

DOI: 10.32364/2587-6821-2024-8-3-2

## Особенности концентраций аэроаллергенов в городах и влияние на них температуры воздуха

К.Б. Осмонбаева<sup>1</sup>, Э.В. Чурюкина<sup>2,3</sup>, Г.С. Джамбекова<sup>4</sup>, Е.В. Назарова<sup>5</sup><sup>1</sup>Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, Каракол, Кыргызская Республика<sup>2</sup>ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, Ростов-на-Дону, Российская Федерация<sup>3</sup>ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, Краснодар, Российская Федерация<sup>4</sup>Международный центр молекулярной аллергологии, Ташкент, Республика Узбекистан<sup>5</sup>ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России, Москва, Российская Федерация

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить особенности содержания пыльцы растений и спор грибов в воздухе г. Каракола Кыргызской Республики за сезоны 2015–2017 гг.

**Материал и методы:** в ходе аэриобиологического исследования проводился сбор материала с биочастицами — пыльцой растений и спорами грибов, содержащимися в воздухе, их идентификация до рода или семейства (в отдельных случаях — до вида), количественное определение при визуальном подсчете в поле зрения микроскопа. Нами использовался волюметрический пыльцеуловитель Lanzoni. Он был размещен на крыше здания в пределах городской черты, вдали от парковых зон и промышленных предприятий, на высоте 13 м над уровнем земли. Всего было отобрано 630 проб атмосферного воздуха с апреля по сентябрь за 2015–2017 гг.

**Результаты исследования:** в аэриобиологическом спектре Каракола *Artemisia* spp., *Poaceae*, *Chenopodiaceae* и *Pinus* spp. превосходили все остальные таксоны, из грибов выделялось 3 таксона — *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium*. Было установлено, что 60–76% спор грибов выпадало за период с июня по август. Абсолютный максимум пыльцы в воздухе совпадал с высокими значениями температуры в районе проведения исследования. Высокая концентрация пыльцы *Artemisia* наблюдалась с середины по конец июля, что соответствовало повышению среднесуточной температуры воздуха за сезоны исследования. Самые высокие (61–72%) показатели содержания в воздухе пыльцы полыни за сезоны исследования отмечены при температурах воздуха от 28,3 до 33,4 °С. Высокие значения температуры воздуха способствовали выбросу спор в атмосферу. Установлено, что в городской среде по сравнению с природными территориями наблюдается накопление аллергенных видов грибов.

**Заключение:** определение количественного и качественного состава пыльцы доминирующих видов аллергенных растений и спор грибов в воздушной среде Каракола внесло вклад в исследование аэриобиологической ситуации. Уровень воздействия метеорологических факторов на концентрацию пыльцы растений и спор грибов необходимо проследить, так как программы мониторинга биочастиц воздуха позволят прогнозировать поведение аэроаллергенов в условиях изменения климата.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пыльца растений, споры грибов, аэриобиологический мониторинг, изменение климата, температура воздуха, биологические частицы воздуха, аэроаллергены.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Осмонбаева К.Б., Чурюкина Э.В., Джамбекова Г.С., Назарова Е.В. Особенности концентраций аэроаллергенов в городах и влияние на них температуры воздуха. *РМЖ. Медицинское обозрение.* 2024;8(3):124–131. DOI: 10.32364/2587-6821-2024-8-3-2.

## Aeroallergen concentrations in urban areas and the effect of air temperature

K.B. Osmonbaeva<sup>1</sup>, E.V. Churyukina<sup>2,3</sup>, G.S. Dzhabbekova<sup>4</sup>, E.V. Nazarova<sup>5</sup><sup>1</sup>K. Tynystanov Issyk-Kul' State University, Karakol, Kyrgyz Republic<sup>2</sup>Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation<sup>3</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation<sup>4</sup>International Center for Molecular Allergy, Tashkent, Republic of Uzbekistan<sup>5</sup>National Research Center Institute of Immunology of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

**Aim:** to examine the content of plant pollen and fungal spores in the air of Karakol city (Kyrgyz Republic) during the seasons from 2015 to 2017.

**Materials and Methods:** in the course of the aerobiological study, samples containing bioparticles (plant pollen and fungal spores) were collected from the air. The samples were identified to the genus or family level, or, in some cases, to the species level, and quantified by visual counting in the field of view of a microscope. A Lanzoni volumetric pollen and spore trap was placed on the roof of a building within the city borders (Karakol) at a height of 13 m above ground level, away from park areas and industrial enterprises. A total of 630 atmospheric air samples were collected from April to September in 2015–2017.

**Results:** the taxa *Artemisia* spp., *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, and *Pinus* spp. exhibited the greatest abundance in the aerobiological spectrum of Karakol. Among the fungi, *Alternaria*, *Cladosporium*, and *Fusarium* were the most prevalent. The majority of fungal spores (60–76%) were

observed during the period from June to August. The absolute maximum of pollen in the air coincided with high temperature values in the area. The highest concentrations of *Artemisia* pollen were observed from mid to late July, which corresponded to an increase in the average daily air temperature over the study seasons. The highest *Artemisia* pollen content in the air (61–72%) for the study seasons was observed in Karakol at air temperatures ranging from 28.3 to 33.4°C. High temperatures contribute to the release of spores into the atmosphere. It can be observed that allergenic species of fungi are accumulated in urban environments rather than in natural areas.

**Conclusion:** the quantitative and qualitative profile of pollen from the dominant species of allergenic plants and fungal spores in the air environment of Karakol city was determined in order to contribute to the study of the aerobiological situation. It is important to determine the impact of meteorological factors on the concentration of plant pollen and fungal spores. This will allow for the prediction of the behavior of aeroallergens in a changing climate.

**KEYWORDS:** plant pollen, fungal spores, aerobiological monitoring, climate change, air temperature, biological air particles, aeroallergens.

**FOR CITATION:** Osmonbaeva K.B., Churyukina E.V., Dzhambekova G.S., Nazarova E.V. Aeroallergen concentrations in urban areas and the effect of air temperature. *Russian Medical Inquiry*. 2024;8(3):124–131 (in Russ.). DOI: 10.32364/2587-6821-2024-8-3-2.

## ВВЕДЕНИЕ

Географическое положение и климат местности могут влиять на время и количество выброса пыльцы, а также на растительный покров и его пространственное распределение относительно жилых районов [1]. Тем не менее часто обнаруживается пыльца таксонов, не характерных для местной или региональной растительности, что свидетельствует о ее переносе на большие расстояния [2]. Поскольку фенология цветения сильно зависит от температуры, ожидается, что изменения климата повлияют на характер распределения пыльцы и ее количество, что может повлечь за собой изменения эпидемиологии респираторной аллергии [3]. Однако реальный уровень повышенного риска аллергии трудно предсказать из-за особенностей физиологии и экологии растений, обусловленных комплексным воздействием планетарных изменений окружающей среды, включая температуру воздуха, количество осадков, почву и изменение периода цветения и сезонов пыльцепродукции [4].

Следует отметить, что, говоря о сезонной аллергии, чаще всего имеют в виду аллергию к пыльце ветроопыляемых растений. Однако сезонные проявления аллергии также могут быть связаны со спорами плесневых грибов, которые в большом количестве находятся в атмосферном воздухе вместе с пыльцой. Споры грибов — одни из наиболее часто встречающихся в воздухе биологических частиц. Установлено, что они являются потенциальными аллергенами. Споры грибов, по сравнению с пыльцой, можно считать недооцененным и иногда игнорируемым источником респираторной аллергии [2].

**Цель исследования:** изучить особенности содержания пыльцы растений и спор грибов в воздухе г. Каракола Кыргызской Республики за сезоны 2015–2017 гг.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе аэробиологического исследования проводился сбор материала с биочастицами — пыльцой растений и спорами грибов, содержащимися в воздухе, их идентификация, количественное определение при визуальном подсчете в поле зрения микроскопа. В исследовании применялся волнометрический пылеуловитель Lanzoni. Данный пылеуловитель приобретен по индивидуальному исследовательскому проекту «Динамика содержания пыльцы растений и спор грибов на фоне глобального потепления климата» при поддержке научной грантовой программы для исследователей из республик Центральной Азии и Афганистана Университета Центральной Азии и при менторстве профессора Н. Behling (Department of Palynology

and Climate Dynamics Albrecht-von-Haller Institute for Plant Sciences University of Göttingen). Пылеуловитель размещен на крыше здания в пределах городской черты Каракола, вдали от парковых зон и промышленных предприятий, на высоте 13 м над уровнем земли.

На протяжении 2015–2017 гг. постоянных наблюдений отобрано 630 проб атмосферного воздуха. Продолжительность отбора проб — с апреля по сентябрь. Микроскопирование проводилось с помощью световых микроскопов Carl Zeiss (Германия) и MEIJI (Япония) с 10-, 20-, 40-, 100-кратным увеличением. Микрофотографии пыльцы растений и спор грибов выполнены в лаборатории «Экология и защита растений» Научно-производственного центра исследования лесов им. П.А. Гана на микроскопе SWIFT (USA) при увеличении 15–40.

Идентификация пылевых зерен проводилась в основном до рода или семейства, в отдельных случаях — до вида. С целью их определения использовали специальные определители и атласы пыльцы, ориентационный ключ основных типов пылевых зерен. При идентификации использовали дополнительные приемы: образцы пыльцы растений из собственной коллекции (эталонные препараты), натуральные наблюдения, сравнения с препаратами из пыльцы, взятой непосредственно из пыльников. Для идентификации спор грибов использовали Атлас аллергенных спор и определитель грибов-фитопаразитов.

Статистическая обработка данных проводилась общепринятыми методами вариационной статистики на основе анализа абсолютных и относительных величин. Для подсчета и построения графиков использовали программу Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Город Каракол расположен в восточной части Иссык-Кульской котловины в Кыргызской Республике на высоте 1716 м над уровнем моря (среднегорье) у северного подножия хребта Тескей Ала-Тоо.

Во всех аэропалеонтологических работах высота установки пылеуловителя должна быть оговорена. В мегаполисе г. Стамбуле с населением около 18 млн человек мониторинг aeroallergенов проводился с помощью одного пылеуловителя, расположенного на западной окраине Стамбула — Бююкчекмедже. При этом исследователи отметили, что можно было бы получить более репрезентативную для Стамбула информацию о пыльце при использовании трех аппаратов, так как имелись различия в важности таксонов, способствующих образованию пыль-

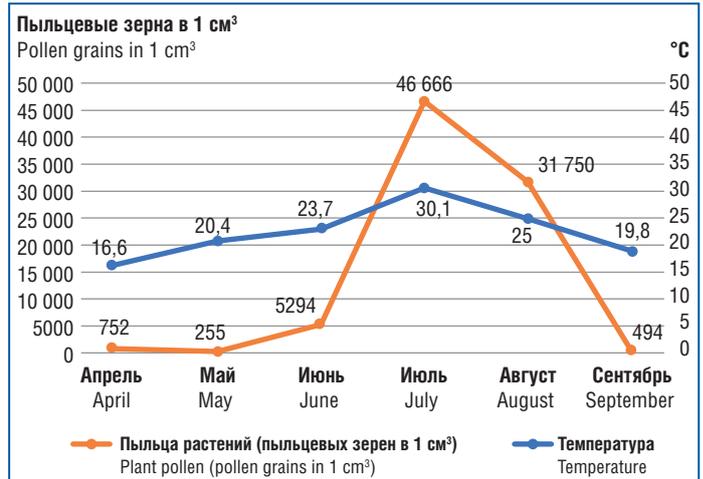


**Рис. 1.** Пыльцеуловитель Lanzoni в центральной части г. Каракола

**Fig. 1.** Lanzoni volumetric pollen and spore trap in the central area of Karakol

цы, между центром города и пригородами [5]. Данное суждение позволяет предположить, что установка и работа одного пыльцеуловителя в небольшом по площади Караколе (рис. 1) с населением приблизительно 80 000 человек была достаточной.

За период наблюдения абсолютный максимум пыльцы (в процентах от всей выпавшей за сезон с апреля по октябрь пыльцы растений) наблюдался в июле, составив в 2015 г. 54,4%, в 2016 г. 41%, в 2017 г. 57,5%. Максимальный процент спор грибов был зафиксирован также в июле (в 2015 г. — 76,4%, в 2016 г. — 38%, в 2017 г. — 60%). Эти данные коррелируют с метеорологическими данными исследуемого района. Так, по данным Тянь-Шаньского высокогорного научного центра института водных проблем и гидроэнергетики Национальной академии наук Кыргызской Республики в периоды 1956–1969 гг. и 2013–2018 гг. температура воздуха сохраняла тенденцию к повышению [6]. В июле — сентябре 1971–2019 гг., по данным метеостанции «Кызыл-Суу» (на высоте 2550 м над уровнем моря), были отмечены положительные тренды температуры воздуха. В частности, в 2015 г. в июле наблюдался продолжительный (более 2 нед.) высокий температурный фон. Таким образом, абсолютный максимум пыльцы в воздухе совпадает с высокими значениями температуры в районе исследования (рис. 2).



**Рис. 2.** Содержание пыльцы растений и температура воздуха в г. Караколе в 2015 г.

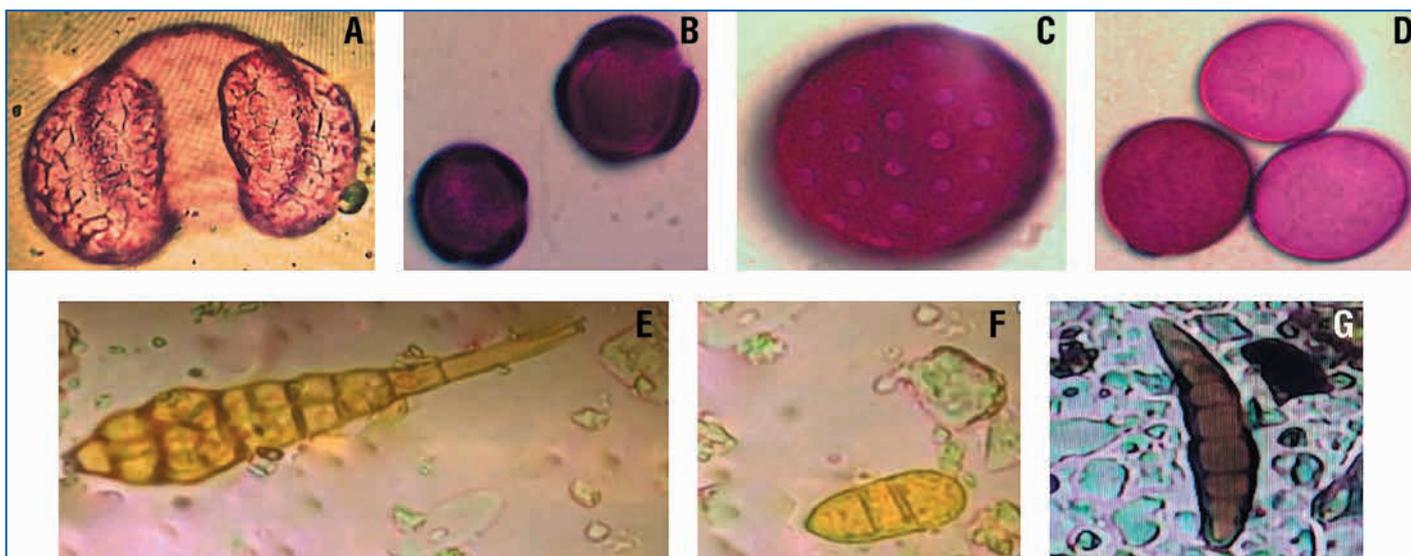
**Fig. 2.** Plant pollen content and air temperature in Karakol in 2015

По сведениям Центра по гидрометеорологии г. Каракола Агентства по гидрометеорологии при МЧС Кыргызстана, самые высокие температуры в июле 2015 г. были в пределах 30,5–34,8 °C. В 2017 г. отмечался наибольший по продолжительности период (105 дней) с положительными температурами воздуха, обусловленный положительным трендом температуры воздуха в сентябре [6]. Зафиксировано также достижение самых высоких температур (28,9–31,4 °C) в сентябре 2017 г., что для этого месяца в Иссык-Кульской котловине нетипично.

Показано, что в воздухе Каракола находилась пыльца 38 таксонов растений: 21 таксон древесно-кустарниковых растений, 17 таксонов трав, 5 таксонов из класса хвойных. Доминантным был пыльцевой спектр из 7 таксонов растений: полынь (*Artemisia* spp.), маревые (*Chenopodiaceae*), злаковые (*Poaceae*), коноплевые (*Cannabiaceae*), астровые (*Asteraceae*), сосна (*Pinus* spp.), кипарисовые (*Cupressaceae*), ель (*Picea* spp.). Из этого спектра сосна, полынь, маревые и злаковые превосходили все остальные таксоны (рис. 3А–D).

Пыльца сосновых преобладала по количеству над пыльцой ели. Это связано с биологическими особенностями пыльцы этих растений. Морфология пыльцевых зерен и обильная продукция сосны наиболее благоприятствуют ее рассеиванию и дальней транспортировке по воздуху. Так, в исследовании V.L. Lappe et al. [1] были обнаружены признаки ассоциации между пыльцой сосны и количеством больных астмой, что подтверждают другие работы, ставящие под сомнение исторически сложившееся представление о неаллергенности сосновых пород.

В Караколе в 2015 г. пыльца трав составила 97,5% от всей массы пыльцы растений за сезон (см. таблицу). Из всей зарегистрированной пыльцы растений 66,8% принадлежало пыльце полыни. Сильное увеличение концентрации пыльцы *Artemisia* наблюдалось с середины по конец июля, что соответствовало повышению среднесуточной температуры воздуха за сезоны исследования. Самые высокие концентрации пыльцы полыни отмечены в 2015 г. при температуре в 30,1°C (61% всей пыльцы полыни за сезон), в 2016 г. при температурах до 33,4 °C (72% всей пыльцы полыни за сезон), в 2017 г. при температуре 28,3 °C (67% всей пыльцы полыни за сезон).



**Рис. 3.** Пыльца растений и споры грибов, содержащиеся в воздухе г. Каракола.

A — *Pinus* spp.; B — *Artemisia* spp.; C — *Chenopodiaceae*; D — *Poaceae*; E — *Alternaria*; F — *Cladosporium*; G — *Fusarium*

**Fig. 3.** Plant pollen and fungal spores contained in the air of Karakol.

A — *Pinus* spp.; B — *Artemisia* spp.; C — *Chenopodiaceae*; D — *Poaceae*; E — *Alternaria*; F — *Cladosporium*; G — *Fusarium*

Таксономическое разнообразие пыльцы растений (пыльца сорных трав с преобладанием пыльцы *Poaceae* и *Artemisia*) и спор грибов (с распространенными во всем мире аллергенами — *Alternaria* и *Cladosporium*) с максимальной концентрацией в летне-осенний период, полагаем, уже является одной из причин роста заболеваемости поллинозом в Караколе. Когда в воздухе максимальные концентрации спор грибов совпадают с появлением пыльцы *Poaceae* и *Artemisia* (которые являются наиболее распространенной причиной пыльцевой аллергии), совместное присутствие этих аэроаллергенов повышает риск возникновения заболевания [7, 8].

В рейтинге по частоте встречаемости спор грибов в воздухе Каракола выделяются 3 таксона — *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* (рис. 3E–G), при этом концентрация спор грибов *Cladosporium* намного превышает концентрацию других таксонов. Ряд исследователей приуменьшают значения других таксонов спор в воздухе как возможной причины респираторной аллергии.

Установлено, что 60–76% спор грибов выпало в июне — августе. В данном исследовании показано преобладание спор грибов *Cladosporium* и *Alternaria* (рис. 4). Значительные показатели температуры воздуха способствовали выбросу спор в атмосферу. В отдельных исследованиях отмечается также, что максимум спор *Cladosporium* приходится на июнь — август [8]. В сухие, ветреные дни количество спор *Alternaria* на открытом воздухе, как правило, наиболее большое и обычно составляет от 500 до 1000 спор на 1 м<sup>3</sup>. Пиковые уровни спор обычно наблюдаются в конце лета — осенью, несмотря на то что они находятся в воздухе круглый год [9]. Наиболее подходящим условием погоды для *Cladosporium* и *Alternaria* является жаркое, сухое лето с высокой температурой воздуха и минимальным количеством осадков [10, 11].

Согласно наблюдениям для южного региона Российской Федерации характерно круглогодичное присутствие аллергенов плесневых грибов с пиками спороношения в июле — сентябре [11]. Отмечается, что существует взаимосвязь между развитием ряда плесневых грибов

**Таблица.** Содержание в воздухе г. Каракола пыльцы растений и спор грибов, пыльцы деревьев и трав, пыльцы лиственных и хвойных деревьев за период наблюдения  
**Table.** Content of plant pollen and fungi spores during the observation period in the air of Karakol

Пыльца / споры Pollen / Spores	Год / Years		
	2015	2016	2017
Пыльца / Pollen <sup>a</sup>	45,6	48,1	35,3
Споры / Spores <sup>a</sup>	54,4	51,9	64,7
Пыльца деревьев / Tree pollen <sup>b</sup>	2,5	27	30,3
Пыльца трав / Grass pollen <sup>b</sup>	97,5	73	69
Пыльца лиственных деревьев Deciduous tree pollen <sup>c</sup>	35	25	32
Пыльца хвойных деревьев Coniferous tree pollen <sup>c</sup>	65	75	68

**Примечание.** а — % от всей массы биочастиц за сезон;

б — % от всей массы пыльцы растений за сезон; с — % от всей массы пыльцы деревьев за сезон.

**Note.** a, % of total bioparticle mass per season; b, % of total plant pollen mass per season; c, % of total tree pollen mass per season.

(*Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium oxysporum* и *Epicoccum purpurascens*) и прогнозируемым изменением климатических условий, при этом продемонстрировано, что при повышении температуры рост грибов увеличивается, а спорообразование снижается [12].

Август — месяц таксономического многообразия спор грибов в Караколе, уменьшение которого происходит в 1–2-й декадах сентября. Во всех декадах августа определяются споры *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Ustilago*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Serpula*, *Pyrenophora*, *Helminthosporium*, а также небольшие количества *Epicoccum*, *Tilletia*, *Puccinia*, *Torula*, *Drechslera*, *Stemphilium*,

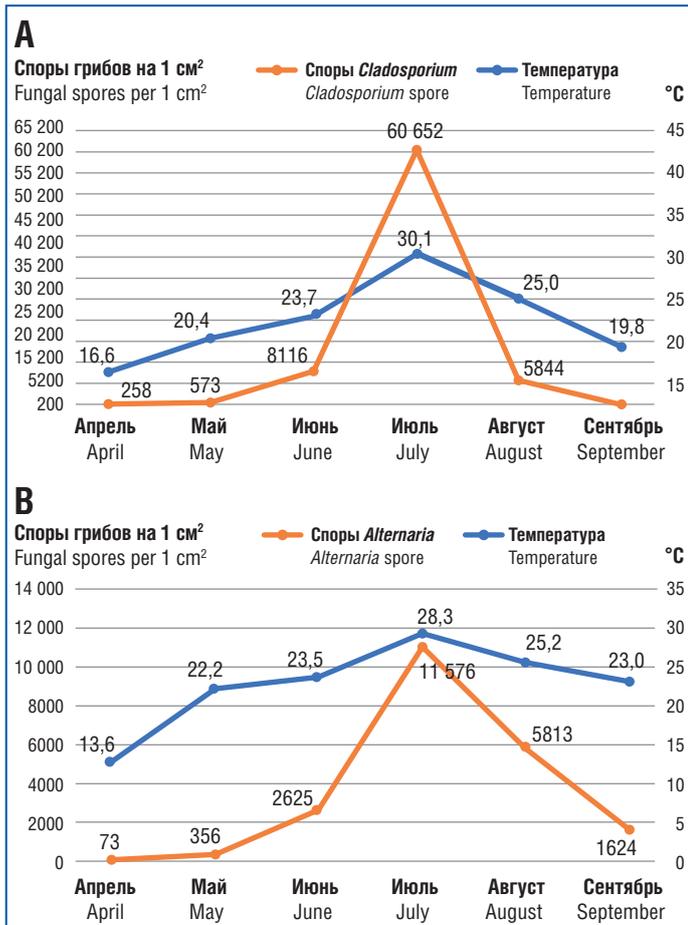


Рис. 4. Содержание спор грибов и температура воздуха в г. Караколе.

А — *Cladosporium* в 2015 г.; В — *Alternaria* в 2017 г.

Fig. 4. Fungal spore content and air temperature in Karakol.

А — *Cladosporium* in 2015; В — *Alternaria* in 2017

*Curvularia*, *Polythrincium*, *Phytophthora* и *Pyricularia*. Уже в 3-й декаде сентября не фиксировались споры многих таксонов. Увеличение продолжительности пыльцевого сезона и расширение сельскохозяйственных территорий определяют спорово-пыльцевой спектр в воздухе города. Поэтому в таком воздухе увеличивается количество пыльцы *Poaceae* и содержится большое таксономическое разнообразие спор грибов. Пыльцевой спектр местности в экологическом контексте зависит от естественной растительности, землепользования, декоративной флоры в зеленых городских зонах и рудеральной городской флоры [5].

Результаты изучения специфических IgE-антител еще в 1990-е годы в Кыргызской Республике показывали, что пыльца *Artemisia* лидирует как этиологический фактор поллиноза в городах Бишкеке и Нарыне. На 2-м месте находилась пыльца *Poaceae*, причем наивысшие значения аллергенспецифических IgE-антител к пыльце *Poaceae* и *Chenopodiaceae* были отмечены в Караколе [13]. Если исходить из постулатов Thommen, растения должны широко культивироваться, а значит, наиболее часто поллиноз будут вызывать злаковые, сорные и луговые растения [14].

В исследовании, проведенном в Кракове (Польша), отмечалось, что более 80% пациентов, страдающих аллергическим ринитом (АР), чувствительны к пыльце *Poaceae* [15]. Пыльца *Poaceae* является самым сильным

аллергеном в Центральной и Восточной Европе [16]. В наблюдениях в Пекине отмечается, что количество амбулаторных посещений больных АР сильно коррелирует с сезонной концентрацией пыльцы в воздухе и зависит от метеорологических условий. Наивысшие точки соответствуют температурам 12 °C и выше 22 °C. И наоборот, число амбулаторных посещений по поводу АР уменьшалось с увеличением влажности воздуха [17]. Следовательно, изменение метеорологических условий является одним из факторов, из-за которого пыльца становится основным аллергеном, вызывающим развитие АР [18].

В польском Щецине в исследованиях 2006–2008 гг. с использованием пыльцеуловителя Lanzoni VPPS и автоматической метеорологической станции Vaisala были обнаружены статистически значимые корреляции между количеством пыльцы и загрязнением воздуха, а также метеорологическими параметрами, и наиболее сильная корреляция наблюдалась со средней температурой воздуха. При повышении температуры или при умеренных температурах увеличивалось количество пыльцы таксонов *Chenopodiaceae*, *Artemisia* и *Urtica* [19].

В исследовании в Шэньяне (КНР) с использованием пыльцеуловителя Durham было показано, что основными источниками аллергенов, обусловившими увеличение числа больных АР с августа по сентябрь, были *Compositae* и *Moraceae*. *Artemisia* (*Compositae*) и *Poaceae* являлись основными аллергенами [18]. В Пекине обнаружено, что пациенты с АР, вызванным пыльцой, составили 61,18% от всех пациентов с АР. Среди них чувствительные к пыльце *Artemisia* составили 48,54% [17]. Обширность территории и большая численность населения некоторых стран также меняют характеристики аллергенов у пациентов с АР в разных регионах и среди разных возрастных категорий. По этой причине для профилактики и лечения АР большое значение имеет понимание особенностей распространения аллергенов и связанных с ними факторов риска в каждом регионе [19].

Исследования в Кыргызской Республике свидетельствуют о широкой распространенности сенсибилизации у жителей Бишкека к пыльцевым аллергенам. Аллергия на пыльцу растений у жителей Бишкека является доминирующей и выявлена у 64% обследованных пациентов [20]. Но подобных данных о сенсибилизации к спорам грибов пока в республике нет. Отмечен максимальный рост общей заболеваемости АР с увеличением на 122–126% в период с 2017 по 2019 г. В это же время больные АР, проживающие в городах, составили 57,1%, а в сельской местности — 42,9% [21].

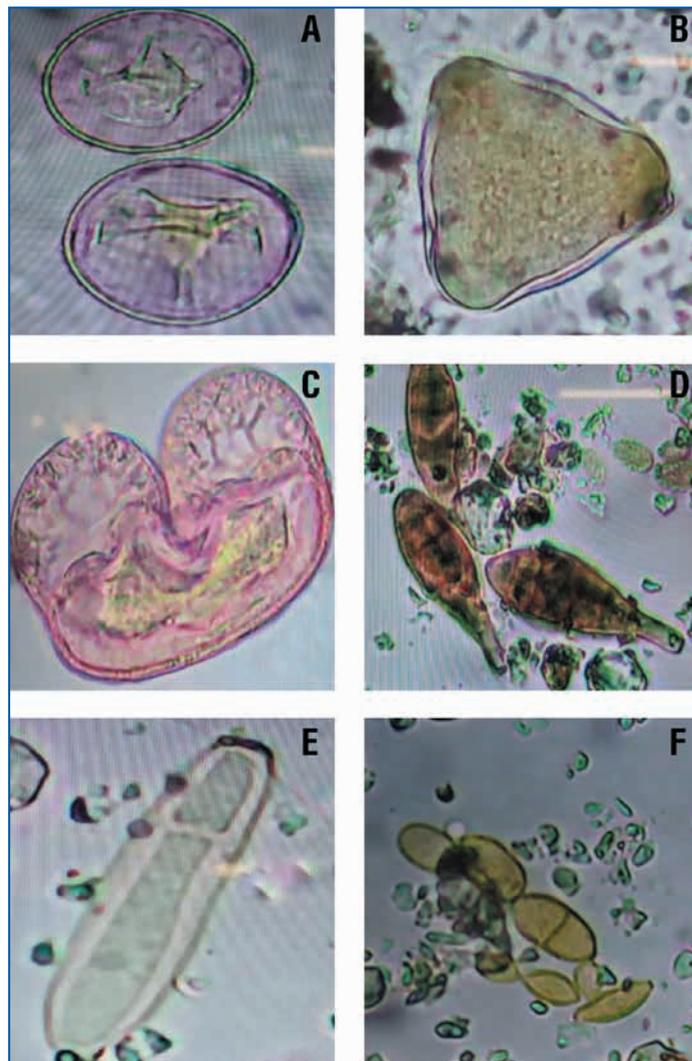
Споры грибов — постоянно присутствующий компонент воздуха, их концентрация и состав колеблются в зависимости от сложного взаимодействия биологических и экологических факторов, это: географическое положение, загрязнение воздуха, погодные условия, деятельность человека и местные источники растительности. Споры одних и тех же таксонов всегда обнаруживаются независимо от метода мониторинга. Это может быть связано со способностью этих родов продуцировать огромное количество спор и с доминированием спор *Cladosporium*, *Alternaria* и *Ustilago* в местной и региональной микофлоре [2]. Даже при отборе проб с самолета на большой высоте преобладающими (87%) видами спор были споры *Cladosporium* и *Alternaria* [15]. В некоторых странах *Cladosporium* spp. ежегодно имел наибольшую частоту

встречаемости (около 90%). Другие таксоны, *Alternaria*, *Botrytis*, *Epicoccum*, *Ganoderma* spp. и *Drechslera*, встречались регулярно с высокой концентрацией (с частотой более 50%) [7]. Установлено, что в городской среде по сравнению с природными территориями наблюдается накопление аллергенных видов грибов. Например, в центральной части Москвы содержание потенциально аллергенных грибов в приземных слоях воздуха в летний период достигает 50% от всех выделенных [22]. Исследования показывают, что изменение температуры может повлиять на колонизацию и рост грибов непосредственно через физиологию отдельных организмов или косвенно, через физиологические эффекты в отношении растений в роли хозяев или субстратов [23].

Страны Центральной Азии (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан) уже ощущают последствия изменения климата. При таких обстоятельствах возможны изменения в распространении заболеваний, в том числе аллергических. А поскольку изменения в температуре воздуха и количестве осадков могут сказаться на стадиях вегетации растений, идут изменения в землепользовании, растет количество населения региона в купе с повсеместным загрязнением всех природных сред — все эти факторы могут усугубить положение, когда некоторые виды заболеваний будут распространяться быстрее, тем самым увеличивая риски для здоровья людей. С учетом этого возникают вопросы, касающиеся безопасности сред, ранее считавшихся безвредными, и возросшей вероятности того, что аэроаллергены действительно могут быть обнаружены в более разнообразных средах [2].

В настоящее время в Центральной Азии, в Республике Узбекистан, пыльцеуловители Lanzoni установлены Международным центром молекулярной аллергологии в Ташкенте, Джизакской, Бухарской, Навоийской и Хорезмской областях, т. е. в различных природно-климатических регионах. Данные, полученные после полного запуска пыльцеуловителей, будут размещаться на специальном портале Европейского общества мониторинга пыльцы (сайт [www.polleninfo.org](http://www.polleninfo.org)). В условиях Ташкента деревья и травы начинают пылить с 3-й декады февраля. В первую очередь наблюдается начало пыления интродуцируемых растений. У деревьев и трав, относящихся к местной флоре, этот процесс наблюдается несколько позже [24]. Микроскопические исследования образцов за весенний период в Ташкенте показали обилие пыльцы деревьев и спор грибов (рис. 5).

Изменение климата — постоянный процесс, влияющий на эпидемиологию аллергических заболеваний, поскольку его воздействие на пыльцу растений может иметь важные последствия для здоровья человека. Научные исследования аэроаллергенов и аллергических заболеваний — это одна из мер адаптации к последствиям изменения климата. Изменение климата связано с увеличением продолжительности пылевых сезонов, увеличением производства пыльцы, изменением типов пыльцы в конкретном месте и увеличением аллергенности пыльцы. Поскольку пыльца может негативно влиять на показатели здоровья, любое увеличение ее количества, связанное с изменением климата, загрязнением окружающей среды, изменениями в землепользовании, может привести к увеличению бремени аллергических заболеваний. При резком росте распространенности АР



**Рис. 5.** Пыльца растений и споры грибов в воздухе г. Ташкента.

A — Cupressaceae; B — *Platanus* spp.; C — *Pinus* spp.; D — *Alternaria*;  
E — *Helminthosporium*; F — *Cladosporium*

**Fig. 5.** Plant pollen and fungal spores in the air of Tashkent.

A — Cupressaceae; B — *Platanus* spp.; C — *Pinus* spp.; D — *Alternaria*;  
E — *Helminthosporium*; F — *Cladosporium*

в Караколе [21] особенно чувствительными оказываются дети. Распространенность респираторных заболеваний растет как среди детей, так и среди взрослых и подростков. К сожалению, в сезон обострения аллергии на пыльцу растений не все пациенты могут обращаться к аллергологам, так как в Кыргызской Республике (особенно в регионах) их остро не хватает. В таких случаях пациенты попадают к семейным врачам или терапевтам, педиатрам, и поэтому не могут получить квалифицированную аллергологическую помощь. Половина больных АР вообще не обращаются к врачу, другие обращаются, когда симптомы становятся невыносимыми. Очень часто бывает так, что аллергию на пыльцу, особенно у детей, принимают за острые респираторные заболевания. Несмотря на относительно хорошо развитую систему мониторинга в некоторых частях мира (страны Европы, США и Россия), в большинстве регионов мира подобная система вообще отсутствует. Национальной программы мониторинга аэробиочастиц в Кыргызской Республике нет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пыльца ведущих аэроаллергенов — полыни, злаков, маревых — содержится в воздухе г. Каракола в значительных количествах и продолжительно (до 150 дней). Качественный и количественный состав пыльцы в воздухе разных лет практически идентичен, но имеются отличия в преобладании и наличии определенных таксонов. При анализе видового состава пыльцы деревьев в Караколе преобладала пыльца хвойных (голосеменных). В воздухе из 24 таксонов грибов в значительных количествах обнаруживались главные аллергены — тандем спор *Alternaria* и *Cladosporium*. Результаты экспериментальных исследований пыльцы растений и спор грибов имеют важные последствия для общественного здравоохранения. Постоянные аэропалеонтологические исследования необходимы для разработки системы оповещения населения и медицинских учреждений о концентрации пыльцы и спор — «пыльцевом дожде» — для оценки аллергенной обстановки, что позволит людям, страдающим аллергией, избежать или снизить тяжесть течения болезни. Подобные знания необходимы для установления этиологии, правильного подбора диагностических и лечебных аллергенов, оптимальных сроков проведения специфической диагностики и лечения, осуществления профилактики поллиноза. Многие болезни могут быть предотвращены путем сосредоточения внимания на экологических факторах риска.

## Литература / References

- Lappe B.L., Ebel S., D'Souza R.R. et al. Pollen and asthma morbidity in Atlanta: A 26-year time-series study. *Environment International*. 2023;177:107998. DOI: 10.1016/j.envint.2023.107998.
- Damialis A., Kaimakamis E., Konoglou M. et al. Estimating the abundance of airborne pollen and fungal spores at variable elevations using an aircraft: how high can they fly? *Sci Rep*. 2017;7:44535. DOI: 10.1038/srep44535.
- Damialis A., Halley J.M., Gioulekas D., Vokou D. Long-term trends in atmospheric pollen levels in the city of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*. 2007;41(33):7011–7021. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.05.009.
- Oh J.W. Pollen Allergy in a Changing Planetary Environment. *Allergy Asthma Immunol Res*. 2022;14(2):168–181. DOI: 10.4168/aaair.2022.14.2.168.
- Zemmer F., Dahl A., Galan C. The duration and severity of the allergenic pollen season in Istanbul, and the role of meteorological factors. *Aerobiologia*. 2022;38:195–215. DOI: 10.1007/s10453-022-09742-x.
- Чонтоев Д.Т., Маматканов Д.М., Усупаев Ш.Э. и др. Водные и гидроэнергетические ресурсы Кыргызстана в условиях изменения климата. Б.; 2022.
- Chontoev D.T., Mamatkanov D.M., Usupaev Sh.E. and others. Water and hydropower resources of Kyrgyzstan in conditions of climate change. B.; 2022 (in Russ.).
- Kasprzyk I., Rzepowska B., Wasylów M. Fungal spores in the atmosphere of Rzeszów (South-East Poland). *Ann Agric Environ Med*. 2004;11(2):285–289.
- Levetin E., Horner W.E., Scott J.A.; Environmental Allergens Workgroup. Taxonomy of Allergenic Fungi. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2016;4(3):375–385.e1. DOI: 10.1016/j.jaip.2015.10.012.
- Getter T. Effects of global-warming and climate-changes on atmospheric fungi spores distribution. *Commun Fac Sci Univ Ank Series C*. 2018;27(2):263–272. DOI: 10.1501/commuc\_0000000223.
- Peternel R., Culig J., Hrga I. Atmospheric concentrations of *Cladosporium* spp. and *Alternaria* spp. spores in Zagreb (Croatia) and effects of some meteorological factors. *Ann Agric Environ Med*. 2004;11(2):303–307. PMID: 15627341.
- Уханова О.П., Богомолова Е.В., Будников П.В. и др. Микологические факторы риска развития респираторных аллергозов тяжелого течения у населения, проживающего на юге России. *PMЖ. Медицинское обозрение*. 2023;7(2):65–74. DOI: 10.32364/2587-6821-2023-7-2-65-74.
- Ukhanova O.P., Bogomolova E.V., Budnikov P.V. et al. Mycotic risk factors for the development of severe respiratory allergosis in the population of southern Russia. *Russian Medical Inquiry*. 2023;7(2):65–74 (in Russ.). DOI: 10.32364/2587-6821-2023-7-2-65-74.
- Damialis A., Mohammad A.B., Halley J.M., Gange A.C. Fungi in a changing world: growth rates will be elevated, but spore production may decrease in future climates. *Int J Biometeorol*. 2015;59(9):1157–1167. DOI: 10.1007/s00484-014-0927-0.
- Кобзарь В.Н. Изменчивость пыльцы и спектр аэроаллергенов в условиях экологического дисбаланса Кыргызской Республики: автореф. дис ... д-ра биол. наук. Алма-Ата; 1996.
- Kobzar' V.N. Pollen variability and the spectrum of aeroallergens in conditions of ecological imbalance in the Kyrgyz Republic: thesis. Alma-Ata; 1996 (in Russ.).
- Пухлик Б.М. Поллиноз. Винница; 2017.
- Pukhlik B.M. Hay fever. Vinnitsa; 2017 (in Russ.).
- Myszkowska D., Stepalska D., Obtulowicz K. et al. The relationship between airborne pollen and fungal spore concentration and seasonal pollen allergy symptoms in Cracow in 1997–1999. *Aerobiologia*. 2002;18:153–161. DOI: 10.1023/A:1020603717191.
- Myszkowska D., Majewska R. Pollen grains as allergenic environmental factors—new approach to the forecasting of the pollen concentration during the season. *Ann Agric Environ Med*. 2014;21(4):681–688. DOI: 10.5604/12321966.1129914.
- An Y., Ouyang Y., Zhang L. Impact of airborne pollen concentration and meteorological factors on the number of outpatients with allergic rhinitis. *World Allergy Organ J*. 2023;16(4):100762. DOI: 10.1016/j.waojou.2023.100762.
- Jiang F., Yan A. Correlation of Pollen Concentration and Meteorological Factors with Medical Condition of Allergic Rhinitis in Shenyang Area. *Comput Math Methods Med*. 2022;2022:4619693. DOI: 10.1155/2022/4619693.
- Puc M., Bosiacka B. Effects of Meteorological Factors and Air Pollution on Urban Pollen Concentrations. *Polish J of Environ Stud*. 2011;20(3):611–618.
- Чалданбаева А.К., Богданова В.В. Иммунологические особенности пыльцевой и клещевой сенсибилизации у жителей Бишкека. *Бюллетень науки и практики*. 2020;6(6):84–91. DOI: 10.33619/2414-2948/55/12.
- Chaldanbayeva A.K., Bogdanova V.V. Immunological characteristics of pollen and tick-borne sensitization in bishkek population. *Bulletin of Science and Practice*. 2020;6(6):84–91 (in Russ.). DOI: 10.33619/2414-2948/55/12.
- Омушева С.Э. Аллергические риниты у детей (течение, диагностика, оптимизация схем лечения): автореф. дис ... канд. мед. наук. Бишкек; 2020.
- Omusheva S.E. Allergic rhinitis in children (course, diagnosis, optimization of treatment regimens): thesis. Bishkek; 2020 (in Russ.).
- Царев С.В. Аллергия к грибам: особенности клинических проявлений и диагностики. *Астма и аллергия*. 2015;3:3–6.
- Tsarev S.V. Allergy to mushrooms: features of clinical manifestations and diagnosis. *Astma i allergiya*. 2015;3:3–6 (in Russ.).
- Sindt K., Bezancenot J.P., Thibaudon M. Airborne *Cladosporium* fungal spores and climate change in France. *Aerobiologia*. 2016;32(1):53. DOI: 10.1007/s10453-016-9422-x.
- Рахимова Н. О некоторых аллергенных растениях города Ташкента (Узбекистан). В кн.: сб. межд. конференции «Акад. Л.С. Бергу — 145 лет». Бендеры: Эко-TIRAS. 2021:206–209.
- Rakhimova N. About some allergenic plants in the city of Tashkent (Uzbekistan). In: collection of the international conference "Acad. L.S. Berg is 145 years old." Bendery: Eco-TIRAS. 2021:206–209 (in Russ.).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Осмонбаева Кымбаткуль Бейшеновна** — к.б.н., доцент кафедры туризма и охраны окружающей среды Иссык-

Кульского государственного университета им. К. Тыныстанова; 722200, Кыргызская Республика, г. Каракол, ул. Абдрахманова, д. 103; ORCID iD 0000-0001-9606-9392.

**Чурюкина Элла Витальевна** — к.м.н., доцент, начальник отдела аллергических и аутоиммунных заболеваний НИИАП ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России; 344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29; доцент кафедры клинической иммунологии, аллергологии и лабораторной диагностики ФПК и ППС ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; 350063, Россия, г. Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, д. 4; ORCID iD 0000-0001-6407-6117.

**Джамбекова Гульнара Сулеймановна** — д.м.н., профессор, зам. директора по научной работе Международного центра молекулярной аллергологии; 100069, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, д. 7.

**Назарова Евгения Валерьевна** — к.м.н., врач аллерголог-иммунолог, зам. главного врача ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России; 115478, Россия, г. Москва, Каширское ш., д. 24; ORCID iD 0000-0003-0380-6205.

**Контактная информация:** Осмонбаева Кымбаткуль Бейшеневна, e-mail: kymbat.950307@gmail.com.

**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Статья поступила** 29.01.2024.

**Поступила после рецензирования** 21.02.2024.

**Принята в печать** 20.03.2024.

#### ABOUT THE AUTHORS:

**Kymbatkul' B. Osmonbaeva** — C. Sc. (Biol.), associate professor of the Department of Tourism and Environmental Protection, K. Tynystanov Issyk-Kul' State University; 103, Abdrakhmanov str., Karakol, 722200, Kyrgyz Republic; ORCID iD 0000-0001-9606-9392.

**Ella V. Churyukina** — C. Sc. (Med.), Associate Professor, Head of the Division of Allergic and Autoimmune Diseases, Rostov State Medical University; 29, Nakhichevanskiy lane, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation; associate professor of the Department of Clinical Immunology, Allergy, and Laboratory Diagnostics, Kuban State Medical University; 4, Mitrofan Sedin str., Krasnodar, 350063, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-6407-6117.

**Gul'nara S. Dzhambekova** — Dr. Sc. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, International Center for Molecular Allergy; 7, Universitetskaya str., Tashkent, 100069, Republic of Uzbekistan.

**Evgeniya V. Nazarova** — C. Sc. (Med.), Deputy Director, National Research Center Institute of Immunology of the Federal Medical Biological Agency of Russia; 24, Kashirskoe road, Moscow, 115478, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-0380-6205.

**Contact information:** Kymbatkul' B. Osmonbaeva, e-mail: kymbat.950307@gmail.com.

**Financial Disclosure:** no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

**There is no conflict of interest.**

**Received** 29.01.2024.

**Revised** 21.02.2024.

**Accepted** 20.03.2024.