

Читайте
онлайн
Read
online

Калинина Н.В., Слободян В.Г., Стародубова Н.Ю., Гапонова Е.Б., Банин И.М.

Гигиенический контроль и оценка опасности загрязнения внутренней среды помещений микроскопическими грибами

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

РЕЗЮМЕ

Введение. В статье представлены методы выявления загрязнения микроскопическими грибами воздуха и стеновых конструкций помещений с постоянным пребыванием людей для обоснования критериев и показателей оценки опасности для здоровья населения.

Материалы и методы. Проведён анализ отечественных и зарубежных научных публикаций и нормативно-методических документов в области оценки и нормирования загрязнения внутренней среды помещений микроскопическими грибами. Выполнена сравнительная оценка содержания грибковой флоры в квартирах здоровых людей и имеющих в анамнезе аллергопатологию, а также систематизированы результаты обследований населения с использованием инвазивных и неинвазивных методов.

Результаты. На основании анализа научной литературы и материалов собственных исследований выполнена оценка влияния на здоровье микроскопических грибов при различном содержании в воздухе помещений. Показано, что при концентрации плесневых грибов ниже 500 КОЕ/м³ видимого грибкового поражения и влияния на здоровье не выявлено. При наличии видимых очагов грибкового поражения более 5% общей площади стен, пола, потолка содержание микроскопических грибов в воздухе превышает 1000 КОЕ/м³, при содержании плесневых грибов в воздухе более 1500 КОЕ/м³ ранее установлено увеличение уровня специфического IgE в сыворотке крови у детей, а у аллергиков возможно обострение аллергических реакций. При содержании микроскопических грибов в воздухе более 2000 КОЕ/м³ в помещениях имеются очаги поражения более 10% площади поверхности ограждающих конструкций, отмечается достоверный рост аллергических патологий и достоверное изменение цитологических показателей слизистых оболочек рта и носа.

Ограничения исследования. На помещения животноводческих и птицеводческих комплексов, предприятий биологической промышленности результаты данного исследования не распространяются.

Заключение. Концентрация микроскопических грибов, не превышающая 500 КОЕ в 1 м³, может рассматриваться как допустимый уровень суммарного содержания в воздухе помещений с постоянным пребыванием людей. Данная концентрация соответствует содержанию грибковых спор в атмосферном воздухе, указывает на отсутствие очагов грибкового поражения стеновых конструкций, не должна вызывать аллергических реакций у здоровых лиц и согласуется с рекомендациями ВОЗ по нормированию данного фактора.

Ключевые слова: микроскопические грибы; воздух помещений; влияние на здоровье; нормирование; методика микологической экспертизы

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Калинина Н.В., Слободян В.Г., Стародубова Н.Ю., Гапонова Е.Б., Банин И.М. Гигиенический контроль и оценка опасности загрязнения внутренней среды помещений микроскопическими грибами. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(10): 1141–1148. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1141-1148>
<https://elibrary.ru/dwyumq>

Для корреспонденции: Калинина Наталья Валентиновна, e-mail: NKalinina@cspmrz.ru

Участие авторов: Калинина Н.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста; Слободян В.Г. — редактирование; Стародубова Н.Ю. — концепция и дизайн исследования; 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 её частей.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 05.07.2024 / Поступила после доработки: 07.08.2024 / Принята к печати: 02.10.2024 / Опубликовано: 19.11.2024

Natalia V. Kalinina, Vladimir G. Slobodyan, Natalya Yu. Starodubova, Elena B. Gaponova,
Ilya M. Banin

Hygienic control and assessment of the risk of contamination of the indoor environment with microscopic fungi

Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The article provides a rationale for the methods of detection, criteria, and indices for assessing the health hazard for the population from contamination of air and wall structures of premises with permanent human presence by microscopic fungi.

Materials and methods. An analysis of domestic and foreign scientific reports and regulatory and methodological documents on the issue of assessing and regulating pollution of the indoor environment by microscopic fungi was carried out. A comparative assessment of the content of fungal flora in apartments of healthy individuals and individuals with allergy pathology was carried out, as well as an analysis of the results of population surveys using invasive and non-invasive research methods.

Results. Based on the analysis of scientific literature data and own research, there was made an assessment of the impact of various levels of microscopic fungi in indoor air on the health of residents. It was shown that with a mold concentration below 500 CFU/m³, the presence of visible fungal infection was not detected, and no effect on health was established. In the presence of visible foci of fungal infection of more than 5% of the total area of the walls, floor, ceiling, the content of microscopic fungi in the air exceeds 1000 CFU/m³, in previous studies, with a mold content in the air over 1500 CFU/m³, an increase in the level of specific IgE in the blood serum in children was previously established, and in allergy sufferers, an exacerbation of allergic responses is possible. When the content of microscopic fungi in the air is above 2000 CFU/m³ in the premises, there are lesions of more than 10% of the surface area of enclosing structures, a reliable increase in allergic pathology and a reliable change in the cytological indices of the mucous membranes of the mouth and nose are noted.

Limitations. The results of this study do not apply to premises of livestock and poultry complexes, as well as biological industry enterprises.

Conclusion. The concentration of microscopic fungi in indoor air, not exceeding 500 CFU per 1 m³, can be considered as an acceptable level of their total content in the air of premises with constant occupancy. This concentration corresponds to the content of fungal spores in the atmospheric air, indicates to the absence of foci of fungal infection of wall structures, should not cause the development of allergic responses in healthy individuals and is consistent with WHO recommendations on the standardization of this factor.

Keywords: microscopic fungi; indoor air; impact on health; rationing; mycological examination technique

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Kalinina N.V., Slobodyan V.G., Starodubova N.Yu., Gaponova E.B., Banin I.M. Hygienic control and assessment of the risk of contamination of the indoor environment with microscopic fungi. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2024; 103(10): 1141–1148. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1141-1148> <https://elibrary.ru/dwyumq> (In Russ.)

For correspondence: Natalia V. Kalinina, e-mail: NKalinina@cspn.ru

Contributions: Kalinina N.V. — concept and design of the study; data collection and processing, text writing; Slobodyan V.G. — editing; Starodubova N. Yu. — concept and design of the study; 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: July 5, 2024 / Revised: August 7, 2024 / Accepted: October 2, 2024 / Published: November 19, 2024

Введение

Известно, что микроскопические плесневые грибы, одни из основных биологических факторов внутренней среды помещений, не только вызывают биодеструкцию строительных и отделочных материалов, но и становятся причиной возникновения и развития бытовой аллергической патологии, преимущественно респираторного характера [1–4].

В последнее десятилетие число работ, посвящённых изучению и оценке влияния микологического загрязнения внутренней среды помещений на состояние здоровья населения, существенно увеличилось. Исследован качественно-количественный состав микроскопических грибов в атмосферном воздухе, во внутренней среде помещений с учётом степени поражения стеновых конструкций, сезона года, типа зданий, назначения помещений [5–8]. В работах [4, 6] установлены причины и факторы, влияющие на распространение грибкового поражения помещений жилых и общественных зданий. Проведены исследования влияния уровня грибкового загрязнения на показатели иммунного статуса и частоту возникновения аллергических патологий [1, 9].

Загрязнение внутренней среды помещений микроскопическими грибами и сегодня остаётся одной из наиболее частых причин жалоб людей на плохие условия проживания и ухудшение в связи с этим состояния здоровья. Однако алгоритм оценки грибковой контаминации закрытых помещений и определения влияния этого фактора на здоровье человека разработан не в полной мере.

Прежде всего отсутствуют общепринятые гигиенические нормативы (регламенты) содержания плесневых грибов в воздушной среде помещений с учётом длительного пребывания в этих помещениях как здоровых лиц, так и лиц с предрасположенностью к аллергии. Не существует и унифицированной методики исследования микробиоты жилой среды, что позволяет предположить получение недостоверных данных и искажение конечных результатов исследований. Поэтому необходимо стандартизировать и систематизировать все имеющиеся сведения и выработать единую для всех гигиенистов систему отбора материала.

Основная цель работы — научное обоснование и внедрение в практику методов выявления, гигиенического контроля, критериев и показателей оценки опасности для здоровья населения загрязнения микроскопическими грибами воздушной среды и ограждающих конструкций помещений жилых и общественных зданий.

Материалы и методы

Для выполнения поставленной цели проведён анализ научных публикаций и нормативно-методических документов в нашей стране и за рубежом (представленных в базах данных Scopus, РИНЦ и др.) в области оценки и нормирования

загрязнения внутренней среды помещений микроскопическими грибами. Изучено влияние микроскопических грибов на здоровье населения в зависимости от их содержания в воздухе помещений и наличия поражения ограждающих конструкций.

В статье использованы результаты выполненных авторами на протяжении последнего десятилетия микологических обследований 142 жилых квартир, 57 помещений офисных зданий и 87 помещений медицинских стационаров различного профиля.

Для комплексной гигиенической оценки внутренней среды помещений проводили микологическое обследование (визуальная оценка наличия очагов грибкового поражения, определение количества микроскопических грибов в воздухе, соскобах и смывах с мест, подозрительных на наличие грибкового поражения), замеры микроклиматических параметров воздуха, влажности ограждающих конструкций и оценивали работу системы вентиляции.

Влияние различных уровней грибкового загрязнения на здоровье человека устанавливали на основании ретроспективного анализа результатов проведённых ранее обследований населения с использованием инвазивных и неинвазивных методов — определение уровня специфического IgE в сыворотке крови и цитологических показателей состояния слизистых оболочек полости рта и носа у детей разного возраста и взрослых, проживающих в квартирах с грибковым поражением и в квартирах без грибкового поражения [4, 9].

Результаты

В НИИ ЭЧиГОС им. А.Н. Сысина на протяжении более 30 лет проводятся исследования по выявлению грибкового загрязнения внутренней среды помещений и оценке его влияния на здоровье населения. Основные результаты отражены в работах [4, 6, 9, 10].

Влияние грибковой микрофлоры воздуха помещений на здоровье человека в наших исследованиях подтверждено результатами сравнительной оценки уровней грибкового загрязнения жилой среды у здоровых лиц и лиц с аллергопатологией. В квартирах аллергиков концентрация микроскопических грибов в воздухе была почти в семь раз выше, чем в квартирах здоровых лиц, в образцах строительных и отделочных материалов содержание микроскопических грибов также было статистически достоверно выше, чем в квартирах здоровых людей. Следует отметить, что при содержании грибковых спор в воздухе квартир не более 500 КОЕ/м³ у проживающих не выявлено диагностически подтверждённых аллергических патологий.

В работе О.В. Чуприной [9] показано, что количество аэрогенных спор плесневых грибов в квартирах влияет на уровень специфического IgE в сыворотке крови обследованных

Таблица 1 / Table 1

Результаты анализа научной литературы и нормативно-методических документов в области нормирования и оценки грибкового загрязнения воздушной среды закрытых помещений

Results of the analysis of scientific literature and normative and methodological documents in area of the regulation and assessment of fungal contamination of indoor air environment

Предложения по нормам содержания грибов в воздухе помещений Proposals for standards for norm of fungi content in the premises air		Страна, источник Country, source
500 КОЕ/м³ CFU/m³	Условно допустимое содержание микроскопических грибов в воздухе жилых помещений Conditionally permissible content of microscopic fungi in the air of residential premises	Всемирная организация здравоохранения. Отчёт Европейского регионального бюро ВОЗ 1990, 2009 и 2017 [11–13] WHO, WHO Regional Office for Europe report 1990, 2009 and 2017 [11–13]
150 КОЕ/м³ CFU/m³	Допустимый уровень для грибов родов <i>Cladosporium</i> и <i>Alternaria</i> The permissible level for genera <i>Cladosporium</i> and <i>Alternaria</i> fungi	Канада. Руководство по качеству воздуха закрытых помещений 2015 [14] Canada; 2015 Indoor Air Quality Guidelines [14]
500 КОЕ/м³ CFU/m³	Допустимый уровень с учётом содержания грибов других родов An acceptable level taking into account the content of other genera of fungi	
200 КОЕ/м³ CFU/m³	Ориентировочно допустимый уровень для региона Фландрия Approximately acceptable level for the Flanders region	Бельгия. Качество внутреннего воздуха помещений, отчёт 2017 [15] Belgium; Indoor air quality, report 2017 [15]
500 КОЕ/м³ CFU/m³	Для Брюссельского региона For the Brussels region	
800 КОЕ/м³ CFU/m³	Максимальный допустимый уровень содержания плесневых грибов в воздухе жилых помещений при отсутствии видимых очагов поражения The maximum permissible level of mold fungi in the air of residential premises, in the absence of visible lesions	Белоруссия. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 109 от 13.10.2016 г. Republic of Belarus; Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus No. 109 of October 13, 2016
Критерии грибкового загрязнения помещений: Criteria for fungal contamination of premises:		Россия. Северо-Западный медицинский университет им. И.И. Мечникова; Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья; НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина. 2019 [17] Russia; Northwestern Medical University. I.I. Mechnikov; Northwestern Center of Hygiene, Research Institute of Medical Mycology named after P.N. Kashkina. 2019 [17]
500 КОЕ/м³ CFU/m³	В воздухе для всех микрогрибов In the air for all microfungi	
100 КОЕ/м³ CFU/m³	Для токсигенных грибов III группы патогенности For toxigenic fungi of the III pathogenicity group	
1000 КОЕ/дм² CFU/dm²	Присутствие в смыве Presence in the flush	

детей. При этом установлено, что при повышении средних уровней общей грибковой обсеменённости до 1500 КОЕ/м³ наблюдалось достоверное увеличение содержания специфического IgE в сыворотке крови в 1,8 раза.

Цитологические показатели слизистых оболочек полости носа и рта [4] подтвердили, что ингаляционное действие грибковых спор в концентрациях свыше 2000 КОЕ/м³ приводит к достоверному увеличению по сравнению с контролем числа лейкоцитов (40 и 76%) и эозинофилов (24 и 20%).

В то же время оценка влияния грибковой контаминации закрытых помещений на здоровье человека имеет некоторые недостаточно проработанные аспекты. Одним из основных вопросов при гигиенической оценке грибкового фактора остаётся допустимое содержание микроскопических грибов в воздухе помещений жилых и общественных зданий. Проблема нормирования плесневых грибов заключается в отсутствии пороговых значений аэрогенных концентраций по показателям здоровья человека. Другой составляющей этой проблемы является постоянное присутствие разнообразных родов плесневых грибов в атмосферном воздухе и в воздушной среде помещений. Поэтому для обоснования допустимого уровня содержания микроскопических грибов в воздушной среде помещений, превышение которого требует принятия корректирующих решений, поиска и удаления источников грибкового загрязнения, авторы руководствовались данными, полученными в результате:

- анализа существующих нормативно-методических документов, в том числе отечественных и зарубежных данных о регламентировании содержания микроскопических грибов в воздухе помещений;
- сравнительной оценки содержания плесневых грибов в воздушной среде помещений без грибкового поражения, с очагами грибкового поражения стеновых конструкций и в окружающем атмосферном воздухе;

- анализа влияния различных концентраций микроскопических грибов в воздухе помещений на развитие аллергической патологии у населения;
- сравнительной оценки уровней грибкового загрязнения жилой среды у здоровых лиц и лиц с аллергопатологией;
- оценки влияния грибкового загрязнения жилой среды на организм человека с помощью инвазивных и неинвазивных методов исследований.

В табл. 1 представлены результаты анализа научной литературы и нормативно-методических документов в области нормирования и оценки грибкового загрязнения закрытых помещений. Как видно из представленных данных, авторы при оценке степени грибкового загрязнения воздуха в жилых помещениях в большинстве случаев используют величину, предлагаемую ВОЗ, — 500 КОЕ/м³. Впервые этот уровень был предложен как допустимый в региональном отчёте ВОЗ в 1990 г. [11]. В региональных отчётах ВОЗ в 2009 и 2017 гг. эта величина подтверждена как допустимый уровень содержания микроскопических грибов в воздухе помещений.

Канадские учёные приемлемым загрязнением предлагают считать 150 КОЕ/м³ для грибов рода *Cladosporium* и *Alternaria* и 500 КОЕ/м³ с учётом содержания других грибов [14].

В Бельгии имеются отдельные требования для разных территорий. Во Фландрии допускается не более 200 КОЕ/м³, в Брюссельском регионе — не более 500 КОЕ/м³, в Валлонии поражение плесенью более 1 м² стены в жилом помещении считается опасным для здоровья [15].

Анализ данных о нормировании грибкового загрязнения показал, что в странах ближнего зарубежья гигиенический норматив содержания микроскопических грибов установлен только в Республике Беларусь. Согласно постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 109 от 13.10.2016 г., максимальный допустимый уровень содержания плесневых грибов в воздухе жилых помещений при

Таблица 2 / Table 2

Содержание микроскопических грибов в атмосферном воздухе и воздушной среде помещений жилых и общественных зданий

Content of microscopic fungi in the atmospheric air and the air environment of residential and public buildings

Объект исследования Object of study		Количество объектов исследования Number of research objects	Диапазон концентраций грибковых спор в воздухе, КОЕ/м³ Range of concentrations of fungal spores in the air, CFU/m³
Атмосферный воздух / Ambient air		38	20–350
Жилые квартиры Living flats	Без грибкового поражения / Without fungal damage	53	0–250
	С грибковым поражением / With fungal damage	89	590–11 500
Офисные здания Office buildings	Без грибкового поражения / Without fungal damage	30	0–150
	С грибковым поражением / With fungal damage	27	950–9700
Медицинские организации стационарного типа Medical institutions of a stationary type	Лечебные палаты / Hospital rooms	29	20–360
	Оперблокуи, перевязочные / Operblocks, dressing rooms	19	10–70
	Диагностические кабинеты / Diagnostic rooms	27	20–310
	Кабинеты физиотерапии / Physiotherapy rooms	12	70–460

отсутствии видимых очагов грибкового поражения внутренних поверхностей не должен превышать 800 КОЕ/м³. При этом количество грибов в воздухе помещений определяется как среднее из трёх последовательных исследований, проводимых с интервалом не менее 30 календарных дней. Норматив разработан на основе данных [16], подтверждающих, что при концентрации плесневых грибов более 800 КОЕ/м³ в воздухе помещений без видимого грибкового поражения возрастает опасность обострения аллергических реакций на аллергены жилища и сенсибилизации.

В отечественной практике вопросами гигиенического нормирования занимаются специалисты Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья, Медицинского университета им. И.М. Мечникова и НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина, которые предлагают следующие критерии отсутствия грибкового загрязнения помещений:

- отсутствие визуальных признаков биоповреждения;
- присутствие не более 1000 КОЕ/дм² грибов на поверхностях строительных конструкций;
- суммарное присутствие грибов в воздухе не более 500 КОЕ/м³;
- присутствие в воздухе токсигенных грибов III группы патогенности не более 100 КОЕ/м³ [17, 18].

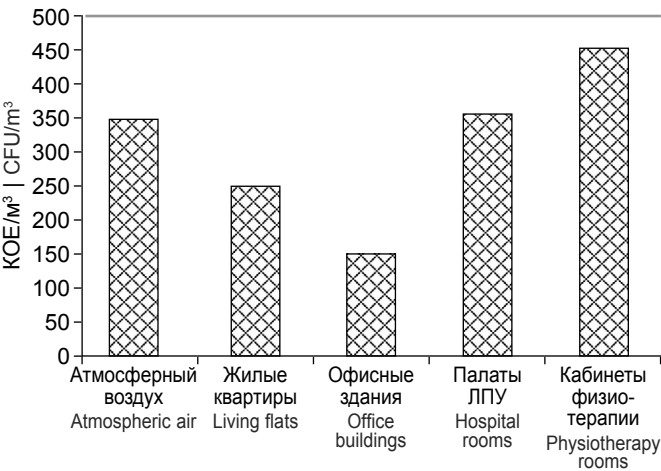


Рис. 1. Максимальные концентрации микромицетов в воздухе помещений без грибкового поражения.

Fig. 1. Maximum concentrations of micromycetes in indoor air without fungal damage.

В России в настоящее время разработаны и действуют только нормы содержания микромицетов в воздухе рабочей зоны на предприятиях микробиологической промышленности (СанПиН 1.2.3685–21)¹ и в помещениях аптек (МУ 3182–84)².

Таким образом, несмотря на актуальность проблемы гигиенической оценки микологического загрязнения внутренней среды помещений и его влияния на здоровье населения, в России нет официально утверждённого норматива содержания микроскопических грибов в воздухе помещений жилых и общественных зданий.

Результаты сравнительной оценки содержания плесневых грибов в воздушной среде помещений без грибкового поражения, с очагами грибкового поражения стеновых конструкций и наличием плесневых грибов в окружающем атмосферном воздухе представлены в табл. 2.

На рис. 1 показаны максимальные концентрации микроскопических грибов, регистрируемые в помещениях без очагов грибкового поражения.

Как видно из представленных данных, ни в одном из обследованных помещений любого назначения, не имеющих очагов грибкового поражения стен, уровень содержания микроскопических грибов в воздухе не превышал 500 КОЕ/м³. В окружающем обследованные здания атмосферном воздухе максимальная концентрация микроскопических грибов регистрировалась на уровне 350 КОЕ/м³.

В то же время в жилых квартирах и в служебных помещениях общественных зданий, имеющих грибковое поражение стеновых конструкций, содержание плесневых грибов в воздухе в десятки и сотни раз превышало содержание грибковой флоры в воздухе «здоровых» помещений. На рис. 2 представлены результаты исследования содержания плесневых грибов в воздухе помещений при разной площади поражения ограждающих конструкций. Установлено, что в помещениях, имеющих даже точечные очаги грибкового поражения на одной стене, уровень содержания грибковых спор в воздухе превышал 500 КОЕ/м³.

Таким образом, результаты проведённых сравнительных микологических исследований в «здоровых» помещениях и имеющих очаги грибкового поражения стеновых конструкций показали, что уровень грибкового загрязнения воздуха, не превышающий 500 КОЕ/м³, может быть рекомендован как показатель наличия очагов грибкового поражения стеновых конструкций.

¹ СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 2 от 28 января 2021 г.

² МУ 3182–84 Методические указания по микробиологическому контролю в аптеках. М.: Минздрав СССР. 1984, с 15.

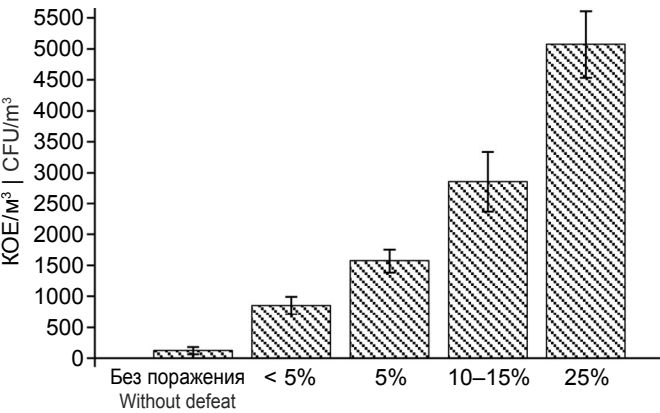


Рис. 2. Концентрация микроскопических грибов в воздухе помещений при разной площади поражения ограждающих конструкций.
Fig. 2. Concentration of microscopic fungi in indoor air with different areas of damage to enclosing structures.

В результате проведённых микологических исследований удалось выявить влияние на здоровье проживающих различных уровней грибкового загрязнения внутренней среды помещений с постоянным пребыванием людей при условии длительности воздействия более года (табл. 3). Установлено, что при содержании микроскопических грибов в воздухе помещений до 500 КОЕ/м³ отсутствуют очаги грибкового поражения и негативное влияние на здоровье.

При загрязнении воздуха помещений на уровне от 500 до 1000 КОЕ/м³ отмечаются точечные очаги поражения стеновых конструкций (не более 5% от общей площади стен), при этом негативного влияния на состояние здоровья не выявлено.

При содержании плесневых грибов в воздухе более 1500 КОЕ/м³ отмечается рост уровня специфического IgE в сыворотке крови у детей, а у аллергиков возможно обострение аллергических реакций. При этом площадь очагов поражения ограждающих конструкций превышает 5% общей площади стен, пола, потолка.

В помещениях с уровнем грибкового загрязнения воздуха свыше 2000 КОЕ/м³ имеются очаги поражения более 10% площади поверхности ограждающих конструкций и отмечается достоверное увеличение у проживающих распространения аллергической патологии и достоверное изменение цитологических показателей слизистых оболочек рта и носа.

Таким образом, результаты аналитических исследований показали, что концентрация плесневых грибов, не превышающая 500 КОЕ в 1 м³, может рассматриваться как допустимый уровень их суммарного содержания в воздухе помещений с постоянным пребыванием людей. Данная концентрация соответствует содержанию микроскопических грибов в атмосферном воздухе, указывает на отсутствие очагов грибкового поражения стеновых конструкций, не должна вызывать развития аллергических реакций у здоровых лиц и согласуется с рекомендациями ВОЗ по нормированию данного фактора.

Исключение составляют производственные помещения предприятий биологической промышленности, где плесневые грибы используются как продуценты для антибактериальных препаратов, а также производственные помещения животноводческих и птицеводческих комплексов и помещения, требующие особой чистоты воздуха (оперблоки, перевязочные, процедурные и др.).

Основным практическим результатом проведённых исследований стал проект методических рекомендаций, регламентирующих порядок микологического обследования помещений при наличии жалоб населения на возможное грибковое загрязнение помещений жилых и общественных зданий.

В соответствии с методическими рекомендациями, при микологическом обследовании помещений наряду с визуальным обследованием определяют содержание грибковой флоры в воздухе, строительных и отделочных материалах. Дополнительно для оценки факторов, влияющих на развитие грибковой флоры, проводят замеры влажности стеновых конструкций, микроклиматических параметров воздушной среды помещений и оценивают работу системы вентиляции.

При визуальном обследовании проводят тщательный осмотр помещений с целью выявления видимого роста плесневых грибов на поверхностях строительных и отделочных материалов, в том числе в подвалах и на чердаках, если обследуемые помещения расположены на первом и последнем этажах здания. Учитывается история строительства и эксплуатации здания (ремонт, реконструкция, нарушение тепло- и гидроизоляции здания, недавние и старые протечки, наводнения, тушение пожаров и т. д.). При осмотре выявляют видимые очаги разрастания плесени. Отмечают на плане помещения точки отбора проб для микологического анализа. Отбор проб воздуха в жилых зданиях проводится во всех помещениях квартир при наличии подозрения на поражение микроскопическими грибами стеновых конструкций или при предъявлении жителями жалоб на симптомы аллергии.

Таблица 3 / Table 3

Оценка влияния на здоровье грибкового загрязнения воздуха и стен в помещениях
Assessment of the impact of fungal pollution of indoor air and walls in premises

Содержание плесневых грибов в воздухе помещений, КОЕ/м³ Fungal pollution of indoor air CFU/m³	Наличие очагов поражения и оценка влияния на здоровье Presence of lesions and assessment of impact on health status
До 500 / Up to 500	Очаги грибкового поражения отсутствуют. Влияние на здоровье не установлено There are no foci of fungal damage. The effect on health status has not been established
До 1000 / Up to 1,000	Наличие точечных очагов поражения стеновых конструкций (менее 5% общей площади стен). Влияние на здоровье не установлено Presence of point lesions in wall structures, less than 5% of the total wall area. The effect on health status has not been established
1500	Очаги поражения более 5% площади поверхности ограждающих конструкций. Достоверное увеличение уровня специфического IgE в сыворотке крови у детей. Опасность обострения аллергических реакций у аллергиков [4, 9] The lesions are more than 5% of the surface area of the enclosing structures. A significant increase in the level of specific IgE in blood serum in children. The danger of exacerbation of allergic responses in allergy sufferers [4, 9]
2000	Очаги поражения более 10% площади поверхности ограждающих конструкций. Достоверное увеличение распространения аллергической патологии. Достоверное изменение цитологических показателей слизистых оболочек рта и носа [4] The lesions cover more than 10% of the surface area of the enclosing structures. Significant increase in allergic pathology. Significant changes in cytological indices of the mucous membranes of the mouth and nose [4]

Для установления причин загрязнения микроскопическими грибами в квартирах, расположенных на первых этажах, следует дополнительно отбирать пробы воздуха в подвале, а в квартирах последних этажей — на чердаке.

В общественных и производственных зданиях дополнительно необходимо отобрать пробы воздуха, поступающего из доводчиков приточной вентиляции.

Пробы воздуха отбирают на уровне зоны дыхания человека не менее чем в двух точках в каждом помещении. Отбор проб воздуха для определения общего количества микроскопических грибов должен проводиться аспирационным методом на чашки Петри с агаризированной питательной средой, селективной для грибов. Пробы выращивают методом культивирования. Идентификацию выросших колоний проводят по морфологическим признакам путём оценки макроскопических (текстура, размер, цвет колонии) и микроскопических (тип спороношения, формы спор, наличие плодовых тел, почкования и др.) особенностей микромицетов с использованием атласов и определителей грибов.

Для определения наличия и степени грибкового поражения пробы (соскобы) строительных и отделочных материалов отбирают на различной глубине, послужив для определения глубины поражения. Пробы отбирают как из мест с видимыми биоповреждениями, так и из мест без видимых биоповреждений (для сравнения).

В лабораторных условиях отобранные образцы растирают в стерильной ступке и взвешивают 1 г полученного порошка. Готовят суспензию соскоба из расчёта 1 г образца на 9 мл стерильной дистиллированной воды или физиологического раствора. На основе исходной суспензии готовят серию разведений. Число этапов разбавления и коэффициенты разбавления подбирают в соответствии с ожидаемым содержанием спор плесневых грибов в материале. Засевают газон 0,1 мл исходной суспензии и разведений на поверхность плотной питательной среды, используя стерильный шпатель. После инкубации подсчитывают выросшие на чашке колонии и проводят идентификацию грибов. Подсчёт следует производить только на чашках Петри с выросшими изолированными колониями. Результат выражают в колониеобразующих единицах (КОЕ) в 1 г исследуемого материала с учётом степени разведения суспензии субстрата.

По результатам проведённой микологической экспертизы решается вопрос о необходимости и объёме мероприятий по устранению грибкового загрязнения в обследованных помещениях.

Выявление подтверждённого лабораторными исследованиями содержания грибов в воздухе помещений в концентрации, превышающей 500 КОЕ/м³, и очагов грибковой биодеструкции строительных материалов и конструкций внутри помещений указывает на необходимость мер по элиминации микромицетов из контаминированного ими здания.

При отсутствии видимых очагов биоповреждения в помещении и повышенном содержании микроскопических грибов в воздухе (свыше 500 КОЕ/м³) необходимо провести дополнительный поиск источника их поступления в воздух.

По результатам микологической экспертизы должно быть установлено, соответствует ли уровень содержания микроскопических грибов в воздухе обследованных помещений рекомендуемому критерию и являются ли видимые изменения ограждающих конструкций (пятна, разводы, плёнки, рыхлые участки поверхностей) результатом грибкового поражения.

Обсуждение

Многочисленными исследованиями, проведёнными как в нашей стране, так и за рубежом, доказано, что грибковое загрязнение воздушной среды помещений является безусловным негативным фактором, оказывающим влияние на здоровье населения. Установлено, что у лиц, проживающих или работающих в помещениях, грибковая загрязнённость

воздуха в которых имеет постоянный характер и превышает предел естественного содержания микроскопических грибов в окружающем воздухе, увеличивается риск возникновения и развития респираторных аллергических патологий, в том числе микогенной бронхиальной астмы [1, 4, 16, 19].

Несмотря на постоянные жалобы населения на нарушение условий проживания и ухудшение состояния здоровья в связи с грибковым загрязнением внутренней среды помещений, санитарно-эпидемиологический контроль органами Роспотребнадзора в таких помещениях не проводится. Основная причина заключается в отсутствии документа, регламентирующего порядок проведения микологического обследования помещений, и официально действующего регламента содержания микроскопических грибов в воздушной среде помещений жилых и общественных зданий.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций показал, что основными проблемами разработки гигиенических нормативов плесневых грибов в воздухе помещений являются постоянное присутствие разнообразных родов плесневых грибов в атмосферном воздухе и в воздушной среде помещений и невозможность установить пороговые значения аэрогенного грибкового загрязнения по показателям состояния здоровья. Кроме того, содержание микроскопических грибов в воздухе помещений может быть весьма нестабильно и зависеть от сезона года, микроклимата, назначения и эксплуатации помещений. Необходимо также учитывать индивидуальную чувствительность пациентов к действию микогенных аллергенов, особенно у лиц с atopическими расстройствами.

Особенно важно проведение гигиенической экспертизы для установления микогенного загрязнения в многоквартирных домах, где грибковое поражение стеновых конструкций вызвано нарушением герметичности и промерзанием стен и строительных швов, постоянной протечкой крыш, затоплением подвалов. Нередко люди вынуждены проживать в таких условиях длительное время, что может привести к развитию тяжёлой аллергической патологии, особенно у детей. Жители зачастую не могут самостоятельно провести ремонтные работы, а управляющие компании требуют гигиенического заключения органов Роспотребнадзора, подтверждающего наличие грибкового поражения. Однако Роспотребнадзор не проводит оценку микологического загрязнения помещений из-за отсутствия необходимых нормативно-методических документов.

По информации [17, 18], специалисты Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья, Медицинского университета им. И.М. Мечникова и НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина разработали проект методических рекомендаций по гигиенической оценке процесса биоповреждения жилых и общественных зданий. Однако в открытой печати найти его не удалось.

Отдельные технические вопросы обнаружения и подсчёта плесневых грибов отражены в действующих стандартах ИСО (ГОСТ Р ИСО 16000–17–2012, ГОСТ Р ИСО 16000–18–2013, ГОСТ Р ИСО 16000–19–2014, ГОСТ ИСО 16000–20–2017, ГОСТ ИСО 16000–21–2016). Однако в перечисленных документах, несмотря на их объём, отсутствуют чёткие указания, в каких случаях следует проводить микологическую экспертизу, когда, где и сколько необходимо отбирать проб воздуха, материалов для исследования и, главное, как гигиенически оценивать полученные результаты.

Разработанный нами проект методических рекомендаций по проведению экспертизы микологического загрязнения воздушной среды и строительных конструкций в помещениях жилых и общественных зданий позволяет оперативно решить вопрос о наличии и опасности грибкового загрязнения внутренней среды помещений. В качестве критерия для определения необходимости и объёма корректирующих мероприятий предлагается использовать суммарное содержание плесневых грибов в воздухе помещений, не превышающее 500 КОЕ/м³.

Заключение

В результате проведенных исследований выполнена оценка влияния различных уровней грибкового загрязнения внутренней среды помещений на здоровье проживающих в них людей.

Установлено, что при уровне грибкового загрязнения воздушной среды помещений до 500 КОЕ/м³ отсутствуют очаги грибкового поражения ограждающих конструкций и негативное влияние на здоровье. При загрязнении воздуха помещений на уровне от 500 до 1000 КОЕ/м³ отмечаются точечные очаги поражения стеновых конструкций, площадь которых не превышает 5% общей площади стен, при этом негативное влияние на состояние здоровья не установлено. При концентрации 1500 КОЕ/м³ обнаруживается достоверное увеличение уровня специфического IgE в сыворотке крови у детей. В помещениях с уровнем грибкового загрязнения

воздуха свыше 2000 КОЕ/м³ имеются очаги поражения более 10% площади поверхности ограждающих конструкций, отмечается достоверное увеличение аллергической патологии у жителей и достоверное изменение цитологических показателей слизистых оболочек рта и носа.

Авторами разработан проект методических рекомендаций, регламентирующих порядок микологического обследования помещений. Концентрация плесневых грибов, не превышающая 500 КОЕ в 1 м³, рекомендована в качестве критерия для проведения корректирующих мероприятий по поиску и устранению грибкового загрязнения. Данная концентрация соответствует содержанию грибковых спор в атмосферном воздухе, указывает на отсутствие очагов грибкового поражения стеновых конструкций и не должна вызывать развития аллергических реакций у здоровых лиц, согласуется с рекомендациями ВОЗ по нормированию данного фактора.

Литература

(п.п. 11–15 см. References)

1. 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>
2. 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>
3. Кряжев Д.В. Условно-патогенные плесневые грибы в воздушной среде городских помещений (аналитический обзор). *Журнал МедиАль*. 2020; (2): 35–44. <https://doi.org/10.21145/2225-0026-2020-2-35-44> <https://elibrary.ru/xjmwfv>
4. Губернский Ю.Д., Беляева Н.Н., 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/rkxgpr>
5. 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>
6. Калинина Н.В., Загайнова А.В., Юдин С.М., Гапонова Е.Б., Банин И.М. Гигиеническая оценка микологической обсемененности внутренней среды помещений жилых и общественных зданий. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(7): 632–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638> <https://elibrary.ru/wdfkbp>
7. Чарушина И.П. Сравнительный анализ микобиоты стационаров различного профиля. *Проблемы медицинской микологии*. 2015; 17(1): 47–51. <https://elibrary.ru/rnxiyp>
8. Черныш Е.О., Романенко Л.И., Березовчук С.П., Олийник З.А. Гигиеническая оценка микологического загрязнения воздуха жилых и общественных помещений. В кн.: *Сборник материалов юбилейной научно-практической конференции с международным участием «Современные аспекты здоровьесбережения»*. Минск; 2019: 760–5. <https://elibrary.ru/jvbmah>
9. Чуприна О.В., Губернский Ю.Д., Мельникова А.И., Беляева Н.Н. Эколого-гигиеническая оценка микологической обсемененности жилой среды. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(1): 66–8. <https://elibrary.ru/hstbep>
10. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Мельникова А.И. Эколого-гигиеническая оценка влияния факторов внутрижилищной среды на аллергизацию населения. *Гигиена и санитария*. 1998; 77(4): 50–4.
11. Гриценко Т.Д., Дудчик Н.В., Ганькин А.Н., Просвирыкова И.А., Пшегорода А.Е. Оценка микогенной нагрузки внутренней среды помещений. В кн.: *Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века. Материалы 18-й международной научной конференции*. Минск; 2018: 32–3. <https://elibrary.ru/xvhtud>
12. Еремин Г.Б., Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Мозжухина Н.А., Фролова Н.М., Борисова Д.С. и др. *Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности условий проживания*. СПб.: Наука; 2020. <https://elibrary.ru/lnvvft>
13. Горбанев С.А., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б. Проблемы нормирования биологического фактора в жилой среде. *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2018; 13(2): 737–44. <https://elibrary.ru/ytuktz>
14. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха в помещениях: сырость и плесень. Европейское региональное бюро; 2014.

References

1. Bogomolova E.V., Ukanova O.P. Bioaffection of the internal environment of dwellings with potentially allergenic microscopic fungi as a risk factor for health. *Rossiiskii Allergologicheskii Zhurnal*. 2013; (4): 13–7. <https://elibrary.ru/qluwsh> (in Russian)
2. Khaldeeva E.V., Glushko N.I., Lisovskaya S.A., Parshakov V.R., Khaidarova G.G. Indoor fungal contamination as a biological risk factor. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*. 2020; 101(4): 513–8. <https://doi.org/10.17816/KMJ2020-513> <https://elibrary.ru/lwhwpf> (in Russian)
3. Kryazhev D.V. Opportunistic mold fungi in urban air environment (analytical review). *Zhurnal MediAl'*. 2020; (2): 35–44. <https://doi.org/10.21145/2225-0026-2020-2-35-44> <https://elibrary.ru/xjmwfv>
4. Gubernskiy Yu.D., Belyaeva N.N., Kalinina N.V., Melnikova 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/rkxgpr> (in Russian)
5. 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)
6. Kalinina N.V., Zagaynova A.V., Yudin S.M., Gaponova E.B., Banin I.M. 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): 632–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638> <https://elibrary.ru/wdfkbp> (in Russian)
7. Charushina I.P. Comparative analysis of the mycobiota of various profile hospitals. *Problemy meditsinskoi mikologii*. 2015; 17(1): 47–51. <https://elibrary.ru/rnxiyp> (in Russian)
8. Chernysh E.O., Romanenko L.I., Berezovchu S.P., Oliynik Z.A. Hygienic assessment of mycological pollution of the air of residential and public positions. In: *Collection of Materials of the Anniversary Scientific and Practical Conference with International Participation “Modern Aspects of Health Saving” [Sbornik materialov yubileinoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Sovremennye aspekty zdorov'esberezeniya»]*. Minsk; 2019: 760–5. <https://elibrary.ru/jvbmah> (in Russian)
9. Chuprina O.V., Gubemsky Yu.D., Melnikova A.I., Betyaeva N.N. Ecological and hygienic evaluation of the rate of mycological semination in the residential area. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; 86(1): 66–8. <https://elibrary.ru/hstbep> (in Russian)
10. Gubernskiy Yu.D., Kalinina N.V., Melnikova A.I. Ecological and hygienic assessment of the influence of factors of the intracellular environment on the allergization of the population. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1998; 77(4): 50–4. (in Russian)
11. WHO. Indoor air quality: biological contaminants. Report on a WHO meeting. Copenhagen; 1990: 1–67.
12. WHO. Guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen; 2009. Available at: <https://who.int/publications/i/item/9789289041683>
13. Evolution of WHO air quality guidance: past, present and future. Copenhagen; 2017.
14. Residential Indoor Air Quality Guidelines. Available at: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/residential-indoor-air-quality-guidelines-acrolein/acrolein-en.pdf>
15. Indoor air quality in Belgium. Advisory report of the superior health council No 8794, Sept. 2017. Available at: https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/hgr_8794_advice_iaq.pdf
16. Gritsenko T., Dudchik N., Gankin A., Prosviryakova I., Pshetroda A. Evaluation of mikogeneous loading of the interior environment. In: *Sakharov*

- Readings 2018: Environmental Problems of the XXI Century. Materials of the 18th International Scientific Conference [Sakharovskie chteniya 2018 goda: ekologicheskie problemy XXI veka. Materialy 18-i mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii].* Minsk; 2018: 32–3. <https://elibrary.ru/xvhtud> (in Russian)
17. Eremin G.B., Lomtev A.Yu., Karelin A.O., Mozhukhina N.A., Frolova N.M., Borisova D.S., et al. *Ensuring Sanitary and Epidemiological Safety of Living Conditions [Obespechenie sanitarno-epidemiologicheskoi bezopasnosti uslovii prozhivaniya]*. St. Petersburg: Nauka; 2020. <https://elibrary.ru/lnvvft> (in Russian)
18. Gorbanev S.A., Mozhukhina N.A., Eremin G.B. Problems of normalization of the biological factor in the residential environment. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2018; 13(2): 737–44. <https://elibrary.ru/ytuktz> (in Russian)
19. WHO recommendations on indoor air quality: dampness and mold; 2014.

Сведения об авторах

Калинина Наталья Валентиновна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: NKalinina@cspmrz.ru

Слободян Владимир Григорьевич, канд. мед. наук, помощник генерального директора, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: vslobodyan@cspmrz.ru

Стародубова Наталья Юрьевна, канд. биол. наук, начальник сводно-аналитического отдела, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: starodubova@cspmrz.ru

Гапонова Елена Борисовна, биолог первой категории, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: EGaponova@cspmrz.ru

Банин Илья Михайлович, биолог, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: IMBanin@cspmrz.ru

Information about the authors

Natalia V. Kalinina, PhD (Medicine), Leading Researcher, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8444-9662> E-mail: NKalinina@cspmrz.ru

Vladimir G. Slobodyan, PhD (Medicine), Assistant to the General Manager, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: vslobodyan@cspmrz.ru

Natalya Yu. Starodubova, PhD (Biology), Head of the Summary and Analytical Department, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5072-204X> E-mail: starodubova@cspmrz.ru

Elena B. Gaponova, biologist of the first category, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9259-0009> E-mail: EGaponova@cspmrz.ru

Ilya M. Banin, biologist, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9467-8485> E-mail: IMBanin@cspmrz.ru