устранение этих причин является трудоёмкой и трудно-выполнимой задачей, жители вынуждены находиться в таких условиях в течение одного года и более, что может привести к развитию аллергической патологии.

В помещениях общественных зданий наиболее частой причиной появления грибкового поражения ограждающих конструкций (55,5% случаев от числа обследованных помещений) является нарушение гидроизоляции перекрытий при строительстве или ремонте.

Обсуждение

В результате проведённых исследований, а также по отечественным и зарубежным литературным источникам установлено, что грибковое загрязнение внутренней среды помещений жилых и общественных зданий является безусловным фактором риска, оказывающим негативное влияние на здоровье людей, находящихся в этих помещениях, а также может вызывать процессы биодеструкции строительных материалов [2–5]. Лица, проживающие или работающие в домах с сыростью и наличием плесени, подвержены повышенному риску возникновения и развития болезней органов дыхания (в том числе аллергических патологий, таких как микогенная бронхиальная астма, аллергический ринит, бронхит), а также дерматитов и других патологий [7, 12–14].

При нормальном эксплуатационном режиме в помещении должны отсутствовать признаки биоповреждения микромицетами — пятна плесени на поверхностях, характерный запах плесени. Наличие поражённых грибами строительных и отделочных материалов способствует контаминации воздуха спорами и летучими метаболитами грибов, что может негативно сказаться на здоровье людей, пребывающих в таком помещении длительное время. Поэтому при появлении первых очагов грибкового поражения в помещениях или при наличии жалоб на аллергии или другие нарушения здоровья невыясненного генеза для определения источников и путей распространения плесневых грибов в ус-

ловиях жилых и общественных зданий, а также для оценки степени риска пребывания человека в данном помещении следует проводить микологическое обследование внутренней среды объектов пребывания человека и по результатам определять необходимый объём и методы биоцидной обработки. Однако, несмотря на постоянные жалобы населения, микологическая экспертиза объектов пребывания человека либо не проводится, либо проводится на недостаточном методическом уровне, что обусловлено в первую очередь отсутствием нормативно-методического документа, регламентирующего порядок, методы и необходимый объём исследований при оценке опасности грибкового загрязнения внутренней среды помещений.

Микологическую экспертизу внутренней среды помещений рекомендуется проводить в следующих случаях:

- при наличии видимых очагов предположительно грибкового поражения ограждающих конструкций здания, помещения;
- при предъявлении жителями или работниками жалоб на специфические нарушения здоровья (аллергии, респираторные инфекции и др.);
- при наличии постоянной сырости в помещении (образование конденсата на окнах, стенах и других внутренних поверхностях);
- при относительной влажности воздуха в помещениях в отопительный сезон выше 60%;
- при аварийных ситуациях, сопровождающихся поступлением большого количества воды в помещении;
- при нарушении гидроизоляции крыши, чердака, подвала здания;
- при нарушении герметичности стен, межпанельных швов, перекрытий.

При проведении микологической экспертизы решаются следующие задачи и вопросы:

- определение общего уровня содержания грибковых спор в воздухе помещений;
- являются ли видимые изменения ограждающих конструкций (пятна, разводы, плёнки, рыхлые участки поверхностей) результатом грибкового поражения;
- определение степени и глубины поражения;
- выявление скрытых участков грибкового поражения;
- определение предположительных причин и факторов, способствующих появлению и распространению грибкового загрязнения;
- выявление степени риска для здоровья при длительном нахождении в помещении с грибковым загрязнением;
- определение необходимого объёма и оптимальных методов биоцидной обработки.

Микологическое обследование помещений должно состоять из следующих этапов: 1-й — визуальное обследование, 2-й — исследование воздушной среды помещений,

3-й — исследование строительных конструкций в помещениях, 4-й — определение влажности стеновых конструкций, 5-й — определение микроклиматических параметров воздушной среды помещений, 6-й — оценка работы системы вентиляции.

Заключение

В результате проведенных исследований получены новые данные о количественном и качественном содержании микроскопических грибов в воздушной среде жилых, общественных зданий и медицинских организаций в зависимости от наличия поражения стеновых конструкций, сезона года, типа зданий, назначения помещений.

Установлено, что в воздушной среде жилых, общественных зданий и медицинских организаций постоянно циркулируют микроскопические грибы, даже при отсутствии грибкового поражения ограждающих конструкций. При этом в воздушной среде помещений жилых и общественных зданий наиболее часто встречаются грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. Особенности микобиоты воздушной среды помещений медицинских организаций является более высокое содержание в них представителей дрожжеподобных грибов рода *Candida*.

Выявлено, что основной причиной грибкового загрязнения воздуха помещений жилых и общественных зданий являются поражённые микроскопическими грибами ограждающие конструкции (пол, стены, потолок).

В жилых квартирах и в служебных помещениях общественных зданий, имеющих грибковое поражение стеновых конструкций, содержание микроскопических грибов в воздухе независимо от сезона года в десятки и сотни раз превышает содержание грибковой флоры в воздухе «здоровых» помещений и в окружающем атмосферном воздухе.

Учитывая, что микологическая экспертиза объектов пребывания человека либо не проводится, либо проводится на недостаточном методическом уровне, на основании результатов проведенной работы подготовлен проект методических рекомендаций по проведению микологических исследований воздуха помещений и строительных конструкций. Этапы обследования включают: 1) визуальное обследование; 2) исследование воздушной среды помещений (отбор проб воздуха); 3) исследование ограждающих поверхностей (отбор проб техногенных субстратов); 4) определение влажности стеновых конструкций (техногенных субстратов); 5) определение микроклиматических параметров воздушной среды помещений; 6) оценка работы системы вентиляции.

Литература

1. Кряжев Д.В. Условно-патогенные плесневые грибы в воздушной среде городских помещений (аналитический обзор). *Журнал МедиАль*. 2020; 2(2): 35–44. <https://doi.org/10.21145/2225-0026-2020-2-35-44> <https://elibrary.ru/xjmwfv>
2. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Мельникова А.И., Чуприна О.В. К вопросу распространения и гигиенического нормирования грибкового загрязнения воздушной среды жилых и общественных зданий. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(5): 98–104. <https://elibrary.ru/rkrxpr>
3. ВОЗ. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха в помещениях: сырость и плесень; 2014. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326373>
4. Кузикова И.Л., Медведева Н.Г. Оппортунистические грибы-контаминанты среды обитания человека и их потенциальная патогенность. *Экология человека*. 2021; (3): 4–14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-3-4-14> <https://elibrary.ru/qqecaf>
5. Озерская С.М., Иванушкина Н.Е., Кочкина Г.А. Микроскопические грибы в связи с проблемами биологической безопасности (обзор). *Проблемы медицинской микологии*. 2011; 13(3): 3–12. <https://elibrary.ru/ofxhbj>
6. Богомолова Е.В., Уханова О.П. Биопоражение внутренней среды жилищ потенциально аллергенными микроскопическими грибами как фактор риска для здоровья. *Российский Аллергологический Журнал*. 2013; (4): 13–7. <https://elibrary.ru/qluwsh>
7. Халдеева Е.В., Глушко Н.И., Лисовская С.А., Паршаков В.Р., Хайдарова Г.Г. Микогенная контаминация жилых помещений как фактор биологического риска. *Казанский медицинский журнал*. 2020; 101(4): 513–8. <https://doi.org/10.17816/KMJ2020-513> <https://elibrary.ru/lwhwpf>
8. Лусс Л.В. Аллергия — болезнь цивилизации: эпидемиология, факторы риска, этиология, классификация, механизмы развития. *Consilium medicum*. 2002; 4(4): 3–13.
9. Соболев А.В., Васильева Н.В. Микогенная аллергия (этиология, патогенез, клиника, диагностика, лечение и профилактика). В кн.: Федосеев Г.Б., ред. *Аллергология. Частная аллергология. Том 2*. СПб.: Нордмедиздат; 2001: 200–11.
10. Ковзель Е.Ф., Соболев А.В., Митрофанов В.С. Характер микогенной сенситизации у больных бронхиальной астмой, проживающих в Новгородской области. *Проблемы медицинской микологии*. 2003; 5(3): 17–9. <https://elibrary.ru/pcehvf>
11. Arikoglu T., Batmaz S.B., Coşkun T., Otag F., Yildirim D.D., Kuyucu S. The characteristics of indoor and outdoor fungi and their relation with allergic respiratory diseases in the southern region of Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 2016; 188(6): 380. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5371-7>
12. Крылова И.О., Баландина С.Ю., Четина О.А. Комплексный анализ плесневых микромицетов жилых казарменных помещений. *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2019; (2): 167–74. <https://doi.org/10.17072/1994-9952-2019-2-167-174> <https://elibrary.ru/nktdbx>
13. Конса К., Сийнер М. Климатологические и микробиологические исследования воздушной среды в библиотеках. В кн.: *Теория и практика сохранения памятников культуры. Сборник научных трудов № 17*. СПб.; 1995: 9–16.
14. Богомолова Е.В. Биоповреждение внутренней жилой среды плесневыми грибами как медицинская и социальная проблема. *Успехи медицинской микологии*. 2019; 20: 572–5. <https://elibrary.ru/levavr>

References

1. Kryazhev D.V. Opportunistic mold fungi in urban air environment (analytical review). *Zhurnal MediAl'*. 2020; 2(2): 35–44. <https://doi.org/10.21145/2225-0026-2020-2-35-44> <https://elibrary.ru/xjmwfv> (in Russian)
2. Gubernskiy Yu.D., Kalinina N.V., Mel'nikova A.I., Chuprina O.V. On the question of occurrence and the problem of hygiene rating of fungal air pollution of the environment of residential and public buildings. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2013; 92(5): 98–104. <https://elibrary.ru/rkrxpr> (in Russian)
3. WHO. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould; 2009. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/164348>
4. Kuzikova I.L., Medvedeva N.G. Opportunistic fungi as contaminants of human environment and their potential pathogenicity. *Ekologiya cheloveka*. 2021; (3): 4–14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-3-4-14> <https://elibrary.ru/qqecaf> (in Russian)
5. Ozerskaya S.M., Ivanushkina N.E., Kochkina G.A. Micromycetes in the connection with problems of biological safety. *Problemy meditsinskoy mikologii*. 2011; 13(3): 3–12. <https://elibrary.ru/ofxhbj> (in Russian)
6. Bogomolova E.V., Ukhanova O.P. Bioaffection of the internal environment of dwellings with potentially allergenic microscopic fungi as a risk factor for health. *Rossiyskiy Allergologicheskiy Zhurnal*. 2013; (4): 13–7. <https://elibrary.ru/qluwsh> (in Russian)
7. Khaldeeva E.V., Glushko N.I., Lisovskaya S.A., Parshakov V.R., Khaydarova G.G. Indoor fungal contamination as a biological risk factor. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2020; 101(4): 513–8. <https://doi.org/10.17816/KMJ2020-513> <https://elibrary.ru/lwhwpf> (in Russian)
8. Luss L.V. Allergy is a disease of civilization: epidemiology, risk factors, etiology, classification, mechanisms of development. *Consilium medicum*. 2002; 4(4): 3–13. (in Russian)
9. Sobolev A.V., Vasil'eva N.V. Mycogenic allergy (etiology, pathogenesis, clinic, diagnosis, treatment and prevention). In: Fedoseev G.B., ed. *Allergology. Private Allergology. Volume 2 [Allergologiya. Chastnaya allergologiya. Tom 2]*. St. Petersburg: Nordmedizdat; 2001: 200–11. (in Russian)
10. Kovzel' E.F., Sobolev A.V., Mitrofanov V.S. The peculiarities of mycogenic sensitization in the asthmatic patients residing in Novgorod region of Russia. *Problemy meditsinskoy mikologii*. 2003; 5(3): 17–9. <https://elibrary.ru/pcehvf> (in Russian)
11. Arikoglu T., Batmaz S.B., Coşkun T., Otag F., Yildirim D.D., Kuyucu S. The characteristics of indoor and outdoor fungi and their relation with allergic respiratory diseases in the southern region of Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 2016; 188(6): 380. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5371-7>
12. Krylova I.O., Balandina S.Yu., Chetina O.A. Complex analysis of mould micromycetes of inhabited barracks rooms. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya*. 2019; (2): 167–74. <https://doi.org/10.17072/1994-9952-2019-2-167-174> <https://elibrary.ru/nktdbx> (in Russian)
13. Konsa K., Sinyer M. Climatological and microbiological studies of the air environment in libraries. In: *Theory and Practice of Preserving Cultural Monuments. Collection of Scientific Papers No. 17 [Teoriya i praktika sokhraneniya pamyatnikov kul'tury. Sbornik nauchnykh trudov № 17]*. St. Petersburg; 1995: 9–16.
14. Bogomolova E.V. Biodamage of the internal living environment by mold fungi as a medical and social problem. *Uspekhi meditsinskoy mikologii*. 2019; 20: 572–5. <https://elibrary.ru/levavr> (in Russian)