

УДК 579.26:581.543:614.71:616.248

DOI: 10.14427/jipai.2024.4.84

## Оценка сезонной динамики содержания аллергенных грибов в воздухе городской среды

Е.В. Халдеева, Е.Г. Васильева

Казанский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора, Казань

## Assessment of the seasonal dynamics of allergenic fungi in air of urban environments

E.V. Khaldeeva, E.G. Vasilyeva

Kazan research Institute of epidemiology and microbiology of Rospotrebnadzor, Kazan, Russia

### Аннотация

Проведено изучение сезонной динамики содержания аллергенных грибов в атмосферном воздухе городской среды. Изучено 240 проб, отобранных в четырёх локациях городской среды. Показано, что концентрация грибов в атмосферном воздухе характеризуется ярко выраженной сезонной динамикой, существенно снижаясь в зимний период и достигая максимальных значений в августе-сентябре. Представители рода *Penicillium* выявлены в 75,0% проб, *Alternaria* spp. – в 73,3%, *Cladosporium* spp. – в 50,0%, *Aspergillus* spp. – в 40,0%, *Fusarium* spp. – в 35,4% проб. Установлено, что частота выявления *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. и *Cladosporium* spp. во всех локациях варьируется незначительно. Отмечено, что в городских локациях с низким и умеренным уровнем озеленения концентрация *Alternaria* spp. и *Cladosporium* spp. в период с марта по сентябрь возрастает, *Aspergillus* spp. и *Fusarium* spp. незначительно колеблется, а концентрация *Penicillium* spp. снижается к осени. Подтверждена корреляция средней концентрации спор аллергенных грибов в воздухе с метеорологическими параметрами, в частности, температурой воздуха и относительной влажностью.

### Ключевые слова

Микроскопические грибы воздушной среды, аллергенные грибы, микогенная аллергия, микогенная контаминация, атмосферный воздух, микобиота воздуха.

### Введение

Микроскопические грибы вследствие повсеместного распространения в окружающей среде неизбежно присутствуют и в составе атмосферного воздуха в виде спор, фрагментов мицелия или клеток. Размеры спор грибов могут варьироваться от 1 до 30 мкм. Благодаря небольшим, по сравнению с пылью, размерам (приблизительно 1/1000), они могут оставаться в атмосфере в течение более длительного времени и переноситься ветром на большие расстояния [1-3]. Переноси-

### Summary

The study researches seasonal dynamics of the allergenic fungi in the urban environment atmospheric air. 240 samples selected in four urban environment locations were investigated, confirming seasonal concentration variations of fungi in the atmospheric air - significantly decreasing in winter and reaching maximum values in August-September. Species of *Penicillium* were detected in 75.0%, *Alternaria* spp. – in 73.3% , *Cladosporium* spp. – in 50.0%, *Aspergillus* spp. – in 40.0%, *Fusarium* spp. – in 35.4% of the samples. The frequency of detection of *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. and *Cladosporium* spp. varies insignificantly across all locations. The sampling data suggests that in urban locations with low and moderate levels of landscaping, the concentration of *Alternaria* spp. and *Cladosporium* spp. increases in the period from March to September, concentration of *Aspergillus* spp. and *Fusarium* spp. fluctuates slightly, and the concentration of *Penicillium* spp. decreases by autumn. The findings confirm the correlation of the average concentration of allergenic fungal spores in the air with meteorological parameters, in particular, air temperature and relative humidity.

### Keywords

Airborne fungi, allergenic fungi, mycogenic allergy, mycogenic contamination, atmospheric air, air mycobiota.

мые по воздуху споры грибов являются очень важными сенсibilizаторами при аллергических респираторных заболеваниях, таких как аллергический ринит, аллергическая астма и риноконъюнктивит [4-5]. В настоящее время известно около 100 аллергенов грибов [6], а аллергенные белки идентифицированы у 23 родов грибов.

В отличие от других источников аллергии, грибы очень распространены в окружающей среде, и воздействие спор, переносимых воздушно-капельным путём, практически постоянно в течение всего

года. Основное отличие от других источников, например, клещей домашней пыли или пыльцы, заключается в том, что грибы могут колонизировать организм человека и повреждать дыхательные пути, вырабатывая токсины, протеазы, ферменты и летучие органические соединения [7]. Таким образом, плесень оказывает гораздо большее влияние на иммунную систему пациентов, чем пыльца или другие источники аллергенов [7].

Частота аллергии на плесневые грибы колеблется от 6 до 24% среди населения в целом, до 44% среди атопиков и 80% среди астматиков [7-8]. Среди распространённых в нашей климатической зоне грибов наибольшая частота сенсibilизации отмечена в отношении представителей родов *Alternaria* (3,5–12,6%), *Cladosporium* (2,5%), *Penicillium* (1,5%), *Aspergillus* (2,4%) [7-9].

Грибковая аллергия приводит к обострению у очень большого числа людей, страдающих тяжёлой формой астмы. Имеющиеся заявления различных медицинских ассоциаций подтверждают, что грибы являются сенсibilизаторами и усугубляют аллергическую астму [10].

В отличие от пыльцы споры грибов и мицелиальные клетки могут вызывать не только аллергию I типа, но и большое количество других заболеваний, включая аллергические бронхолегочные микозы, аллергический синусит, пневмонит повышенной чувствительности и атопический дерматит; помимо этого, в отличие от аллергии на пыльцу грибковая аллергия часто связана с аллергической астмой [7].

Таким образом, повышение концентрации спор грибов в атмосферном воздухе способно существенно повлиять на самочувствие лиц, имеющих сенсibilизацию к плесневым грибам. При этом состав атмосферного воздуха влияет и на содержание грибов в воздухе закрытых помещений. Споры грибка попадают в здание через воздухозаборники наружного воздуха (например, системы кондиционирования воздуха, двери

и окна), а также в составе пыли и иных контаминированных грибами субстратов, в том числе сельскохозяйственной продукции [11-12]. При благоприятных условиях для роста и спорообразования грибов возникают новые источники распространения спор, что приводит к повышению уровня микогенной контаминации воздуха. Особое значение микогенная контаминация воздуха приобретает в городских условиях, где, по оценкам исследователей, распространённость аллергии выше, чем в сельской местности [13].

Содержание грибов в атмосферном воздухе зависит от сезонных и метеорологических факторов, а также хозяйственной деятельности человека [14-16].

В связи с этим представляет интерес оценить сезонную динамику концентрации аллергенных грибов в атмосферном воздухе городской среды.

### Материалы и методы

Пробы атмосферного воздуха отбирались в период с ноября 2022 по октябрь 2023 г на территории г. Казань в четырёх локациях с различным уровнем озеленения, пешеходного трафика и транспортной нагрузки (табл. 1).

Отбор проб проводили параллельно аспирационным и седиментационным методами. Использовали пробоотборник ПУ-1Б. Пробы воздуха отбирали в сухую и стабильную погоду на высоте 1,5 м от уровня грунта, с 08.00 до 12.00 ч. в пять чашек Петри: три на среду Сабуро (две аспирационным и одну – седиментационным методом) и две на сусло агар (аспираторным и седиментационным методами). Продолжительность экспозиции – 10 минут, объём пропускаемого воздуха 50-100 л в весенний, летний и осенний период, 250 л – в зимний период. Общее количество отобранных проб – 240, в том числе 144 пробы, используемых для количественного определения содержания грибов.

**Таблица 1. Характеристики локаций отбора проб атмосферного воздуха**

Локация отбора пробы	Район, особенность локации	Транспортная нагрузка, интенсивность	Пешеходный трафик, интенсивность	Уровень озеленения
А	Ново-Савиновский (торговый центр)	+++	+++	+
Б	Советский (автомагистраль с защитной полосой озеленения)	+++	+	+++
В	Вахитовский (городская улица)	++	+	++
Г	Вахитовский (парк)	+	++	+++

Чашки инкубировали в течение 5-28 суток при температуре  $(26 \pm 3)^\circ\text{C}$  [17]. Подсчёт колоний проводили на 3 и 5-7 сутки, затем выдерживали посеы до появления характерных морфологических признаков колоний.

Количество грибов в воздухе (КОЕ/м<sup>3</sup>) рассчитывали по формуле:

$$N = n \times 1000 / V,$$

где: N – концентрация грибов; n – количество КОЕ на чашке; V – объём пробы воздуха в л.

Пробы, отобранные седиментационным методом, использовали только для проведения видовой идентификации грибов. Идентификацию микроорганизмов проводили по общепринятым морфологическим и микроскопическим методам. Для идентификации использовали определители грибов, руководства по микологии [18-20].

Обработка результатов. Статистическую обработку проводили с помощью программы Microsoft Excel. Рассчитывали геометрическое среднее (GM), коэффициент корреляции (r), относительное стандартное отклонение и доверительные интервалы для генеральных выборок и отдельных массивов. Значение  $P < 0,05$  считалось статистически значимым.

### Результаты и обсуждение

В ходе исследования проб атмосферного воздуха присутствие аллергенных видов грибов было отмечено в 100% положительных проб. Представители рода *Penicillium* были выявлены в 75,0% проб, *Alternaria* spp. – в 73,3%, *Cladosporium* spp. – в 50,0%, *Aspergillus* spp. – в 40,0%, *Fusarium* spp. – в 35,4% проб.

Анализ полученных результатов показал, что концентрация грибов в атмосферном воздухе характеризуется ярко выраженной сезонной динамикой, существенно снижаясь в зимний период. При этом для разных локаций отбора проб концентрация грибов в атмосферном воздухе также заметно отличается (рис. 1).

Максимальные концентрации грибов (1600 и 1640 КОЕ/м<sup>3</sup>) отмечены в августе и сентябре в точке Б. Данная точка характеризуется высокой транспортной нагрузкой и высоким уровнем озеленения.

Анализ частоты выявления представителей различных видов в различных локациях показал, что для *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. и *Cladosporium* spp. она варьируется незначительно. В то же время для представителей *Aspergillus* spp. наблюдаются заметные различия, в зависимости от локации (рис. 2).

Количественная оценка содержания аллергенных грибов в воздухе городской среды (рис. 3)

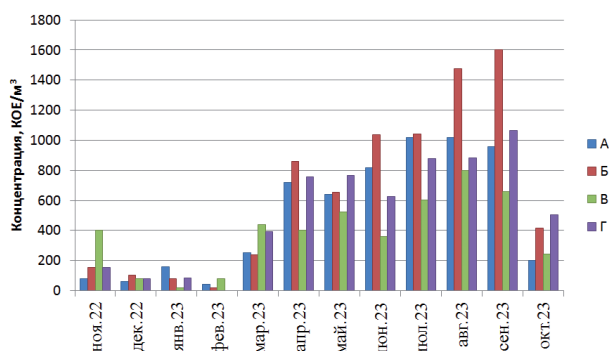


Рис. 1. Концентрация грибов (GM) в пробах атмосферного воздуха, отобранных в локациях городской среды в различные месяцы

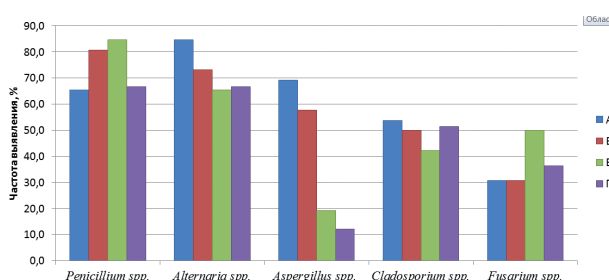


Рис. 2. Частота выявления аллергенных грибов в атмосферном воздухе различных локаций городской среды

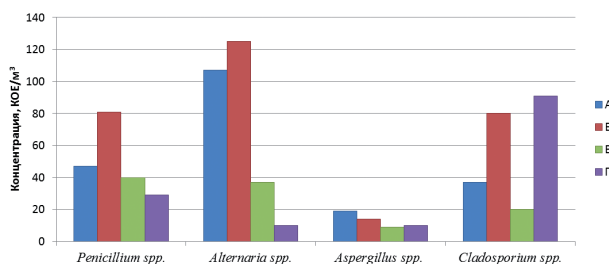
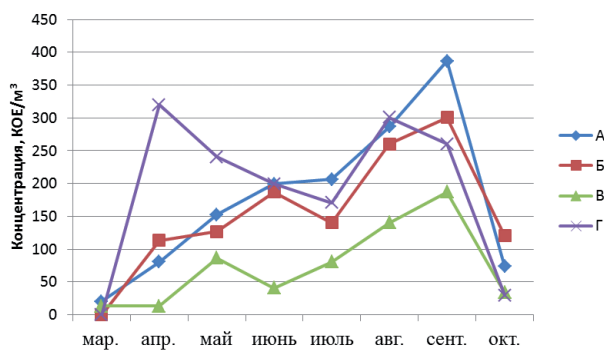


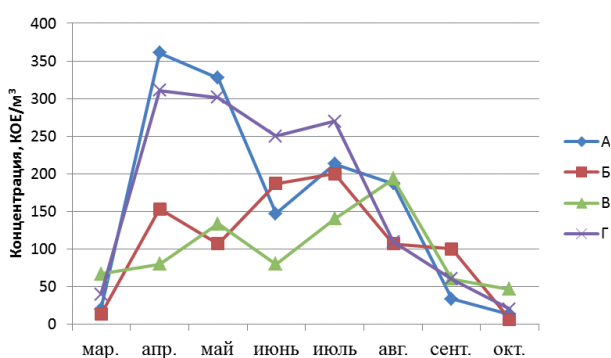
Рис. 3. Среднегодовые концентрации грибов в атмосферном воздухе в различных локациях городской среды

показала, что среднегодовые концентрации *Alternaria* spp. коррелируют с интенсивностью транспортной нагрузки, а *Cladosporium* spp. – с уровнем озеленения. В то же время концентрация *Aspergillus* spp. в различных локациях варьировала незначительно, а для *Fusarium* spp. и *Penicillium* spp. каких-либо выраженных закономерностей выявить не удалось.

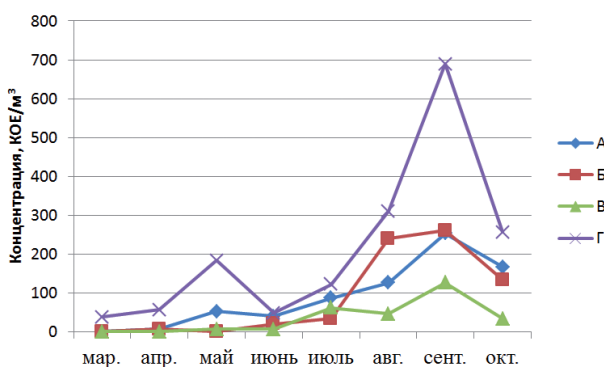
Характер изменения концентрации спор в атмосферном воздухе для отдельных родов грибов представлены на рисунках 4-8.



**Рис. 4.** Изменение концентрации *Alternaria* spp. в атмосферном воздухе локаций городской среды в различные месяцы



**Рис. 5.** Изменение концентрации *Penicillium* spp. в атмосферном воздухе локаций городской среды в различные месяцы



**Рис. 6.** Изменение концентрации *Cladosporium* spp. в атмосферном воздухе локаций городской среды в различные месяцы

Изучение сезонной динамики аллергенных грибов показало, что в городских локациях с низким и умеренным уровнем озеленения концентрация *Alternaria* spp. и *Cladosporium* spp. в период с марта по сентябрь возрастает, *Aspergillus* spp. и *Fusarium* spp. незначительно колеблется, а концентрация *Penicillium* spp. имеет тенденцию к снижению к сентябрю-октябрю. Значительное

повышение концентрации *Cladosporium* spp. в парковой зоне Г в апреле может быть обусловлено массовым проведением субботников, в результате чего в воздух попадали фрагменты прошлогодней растительности, контаминированные грибами.

Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с ранее проведёнными в регионах с похожими климатическими условиями исследованиями [21]. Так, в Северной Европе (Латвия, Дания) пиковые концентрации *Alternaria* spp. отмечали в июне-августе, в Польше – июле-августе [21-22], в Словакии – июне, августе и октябре [23], в Англии – в июле-сентябре, в Ирландии – в июне [24]. Максимальные концентрации *Cladosporium* spp. в Прибалтике регистрировали в июле-августе [21], в Ирландии – в июле [24].

В Краснодаре максимальные концентрации спор *Alternaria* spp. отмечали в июне-сентябре, *Cladosporium* spp. – в июне-августе [25]. В Перми увеличение в воздухе спор *Cladosporium* spp. отмечали летом, *Alternaria* spp. и *Penicillium* spp. – весной [26].

В Вустере (Великобритания), по данным пятилетних наблюдений [27], пик концентрации *Cladosporium* spp. приходился на август, *Alternaria* spp. – июль-сентябрь, а суммарная концентрация *Aspergillus* spp. и *Penicillium* spp. незначительно варьировалась в течение года, незначительно повышаясь в сентябре.

В регионах с более тёплым климатом и отсутствием снегового покрова [16] для *Alternaria* spp. пиковые концентрации отмечены в зонах с высоким уровнем озеленения в мае-июне и октябре, *Cladosporium* spp. – апреле-июне и октябре-ноябре, *Penicillium* spp. – в апреле-июне и октябре. В Тяньцзине (Китай) максимальные концентрации *Alternaria* spp. отмечали в мае-июне, *Cladosporium* spp. – в октябре-декабре [28]. В Бадахосе (Испания) максимальные концентрации *Alternaria* spp. регистрировались в летний и осенний период, *Aspergillus* spp. с *Penicillium* spp., а также *Cladosporium* spp. – осенью [29]. В других регионах Испании период, на который приходились пиковые концентрации *Alternaria* spp., варьировался от мая-июня [21] до октября [30], а *Cladosporium* spp. – от июня до ноября [14,21,30,31].

При этом на концентрацию спор в воздухе влияют метеорологические факторы. В разных регионах мира исследователи отмечают зачастую противоположные друг другу закономерности. Так, сопоставление результатов нескольких лет наблюдений в Мексике [15] показывает, что концентрации *Cladosporium* spp. и *Alternaria*



*spp.* отрицательно коррелируют с влажностью и количеством осадков в сухой сезон, и положительно – в сезон дождей. В работе [16] показано, что температура воздуха положительно влияла на общее количество грибов, а в локациях с высоким уровнем озеленения отмечали значительное и положительное влияние температуры воздуха и относительной влажности на концентрацию общего количества грибов, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.*, *Cladosporium spp.* В Европейском регионе чаще отмечают отрицательную корреляцию между концентрацией *Cladosporium spp.*, *Alternaria spp.* и относительной влажностью [32-34] и положительную корреляцию с температурой воздуха [22,32-35].

Результаты оценки сезонной динамики микробной контаминации, полученные в ходе данного исследования, также демонстрирует явную зависимость от погодных условий, в частности, наличия снегового покрова и осадков.

Метеорологические условия в даты отбора проб в сравнении со среднемесячными показателями приведены на рис. 9.

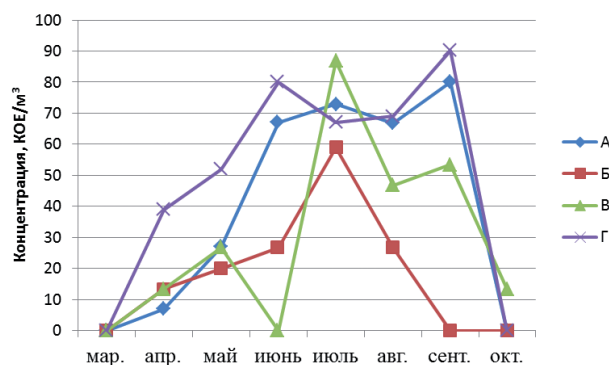


Рис. 7. Изменение концентрации *Fusarium spp.* в атмосферном воздухе локаций городской среды в различные месяцы

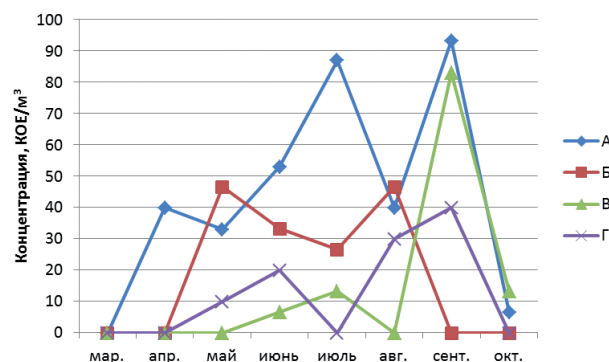


Рис. 8. Изменение концентрации *Aspergillus spp.* в атмосферном воздухе локаций городской среды в различные месяцы

В г. Казани в период наблюдения сход снежного покрова произошёл в конце марта – начале апреля, именно в этот период наблюдается заметный рост концентрации грибов в воздухе. В летний период и в сентябре 2023 г. наблюдался дефицит осадков, в то же время в ноябре, декабре, марте, октябре количество выпавших осадков заметно превышало норму (рис. 10) [36].

Для оценки взаимосвязи между метеорологическими параметрами и концентрацией грибов рассчитывали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Была подтверждена значимость ранговой корреляционной связи средней концентрации спор в воздухе с метеорологическими параметрами (рис. 11). Анализ полученных данных показал, что средняя концентрация *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.* и *Fusarium spp.* в большей степени коррелирует с температурой воздуха, *Penicillium spp.* – с влажностью. При этом для всех изученных родов грибов отмечена положительная корреляция с температурой. Значимая отрицательная корреляция концентрации спор с относительной влажностью воздуха отмечена для представителей

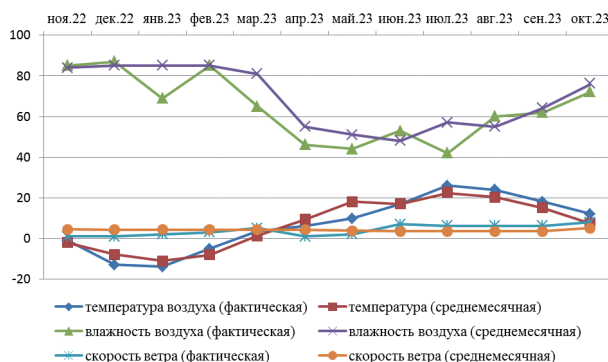


Рис. 9. Фактические метеорологические условия отбора проб в сравнении со среднемесячными показателями

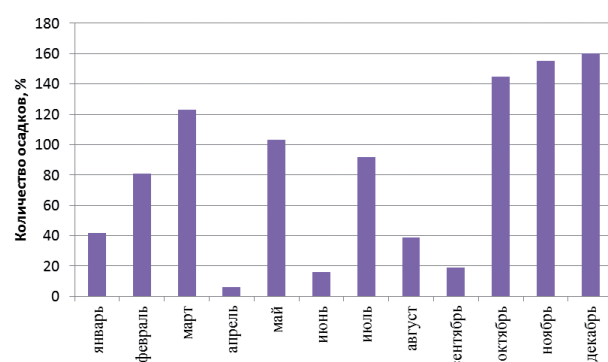
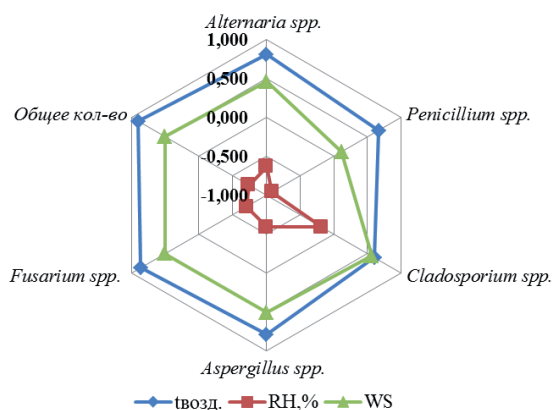


Рис. 10. Количество осадков в г. Казани в период наблюдения (% от нормы)



**Рис. 11. Корреляционные связи концентрации спор грибов в пробах атмосферного воздуха и метеорологических параметров**

$t_{\text{возд}}$  – температура воздуха, RH – относительная влажность, WS- скорость ветра

всех родов, за исключением *Cladosporium*. Одной из причин этого может быть более активное размножение *Cladosporium* spp. в условиях более высокой влажности. Также была отмечена корреляция скорости ветра с концентрацией *Cladosporium* spp., *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., полученные значения коэффициента ранговой

корреляции Спирмена подтверждают умеренную и прямую связь между этими параметрами.

### Заключение

Распространение спор грибов в атмосферном воздухе является сложным и динамичным процессом, на который влияют различные факторы. Проведённое исследование, основанное на данных годового наблюдения, позволяет оценить сезонную динамику распространения спор наиболее значимых аллергенных грибов в атмосферном воздухе городской среды. Поскольку сенсибилизация к плесневым грибам в современном мире отмечается регулярно, сезонный мониторинг и анализ данных по локализации наиболее высоких концентраций спор аллергенных грибов могут способствовать снижению риска обострения аллергических заболеваний за счёт уточнения календарей и прогнозов распространения спор и повышению уровня осведомлённости пациентов об этой проблеме. Полученные результаты также могут помочь при разработке стратегии управления качеством воздуха в медицинских организациях и профилактики заболеваний, ассоциированных с грибами-микросциетами.

### Литература

1. Kurup VP, Shen HD, Banerjee B. Respiratory fungal allergy. *Microbes Infect.* 2000;2(9):1101-1110. doi:10.1016/s1286-4579(00)01264-8.
2. Bush RK, Portnoy JM. The role and abatement of fungal allergens in allergic diseases. *J Allergy Clin Immunol.* 2001;107(3 Suppl):S430-S440. doi:10.1067/mai.2001.113669.
3. D'Amato G, Chatzigeorgiou G, Corsico R, et al. Evaluation of the prevalence of skin prick test positivity to Alternaria and Cladosporium in patients with suspected respiratory allergy. A European multicenter study promoted by the Subcommittee on Aerobiology and Environmental Aspects of Inhalant Allergens of the European Academy of Allergology and Clinical Immunology. *Allergy.* 1997;52(7):711-716. doi:10.1111/j.1398-9995.1997.tb01227.x.
4. Chapman JA. Update on airborne mold and mold allergy. *Allergy Asthma Proc.* 1999;20(5):289-292. doi:10.2500/108854199778251889.
5. Green BJ, Tovey ER, Sercombe JK, et al. Airborne fungal fragments and allergenicity. *Med Mycol.* 2006;44 Suppl 1:S245-S255. doi:10.1080/13693780600776308.
6. WHO/IUIS Allergen Nomenclature Sub-Committee Financial contributions from IUIS, EAACI, and AAAAI [Electronic resource]. Mode of access: <https://allergen.org/>.
7. Simon-Nobbe B, Denk U, Pöll V, et al. The spectrum of fungal allergy. *Int Arch Allergy Immunol.* 2008;145(1):58-86. doi:10.1159/000107578.
8. Sabry MK, Sheha DS, Moustafa AS, et al. Frequency of Fungal Sensitisation in Patients with Severe Atopic Asthma. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 2015;2(8):162-169.
9. Mari A, Schneider P, Wally V, et al. Sensitization to fungi: epidemiology, comparative skin tests, and IgE reactivity of fungal extracts. *Clin Exp Allergy.* 2003;33(10):1429-1438. doi:10.1046/j.1365-2222.2003.01783.x.
10. Denning DW, Pashley C, Hartl D, et al. Fungal allergy in asthma-state of the art and research needs. *Clin Transl Allergy.* 2014;4:14. Published 2014 Apr 15. doi:10.1186/2045-7022-4-14.
11. Shelton BG, Kirkland KH, Flanders WD, et al. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. *Appl Environ Microbiol.* 2002;68(4):1743-1753. doi:10.1128/AEM.68.4.1743-1753.2002.
12. Ponce-Caballero C, Gamboa-Marrufo M, López-Pacheco M, et al. Seasonal variation of airborne fungal propagules indoor and outdoor of domestic environments in Mérida, Mexico. *Atmósfera.* 2013;26:369-377. doi:10.1016/S0187-6236(13)71083-X.
13. Majkowska-Wojciechowska B, Pełka J, Korzon L, et al. Prevalence of allergy, patterns of allergic sensitization and allergy risk factors in rural and urban children. *Allergy.* 2007;62(9):1044-1050. doi:10.1111/j.1398-9995.2007.01457.x.
14. Reyes ES, de la Cruz DR, Merino ME, et al. Meteorological and agricultural effects on airborne Alternaria and Cladosporium spores and clinical aspects in Valladolid (Spain). *Ann Agric Environ Med.* 2009;16(1):53-61.
15. Moreno-Sarmiento M, Peñalba M, Belmonte J, et al. Airborne fungal spores from an urban locality in southern Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Micología.* 2016;44:11-20.
16. Fang Z, Guo W, Zhang J, Lou X. Assemblages of Culturable Airborne Fungi in a Typical Urban, Tourism-driven Center of Southeast China. *Aerosol Air Qual Res.* 2019;19(4):820-831. doi.org/10.4209/aaqr.2018.02.0042.

17. ГОСТ Р ИСО 16000-17-2012. Воздух замкнутых помещений. Часть 17. Обнаружение и подсчет плесневых грибов. Метод культивирования.
18. Саттон Д, Фотергилл А, Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. Пер. с англ. М.: Мир, 2001.
19. Лугаускас А.Ю., Микульскене А.И., Шляужене Д.Ю. Каталог микромицетов-биодеструкторов полимерных материалов. М.: Наука, 1987.
20. Identification of Molds Using MALDI-TOF [Electronic resource]. Mode of access: [https://www.cdc.gov/fungal/lab-professionals/identification\\_of\\_filamentous\\_fungi.html](https://www.cdc.gov/fungal/lab-professionals/identification_of_filamentous_fungi.html).
21. Anees-Hill S, Douglas P, Pashley CH, et al. A systematic review of outdoor airborne fungal spore seasonality across Europe and the implications for health. *Sci Total Environ*. 2022;818:151716. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.151716.
22. Kasprzyk I, Grinn-Gofron A, Cwik A, et al. Allergenic fungal spores in the air of urban parks. *Aerobiologia*. 2021;37: 39–51. doi:10.1007/s10453-020-09671-7.
23. Ščevková J, Kováč J. First fungal spore calendar for the atmosphere of Bratislava, Slovakia. *Aerobiologia*. 2019;35:343–356. doi:10.1007/s10453-019-09564-4.
24. O'Connor DJ, Sadys M, Skjoth CA, et al. Atmospheric concentrations of *Alternaria*, *Cladosporium*, *Ganoderma* and *Didymella* spores monitored in Cork (Ireland) and Worcester (England) during the summer of 2010. *Aerobiologia*. 2014;30:397–411. doi:10.1007/s10453-014-9337-3.
25. Клименко ЯВ, Павлюченко ИИ, Мороз АН, и др. Аэропалиномониторинг спор грибов рода *Cladosporium* и *Alnernaia* в г.Краснодаре в динамике 4х лет (2018–2021 гг). Уч.зап. Крым.Фед.универ. Биология. Химия. 2022;8(1):117–124.
26. Баландина СЮ, Семериков ВВ, Шварц КГ. Изучение сезонной динамики содержания микромицетов в атмосферном воздухе около лечебного учреждения. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2015;25(3):7-10.
27. Sadys M, Adams-Groom B, Herbert RJ, et al. Comparisons of fungal spore distributions using air sampling at Worcester, England (2006–2010) *Aerobiologia*. 2016;32:619–634. doi:10.1007/s10453-016-9436-4.
28. Nageen Y, Wang X, Pecoraro L. Seasonal variation of airborne fungal diversity and community structure in urban outdoor environments in Tianjin, China. *Front Microbiol*. 2023;13:1043224. Published 2023 Jan 9. doi:10.3389/fmicb.2022.1043224.
29. Fernández-Rodríguez S, Tormo-Molina R, Maya-Manzano J, et al. Outdoor airborne fungi captured by viable and non-viable methods. *Fungal Ecology*. 2014;7:16–26. doi:10.1016/j.funeco.2013.11.004.
30. Hernández Trejo F, Muñoz Rodríguez AF, Tormo Molina R, et al. Airborne ascospores in Merida (SW Spain) and the effect of rain and other meteorological parameters on their concentration. *Aerobiologia*. 2012;28:13–26. doi:10.1007/s10453-011-9207-1.
31. Morales J, Gonzalez-Minero FJ, Carrasco M, et al. Airborne basidiospores in the atmosphere of Seville (South Spain). *Aerobiologia*. 2006;22:127–134. doi:10.1007/s10453-006-9019-x.
32. Grinn-Gofron A, Mika A. Selected airborne allergenic fungal spores and meteorological factors in Szczecin, Poland, 2004–2006. *Aerobiologia*. 2008;24:89–97. doi:10.1007/s10453-008-9088-0.
33. Oliveira M, Ribeiro H, Delgado JL, et al. The effects of meteorological factors on airborne fungal spore concentration in two areas differing in urbanisation level. *Int J Biometeorol*. 2009;53(1):61-73. doi:10.1007/s00484-008-0191-2.
34. Grinn-Gofron A, Bosiaccka B. Effects of meteorological factors on the composition of selected fungal spores in the air. *Aerobiologia (Bologna)*. 2015;31(1):63-72. doi:10.1007/s10453-014-9347-1.
35. Grinn-Gofron A, Bosiaccka B, Bednarz A, Wolski T. A comparative study of hourly and daily relationships between selected meteorological parameters and airborne fungal spore composition. *Aerobiologia (Bologna)*. 2018;34(1):45-54. doi:10.1007/s10453-017-9493-3.
36. Архив погоды в Казани, Республика Татарстан, Россия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.meteoservice.ru/archive/kazan>.

### Сведения об авторах

Халдеева Елена Владимировна – к.х.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией микологии Казанского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора, г. Казань, Россия. 420015, г. Казань, ул. Б. Красная, 67. E-mail: [mycology-kazan@yandex.ru](mailto:mycology-kazan@yandex.ru).

Васильева Елена Геннадьевна – младший научный сотрудник лаборатории микологии Казанского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора, г. Казань, Россия. E-mail: [vasilevaelena82@mail.ru](mailto:vasilevaelena82@mail.ru).

Поступила 30.08.2024.

Статья принимает участие в Ермолевском конкурсе научных публикаций