



РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГОРОДА БАРНАУЛА ЗА 2025 ГОД

Стребкова А. С. ORCID ID 0000-0003-2869-5599,
Ненашева Г. И., Карманова М. В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный университет», Барнаул, Российская Федерация,
e-mail: strebkova_a@mail.asu.ru*

В статье рассматриваются результаты аэропалинологического мониторинга на территории г. Барнаула в весенне-летний период 2025 г. Актуальность исследования обусловлена неуклонным ростом распространенности поллинозов, которыми в России страдают до 30 % населения, и необходимостью систематического наблюдения за составом пыльцевого дождя как основным фактором развития сезонных аллергий. Цель работы заключалась в анализе качественного и количественного состава пыльцы аллергенных растений в атмосфере г. Барнаула и составлении календаря пыления. Исследование проводилось с использованием стандартной волюметрической методики с применением пыльцеуловителя Буркарда. Ежедневный отбор проб с апреля по сентябрь позволил проанализировать более 160 образцов и идентифицировать 14 таксонов аллергенной пыльцы. Установлено, что общая годовая концентрация пыльцы составила 31532 п.з./м³. Сезон пыления отчетливо разделился на три волны. Первая волна пыления характеризовалась доминированием березы (*Betula* sp.), обеспечившей 59,5 % от общего объема пыльцы с пиком концентрации 2808 п.з./м³ 5 мая. Во вторую волну пыления преобладали сосна (*Pinus* sp.) и злаки (Poaceae). Третья волна пыления отличалась наибольшим разнообразием с участием полыни (*Artemisia* sp.), маревых (Chenopodiaceae) и крапивы (*Urtica* sp.). Выявлена четкая зависимость динамики пыления от метеорологических условий: засушливая и ветреная погода способствовала росту концентраций, тогда как обильные осадки приводили к временному очищению воздуха. Полученные результаты подчеркивают необходимость регулярного аэропалинологического мониторинга для своевременного оповещения населения о периодах высокого аллергенного риска и могут служить основой для оптимизации лечебно-профилактических мероприятий.

Ключевые слова: аэропалинологический мониторинг, календарь пыления, пыльцеуловитель Буркарда, аллергенные растения, поллиноз

THE RESULTS OF AEROPALINOLOGICAL MONITORING OF BARNAUL IN 2025

Strebkova A. S. ORCID ID 0000-0003-2869-5599,
Nenasheva G. I., Karmanova M. V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Altai State University”, Barnaul, Russian Federation,
e-mail: strebkova_a@mail.asu.ru*

The article discusses the results of aeropalino logical monitoring in Barnaul in the spring-summer period of 2025. The relevance of the study is due to the steady increase in the prevalence of pollinosis, which affects up to 30 % of the population in Russia, and the need for systematic monitoring of the composition of pollen rain as the main factor in the development of seasonal allergies. The purpose of the work was to analyze the qualitative and quantitative composition of pollen of allergenic plants in the atmosphere of Barnaul and compile a pollination calendar. The study was conducted using a standard volumetric technique using a Burkard pollen trap. Daily sampling from April to September made it possible to analyze more than 160 samples and identify 14 taxa of allergenic pollen. It was found that the total annual pollen concentration was 31532 p.g/m³. The dusting season was clearly divided into three waves. The first wave of pollination was characterized by the dominance of birch (*Betula* sp.), which provided 59.5 % of the total pollen volume with a peak concentration of 2808 p.g/m³ on May 5. In the second wave of dusting, pine (*Pinus* sp.) and cereals (Poaceae) prevailed. The third wave of dusting was most diverse, involving wormwood (*Artemisia* sp.), haze (Chenopodiaceae), and nettle (*Urtica* sp.). A clear dependence of dust dynamics on meteorological conditions was revealed: arid and windy weather contributed to an increase in concentrations, while heavy precipitation led to temporary air purification. The obtained results emphasize the need for regular aeropalino logical monitoring in order to timely notify the population about periods of high allergenic risk and can serve as a basis for optimizing therapeutic and preventive measures.

Keywords: aeropalino logical monitoring, pollination calendar, allergenic plants, Burkard’s pollen trap, pollinosis

Введение

В последние годы значимость аэропалинологических исследований заметно увеличивается, что напрямую связано с ростом распространенности аллергических заболе-

ваний. Согласно данным эпидемиологических исследований, количество людей, страдающих аллергией, увеличивается на 20 % каждое десятилетие. В Российской Федерации заболеваемость поллинозом достига-

ет 30 % [1]. Эта тревожная динамика объясняет повышенное внимание к изучению пылевого дождя, как основного фактора развития сезонных аллергий, в частности поллинозов. Для эффективного контроля состояния населения и планирования профилактических мероприятий требуется систематическое наблюдение за аллергенным фоном. Такой мониторинг включает определение количественных и качественных характеристик пыльцы в воздухе, изучение сезонных закономерностей ее появления, фиксацию суточной активности пыления наиболее значимых растений, составление календарей пыления и формирование прогнозов. Все эти задачи решает аэропаллинология – научное направление, специализирующееся на оценке содержания пыльцы растений и спор грибов в атмосфере. Эпидемиологические исследования показывают, что наибольшая заболеваемость поллинозом регистрируется в возрастной группе 20–40 лет (56 %). Ведущим клиническим проявлением заболевания служит аллергический ринит (95–98 %), который в более чем 90 % случаев сочетается с аллергическим конъюнктивитом, а в 32–49 % случаев приводит к развитию бронхиальной астмы [2; 3]. Важной особенностью пылевых антигенов является их высокая ферментативная активность, которая влияет на трансформацию аллергена в организме и повышает его аллергенный потенциал, приводя к образованию специфических антител [4].

История инструментальных аэропаллинологических наблюдений в странах Западной Европы берет начало в конце 1970-х гг. Ключевым этапом стало создание в следующем десятилетии общеевропейского банка данных, который послужил основой для построения карт пылевой нагрузки и системы прогнозирования. Развитие системы аэропаллинологических исследований связано с созданием Международной ассоциации аэробиологов (IAA) и единой европейской аэропаллинологической сети (EAN), которая насчитывает свыше 500 станций аэропаллинологического мониторинга [1]. Аэропаллинологический мониторинг предложено вести за 15 таксонами, выбор их обусловлен аллергенными свойствами и частотой встречаемости.

В России служба аэропаллинологического мониторинга существует с 1992 г., основные станции мониторинга сосредоточены в центральной полосе России. Географически сеть наблюдений тяготеет к центральной полосе страны, при этом государствен-

ная программа аэропаллинологического мониторинга до настоящего времени не реализована. Вместе с тем исследования аэроспектров продолжают, о чем свидетельствуют изданные календари пыления для Москвы, Рязани, Уфы, Петрозаводска, Ростова-на-Дону и Краснодара [5; 6]. Аэропаллинологические исследования в Алтайском крае (г. Барнаул) начали осуществляться с 2004 г., работа проводится по стандартной методике с использованием волюметрического пылеуловителя Буркарда, что дает возможность количественно оценить интенсивность пыления. Непрерывный характер аэропаллинологических исследований выступает необходимым условием для построения системы информирования о концентрации спор и пыльцы в атмосферном воздухе. Получаемые в ходе мониторинга данные обеспечивают возможность объективной оценки аллергенной обстановки, что, в свою очередь, является основой для разработки научно обоснованных управленческих решений, направленных на снижение рисков для здоровья. Практическая реализация результатов исследований способствует как профилактике обострений у лиц, страдающих аллергическими заболеваниями, так и повышению эффективности превентивных и терапевтических мероприятий, проводимых специалистами.

Цель исследования – выявление особенностей качественного и количественного состава пылевого дождя в г. Барнауле, определение основных периодов пыления региональной растительности и разработка регионального календаря пыления.

Материалы и методы исследования

В статье представлены результаты аэропаллинологического мониторинга на территории г. Барнаула в 2025 г. и составлен календарь пыления аллергенных растений. Для выполнения исследования использованы методы аэропаллинологического анализа. Стационарный аэропаллинологический мониторинг проводился с использованием волюметрической ловушки-пылеуловителя Буркарда, установленного на крыше здания Алтайского государственного университета на высоте 22 м от поверхности земли (53.347938 с. ш., 83.775149 в. д.). Аэропаллинологические исследования осуществлялись в ежедневном режиме в течение весенне-летнего сезона – с апреля по середину сентября 2025 г. Всего было получено и обработано свыше 160 проб. Подготовка препаратов к микроскопии включала их

консервацию с применением глицерин-желатиновой среды, окрашенной сафранином. Микроскопический анализ препаратов с целью подсчета и видовой идентификации пыльцевых зерен выполнялся с использованием микроскопа Axiostar plus (увеличение $\times 400$, $\times 600$). Морфологическая идентификация нативных пыльцевых зерен в аэропалинологических исследованиях ограничена вследствие значительного сходства ультраструктуры у таксономически близких видов. В связи с этим таксономическая атрибуция в большинстве случаев возможна с точностью до рода, а для отдельных групп – до семейства. Достоверная оценка концентрации пыльцевых зерен в образце достигается при условии просмотра не менее 20 % от общей площади препарата, пыльца аллергенных растений определялась с использованием эталонных препаратов рецентной пыльцы, атласов-определителей [7, с. 31; 8]. Полученные количественные данные пересчитывали на объем воздуха и выражали в виде числа пыльцевых зерен в 1 м^3 .

Результаты исследования и их обсуждение

Для анализа динамики пыления по каждому таксону фиксировали даты начала и окончания пыления, его продолжительность и дату пиковой концентрации. Календарь пыления создается по каждой декаде периода пыления. Для регионального календаря пыления были отобраны 14 аллергенных таксонов, пыльцевые зерна которых присутствуют в составе аэроспектра в значительном количестве: I группа – деревья: хвойные *Picea* sp., *Pinus* sp.; лиственные: *Salix* sp., *Betula* sp., *Populus* sp., *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp.; II группа – злаковые травы: Poaceae; III группа – сорняки: *Rumex* sp., *Plantago* sp., *Urtica* sp., *Artemisia* sp., Chenopodiaceae.

Аэропалинологические спектры, полученные в результате мониторинга, служат надежным отражением сезонной динамики пыления растений на исследуемой территории. Особенностью формирования этих спектров является их прямая зависимость от метеорологических условий, которые определяют наступление фенологических фаз развития растений. Современные исследования отмечают устойчивую тенденцию к изменению сроков пыления, а также отмечается удлинение сезона пыления аллергенных растений и более раннее начало палликации. Указанные фенологические сдвиги

подчеркивают важность учета метеорологических параметров при анализе сезонной динамики пыления.

Особенности климата Барнаула тесно связаны с его физико-географическим положением: город расположен в зоне сочленения юго-восточной окраины Западной Сибири и горного сооружения Алтая. Регион характеризуется свободным доступом арктических воздушных масс со стороны Северного Ледовитого океана, а также воздушных потоков, формирующихся над территорией Казахстана и Средней Азии [9]. Трансформация и смена воздушных масс приводят к высокой вариабельности метеорологических условий. Тип климата – умеренно континентальный. Отличительные черты: зима отличается суровостью и продолжительностью, лето – непродолжительное, умеренно жаркое. Температурный режим характеризуется – в июле $+19,8 \text{ }^\circ\text{C}$, в январе $-17,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Годовой диапазон средних месячных температур составляет $37,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Среднегодовое количество осадков – 495 мм . В структуре годового хода атмосферных осадков выделяется холодный период (ноябрь – март) с суммой 171 мм , на теплый период приходится основная доля осадков – 324 мм (65 % от общего количества). Территория города относится к зоне недостаточного увлажнения [10; 11]. Наступление фаз развития растений в значительной степени зависит от температуры воздуха. Поэтому для определения и обоснования начала периода пыления были рассчитаны временные границы наступления фаз весенне-летнего сезона (табл. 1, 2).

Для выделения фаз весенне-летнего сезона использованы температурные критерии Н. В. Рутковской, адаптированные Н. Ф. Харламовой для Алтайского края [10, с. 59–94]. При структурировании весеннего сезона выделены три фазы: «снеготаяние» – от устойчивого перехода среднесуточной температуры через $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ к $0 \text{ }^\circ\text{C}$, «последзимье» – от 0 до $+5 \text{ }^\circ\text{C}$, «предлетье» – от устойчивого перехода через $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ до стабильного превышения $+10 \text{ }^\circ\text{C}$. Летний сезон включает фазы «умеренно прохладное лето» (от $+10$ до $+15 \text{ }^\circ\text{C}$), «умеренно теплое лето» (выше $+15 \text{ }^\circ\text{C}$) и «спад лета» (от снижения с отметки выше $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+10 \text{ }^\circ\text{C}$). Определение даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через $0, 5, 10, 15 \text{ }^\circ\text{C}$ проводится при сопоставлении сумм положительных и отрицательных отклонений среднесуточной температуры от данного периода [12].

Таблица 1

Даты начала фаз устойчивого перехода через -5, 0, 5, 10 и 15 °С, построенные по средним и медианным значениям за период с 1994 по 2025 г.

| Фаза | Ранняя | | Поздняя | | Средняя | | Амплитуда | σ |
|--------|--------|--------------------------|---------|------------|---------|--------|-----------|----|
| | № дня | Дата | № дня | Дата | № дня | Дата | | |
| - 5 °С | 58 | 27.02.2008 27.02.2019 | 90 | 30.03.1996 | 75 | 16.III | 32 | 10 |
| 0 °С | 74 | 15.03.2014 | 111 | 21.04.2023 | 92 | 02.IV | 37 | 9 |
| 5 °С | 89 | 30.03.2014 | 127 | 07.05.2006 | 107 | 17.IV | 38 | 9 |
| 10 °С | 107 | 16.04.2016 | 144 | 24.05.2010 | 123 | 02.V | 37 | 8 |
| 15 °С | 125 | 05.05.2001 | 185 | 04.07.2009 | 149 | 28.V | 60 | 13 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 2

Даты завершения фаз устойчивого перехода через - 5, 0, 5, 10 и 15 °С, построенные по средним и медианным значениям за период с 1994 по 2025 г.

| Фаза | Ранняя | | Поздняя | | Средняя | | Амплитуда | σ |
|--------|--------|------------|---------|--------------------------|---------|---------|-----------|----|
| | № дня | Дата | № дня | Дата | № дня | Дата | | |
| 15 °С | 224 | 11.08.1996 | 258 | 14.09.2012 | 242 | 30.VIII | 34 | 9 |
| 10 °С | 239 | 26.08.1996 | 277 | 04.10.2006 04.10.2009 | 262 | 19.IX | 38 | 9 |
| 5 °С | 265 | 22.09.2017 | 296 | 23.10.2005 | 282 | 09.X | 31 | 9 |
| 0 °С | 285 | 11.10.2016 | 322 | 18.11.2010 | 304 | 31.X | 37 | 9 |
| - 5 °С | 295 | 21.10.1996 | 351 | 17.12.2013 | 318 | 13.XI | 56 | 11 |

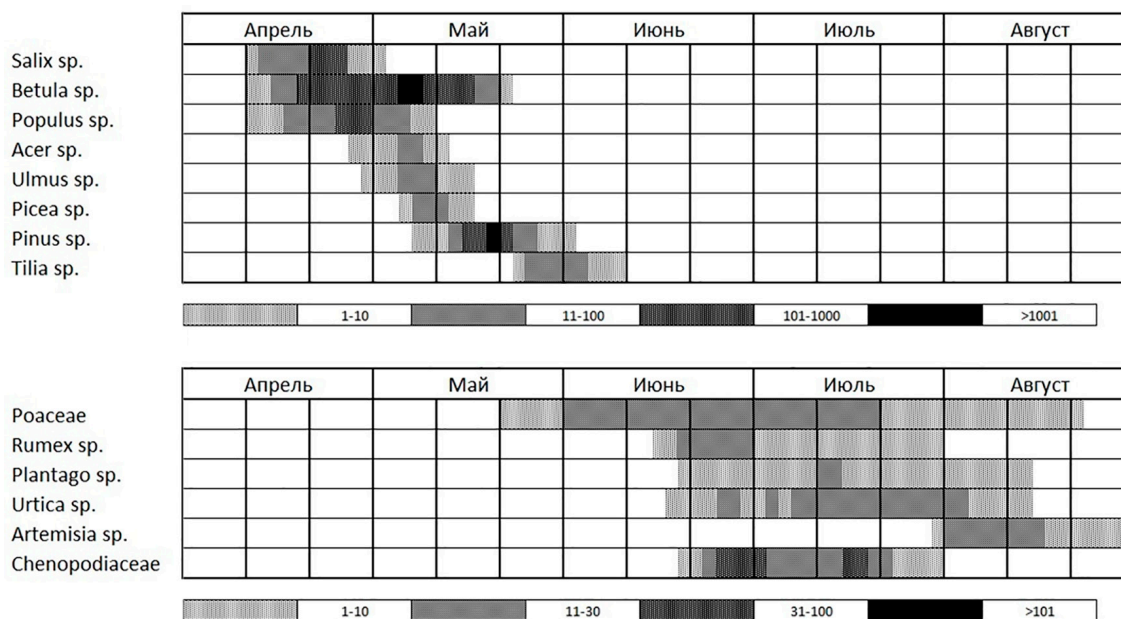
Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Для установления и анализа изменения временных характеристик весенне-летнего сезона года на исследуемой территории использованы обобщенные данные многолетних наблюдений за среднесуточными значениями температуры воздуха по метеостанции Барнаул из базы данных ВНИИГ-МИ-МЦД за период с 2004 по 2025 г. [13].

Проведенный анализ показал, что фенологическая структура весенне-летнего сезона в Барнауле характеризуется устойчивой динамикой температурных переходов. Ключевой границей, определяющей начало вегетации и активизации пыления растений, является фаза «предлетья» (устойчивый переход через +5 °С). Согласно полученным данным (табл. 1, 2), среднесуточная дата наступления «предлетья» приходится на 17 апреля (107-й день года), хотя в отдельные годы (например, аномально теплый 2014 г.) дата может смещаться на конец марта. Именно с переходом среднесуточных температур воздуха через +5 °С запускаются процессы сокодвижения у деревьев и набухания почек, что приводит к интенсивному

накоплению сумм положительных температур, необходимых для выхода пыльцевых зерен. Дальнейшее повышение температур до +10 и +15 °С (фазы летнего сезона) последовательно включает в процесс пыления таксоны растений. Данная закономерность легла в основу построения календаря пыления (рисунок), где даты начала пыления различных растений сопоставлены с описанными фазами весенне-летнего сезона.

Календарь пыления, являющийся ключевым инструментом для анализа динамики концентрации пыльцы в атмосфере, базируется на многолетних фенологических наблюдениях или на обобщенных и текущих аэропалинологических данных [14; 15]. Он формируется путем анализа пыльцевого спектра и характеризует актуальное состояние воздуха, отражая суточную сумму концентраций пыльцы отдельных аллергенных таксонов, а также периоды повышенного и пониженного процесса пыления. В календаре четко визуализируются основные периоды пыления аллергенных растений через динамику концентрации их пыльцы.



Календарь пыления Барнаула за 2025 г.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Календарь пыления за 2025 г. приводится на рисунке. Календарь пыления включает 14 таксонов, которые представлены в растительности г. Барнаула и Алтайского края. Для лесостепной зоны Алтайского края характерно наличие трех волн пыления в весенне-летний период [9].

Первая волна пыления (апрель – май) характеризуется максимальными концентрациями пыльцы в атмосфере г. Барнаула. В основе аэроспектра группы древесных лиственных растений: ивы, березы, тополя, клена, вяза. Для первой волны пыления характерна высокая интенсивность, начало и характер пыления данных таксонов в значительной степени определяются температурным фактором. В составе спектра доминируют пыльцевые зерна березы, в меньшей степени тополя и клена. Вторая волна пыления наблюдается с конца мая до середины июля и характеризуется минимальными концентрациями пыльцы и сравнительно бедным таксономическим составом спектра, включающим пыльцу сосны, липы и злаков как индикаторов сезона. Концентрация и время появления пыльцы сосны и злаков могут варьировать. В спектре также могут присутствовать единичные зерна розоцветных, ели, пихты, а также единичные пыльцевые зерна ивы, березы, клена. Третья волна охватывает период с середины июля до конца лета и отличается наибольшим таксономическим разнообразием. В соста-

ве аэроспектра третьей волны пыления встречаются сложноцветные, гречишные, гвоздичные, капустные, бобовые и другие семейства, при этом обязательными компонентами являются пыльцевые зерна семейства злаковых и маревых. Палиноиндикаторами третьей волны пыления выступают маревые и полынь [7, с. 38–39].

Аэропалинологический сезон 2025 г. в Барнауле также отчетливо разделяется на три последовательные волны пыления, каждая из которых характеризовалась своим доминирующим составом таксонов и специфическими метеорологическими условиями. Общая годовая концентрация пыльцы составила 31532 п.з./м³. Первая волна пыления (апрель – май) – в спектре встречается только пыльца древесных растений *Salix sp.*, *Betula sp.*, *Populus sp.*, *Acer sp.*, *Ulmus sp.* Береза – абсолютный доминант первого периода сезона пыления. Ее пыление было зарегистрировано в период с 12 апреля по 21 мая. Данный таксон обеспечил 59,5 % от всей учтенной аллергенной пыльцы года. Суммарная концентрация за сезон составила 17345 п.з./м³. Следующим по концентрации таксоном первой волны пыления выступает *Acer sp.* Пыление началось 16 апреля и продолжалось до 11 мая, достигнув пика 29 апреля (451 п.з./м³). Суммарная концентрация 1924 п.з./м³ составила 6,1 % от общей суммы годовой концентрации. Важно отметить, что пик пыления клена в 2025 г.

практически совпал с началом пика пыления березы, создав период комбинированной аллергенной нагрузки в конце апреля – начале мая. Период пыления тополя был зафиксирован с 11 апреля по 8 мая. Максимальная концентрация – 367 п.з./м³ 28 апреля. Суммарный вклад за сезон (1620 п.з./м³) составил около 5,1 %. Пыление ивы было кратковременным, но интенсивным. Период с 12 по 30 апреля. Максимальная концентрация – 172 п.з./м³ 21 апреля. Несмотря на короткий сезон, таксон обеспечил 2,9 % годовой концентрации (938 п.з./м³), выступив одним из первых весенних аллергенов. Пыление вяза проходило в период с 2 по 27 мая. Максимальная концентрация составила 27 п.з./м³ (6 мая). Общий вклад таксона в спектр (192 п.з./м³) минимален (0,6 %).

Формированию первой волны пыления способствовали ранние фенологические сроки, обусловленные быстрым накоплением эффективных температур выше +5 °С уже в начале апреля. Дни с максимальными концентрациями пыльцы (конец апреля – начало мая) характеризовались теплой и сухой погодой с умеренным ветром. Например, 5 мая зарегистрирована максимальная концентрация березы – 2808 п.з./м³ среднесуточная температура воздуха составила +14,9 °С, осадков 0 мм, относительная влажность 38,1 %, ветер до 3,1 м/с. Данные метеорологические условия благоприятны для выброса, дисперсии и переноса легкой пыльцы ветроопыляемых деревьев. Низкая относительная влажность воздуха препятствовала осаждению пыльцы, а умеренный ветер обеспечивал ее распространение.

Вторая волна пыления (конец мая – начало июля). Индикаторами второй волны выступали пыльцевые зерна *Pinus sp.* и *Poaceae*. Несмотря на более низкие абсолютные концентрации по сравнению с березой, пыльца сосны и злаков создавала устойчивый фон аллергенной нагрузки. В составе аэроспектра, за исключением перечисленных таксонов, отмечено присутствие пыльцевых зерен *Tilia sp.*, *Picea sp.*, из травянистой группы аллергенных таксонов присутствовали пыльцевые зерна *Chenopodiaceae*, *Rumex sp.*, *Urtica sp.*, *Plantago sp.* Доля сосны от суммарной концентрации за весенне-летний сезон составила 16,4 %. Пыление отмечалось с 7 мая по 26 мая. Максимум концентрации был зафиксирован значительно раньше, чем в предыдущем году – 18 мая (1277 п.з./м³). Общая сезонная концентрация 5170 п.з./м³. Пыление ели было зафиксировано с 17 по 28 мая. Максимальная кон-

центрация составила 36 п.з./м³ 9 мая. Вклад в общий спектр 0,57 %. Пыление липы отмечено в период с 17 июня по 6 июля, максимальная концентрация 39 п.з./м³.

Таксоны семейства *Poaceae* демонстрировали самый продолжительный период присутствия пыльцы в воздухе (с 30 мая по 30 августа). Интенсивность пыления была умеренной со средними концентрациями. Максимальная концентрация отмечена 14 июня (32 п.з./м³). Суммарный вклад за сезон (934 п.з./м³) составил 3 %.

Метеорологические условия второй волны пыления характеризовались теплым и сухим периодом среднесуточная температура воздуха составляла в среднем +20 °С, 0 мм осадков, относительная влажность воздуха 42,1 %. Наблюдаемая динамика концентрации пыльцы злаков в период их пиковой активности демонстрирует выраженную зависимость от циклической смены метеорологических условий. Кратковременные периоды осадков, приводящие к эффективному влажному осаждению пыльцевых зерен, вызывали резкое снижение их содержания в приземном слое атмосферы. Однако последующее установление сухой, теплой и ветреной погоды инициировало новый цикл интенсивной эмиссии. Повышенные температуры и инсоляция стимулировали цветение и раскрытие пыльников, а умеренный ветер обеспечивал активный горизонтальный перенос и дисперсию пыльцы. Так, после эпизода осадков 4 июня (5,9 мм), уже к 14 июня (+25, °С, ветер до 5,25 м/с) сформировался очередной пик пыльцевой нагрузки. Таким образом, чередование фаз атмосферного очищения и условий, благоприятствующих выбросу и переносу, в целом определяло выраженную неравномерность внутрисезонной динамики аэропаллинологического спектра.

В третью волну пыления (середина июля – конец августа) количество аллергенной пыльцы составляет в среднем не более 15 % от общегодовой суммы. Доминирующие таксоны *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia sp.*, также в спектре представлены *Rumex sp.*, *Urtica sp.*, *Plantago sp.* Данный период характеризуется продолжительным одновременным присутствием в воздухе пыльцы нескольких аллергенных травянистых растений.

Пыление злаков, максимальная концентрация которых была зафиксирована во второй волне, продолжило вносить существенный вклад в общий аэропаллинологический спектр в течение последующей третьей волны.

Для маревых (*Chenopodiaceae*) продолжительность пыления регистрировалась с 20 июня по 28 июля. Максимальная концентрация отмечена 27 июня (100 п.з./м³). Общая годовая концентрация (1040 п.з./м³) составила 3,2 % от общего спектра.

Artemisia sp. период пыления с 24 июля по 22 августа. Максимум пришелся на 8 августа (55 п.з./м³). Годовая концентрация (473 п.з./м³) составила 1,5 %. *Urtica* sp. период пыления с 1 июля по 26 августа. Пиковая концентрация 31 п.з./м³ 14 июля. Суммарный показатель (678 п.з./м³) равен 2,1 % от годового спектра. *Rumex* sp. пыление наблюдалось с 14 июня по 29 июля. Максимальная концентрация 53 п.з./м³ 22 июня. Общая концентрация (522 п.з./м³) составила 1,6 %. *Plantago* sp. пыление продолжалось с 11 июня по 4 августа. Максимум зафиксирован 13 июля – 26 п.з./м³. Вклад в годовой спектр 259 п.з./м³ – 0,8 %.

Динамика пыльцы в период третьей волны характеризовалась выраженной обратной корреляцией с количеством осадков, что особенно четко проявлялось у позднецветущих видов, таких как полынь. Максимальные концентрации аэропалеонтологического спектра регистрировались в фазы с установлением сухой и теплой погоды, создающей условия для интенсивной эмиссии и последующего переноса пыльцевых зерен. Обратный эффект оказывали периоды обильных осадков, которые приводили к практически полному очищению приземного слоя атмосферы за счет механизма влажного осаждения. Так, выпадение 10 и 11 августа 14 и 20,5 мм осадков соответственно обусловило резкий спад концентраций для всех таксонов. В целом повышенная влажность воздуха в этот сезонный период способствовала ускоренному осаждению пыльцы. Однако в интервалах между осадками установление ветреной погоды с низкой относительной влажностью воздуха провоцировало повторный подъем и дисперсию пыльцы, причем данная динамика была наиболее выражена для представителей семейств *Chenopodiaceae* и *Artemisia* sp., чьи пыльцевые зерна обладают соответствующими аэродинамическими свойствами.

Выводы

На основании анализа аэропалеонтологических данных 2025 г. в Барнауле выделяются три последовательные волны пыления, характеризующиеся не только сменой доминирующих таксонов, но и их взаимодействием. Первая волна пыления, приходящаяся

на весенний период, фаза сезона «предлетье», характеризующаяся устойчивым переходом среднесуточной температуры через +5 °С, формируется преимущественно за счет высокопродуктивных древесных анемофилов, в первую очередь представителей семейства *Betulaceae*. Вторая волна, имеет смешанный состав, где к завершающей фазе пыления отдельных древесных пород добавляется интенсивная эмиссия пыльцы злаков. Третья волна пыления, почти полностью определяется травянистыми таксонами. Важной особенностью сезонной динамики является частичное временное перекрытие (наложение) волн. Это создает периоды, когда в атмосфере города одновременно присутствуют пыльцевые зерна таксонов, типичных для разных сезонных фаз. Наиболее значимым с клинической точки зрения является наложение заключительной стадии первой волны на начальную стадию второй волны (ранее пыление злаков). В эти интервалы спектр атмосферных аллергенов становится комбинированным, что потенциально увеличивает нагрузку для лиц, страдающих поллинозом. Также стоит отметить, что пыльца высокоаллергенных древесных пород, прежде всего березы, регистрируется в атмосфере в фоновых концентрациях и после прохождения основного периода пыления, в том числе в период активного пыления злаков. Это указывает на пролонгированный характер присутствия в воздухе отдельных видов пыльцы, что может быть связано как с вторичным подъемом пыльцевых зерен с поверхности почвы и растительности, так и с растянутым периодом пыления отдельных представителей таксона в пределах урбанизированной территории.

Список литературы

1. Павлюченко И. И., Клименко Я. В., Федотова Н. В., Коков Е. А., Кокова Л. Н., Сторожук А. П., Цымбалов О. В. Аэропалеонтологический мониторинг состояния окружающей среды в отдельно взятом регионе как фактор профилактики поллиноза // Инновационная медицина Кубани. 2023. № 3. С. 62–70. DOI: 10.35401/2541-9897-2023-26-3-62-70. EDN: TDZNDY.
2. Клименко Я. В., Мороз А. Н., Павлюченко И. И. Актуальность аэропалеонтологического мониторинга воздушной среды г. Краснодара // Здоровье нации в XXI веке: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (г. Краснодар, 23 сентября 2021 г.). Краснодар: ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ – филиал ФГБУ РЭА Минэнерго России, 2021. С. 53–59. EDN: UMKLVJ.
3. Кудрявцева А. В., Ксензова Л. Д., Фарбер И. М., Хачатрян Л. Г. Весенний поллиноз в период с 2001 по 2021 г. в Московском регионе // Основы терапии. Вопросы практической педиатрии 2021. № 16 (6). С. 127–133. DOI: 10.20953/1817-7646-2021-6-127-133.

4. Мигачева Н. Б. Пыльцевая аллергия и пыльцевая сенсибилизация: новый взгляд на старую проблему // Аллергология и иммунология в педиатрии. 2022. № 1 (68). С. 4–15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pyltsevaya-allergiya-i-pyltsevaya-sensibilizatsiya-novyuy-vzglyad-na-staruyu-problemu> (дата обращения: 26.03.2026). DOI: 10.53529/2500-1175-2022-1-4-15.
5. Посевина Ю. М., Северова Е. Э. Динамика пыльцевого дождя в Рязани: первые волнометрические данные // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2017. Т. 122. № 4. С. 102–108. EDN: ZIFUOH.
6. Карасева В. С., Селезнева Ю. М., Северова Е. Э. Мониторинг пыления злаков в городе Рязани // Ботанический журнал. 2025. Т. 110. № 2 С. 175–187. URL: https://botjournal.ru/s26586339s0006813625020053-1/?version_id=106246 (дата обращения: 13.03.2026). DOI: 10.31857/S0006813625020053. EDN: DNACQM.
7. Ненашева Г. И. Растительность и климат голоцена межгорных котловин Центрального Алтая: монография. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. 164 с. URL: <http://www.asu.ru/files/documents/00015088.pdf> (дата обращения: 26.03.2026). ISBN 978-5-7904-1454-1.
8. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 171 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/010003_00061_941bf7ad40b161c9c1fe983349bcbfba/ (дата обращения: 06.02.2026).
9. Ненашева Г. И., Козырева Ю. В., Слажнева С. С., Харламова Н. Ф., Минакова А. Е. Аэропалинологический мониторинг в г. Барнауле (Алтайский край, Россия) с учетом влияния метеорологических факторов на пыление растений в лесостепной зоне Сибири // Региональная экономика и управление. 2024. № 4 (80). Номер статьи: 8009. URL: <https://eee-region.ru/article/8009/> (дата обращения: 06.02.2026).
10. Харламова Н. Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула: монография. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2013. 132 с. URL: <http://elibrary.asu.ru/handle/asu/153> (дата обращения: 06.02.2026).
11. Максимова Н. Б., Морковкин Г. Г., Ненашева Г. И. Динамика сроков наступления вегетационного периода по природно-почвенным зонам Алтайского края за 1955–2020 годы // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2023. № 4 (220). С. 110–117. DOI: 10.18522/1026-2237-2023-4-110-117. EDN: AHISQK.
12. Стребкова А. С., Карманова М. В., Ненашева Г. И. Характеристика фаз весенне-летнего сезона года на примере территории Алтайского края // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2025. № 4. С. 103–111. DOI: 10.18522/1026-2237-2025-4-103-111.
13. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/special/about/structure/piu/354/> (дата обращения: 26.02.2026).
14. Чурюкина Э. В., Уханова О. П., Голошубова Е. А. Аэропалинологический мониторинг воздушной среды в Ростовской области: результаты сезона палинации 2019 года // Российский аллергологический журнал. 2020. Т. 17. № 4. С. 57–65. DOI: 10.36691/RJA1387.
15. Елькина Н. А. Календарь пыления аллергенных растений г. Петрозаводска // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2018. № 8 (177). С. 78–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kalendar-pyleniya-allergen-nyh-rasteniy-g-petrozavodska> (дата обращения: 04.02.2026). DOI: 10.15393/uchz.art.2018.255.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Работа выполнена в рамках гранта РФФ № 24-27-20087 «Аллергокомфортность природной среды и привлекательность рекреационных территорий юга Западной Сибири как основа развития лечебно-оздоровительного туризма».

Financing: The work was carried out as part of the Russian Foundation for Basic Research grant No. 24-27-20087 “Allergocomfortability of the Natural Environment and Attractiveness of Recreational Areas in the South of Western Siberia as a Basis for the Development of Medical and Health Tourism”.