

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Алтайский государственный университет

На правах рукописи



Стребкова Алёна Сергеевна

**ОЦЕНКА АЛЛЕРГОКОМФОРТНОСТИ ТЕРРИТОРИИ
АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

1.6.21 – Геоэкология (географические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:
кандидат географических наук, доцент
Ненашева Галина Ильинична

Барнаул – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЭРОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ	11
1.1 Научная ретроспектива аэропалинологических исследований.....	11
1.2 Аэропалинологический мониторинг как метод исследования геосистемы и прогнозирования пыльцевой нагрузки	22
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	40
2.1 Физико-географические условия территории исследования	40
2.2 Комплексный подход к изучению аэропалинологической обстановки территории исследования.....	60
ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СПЕКТРА АЛЛЕРГЕННОЙ ПЫЛЬЦЫ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ	72
3.1 Результаты аэропалинологического мониторинга г. Барнаула.....	72
3.2 Рецентные спорово-пыльцевые спектры территории исследования.....	91
3.3 Влияние метеорологических условий на концентрацию пыльцы	105
ГЛАВА 4. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ПО УРОВНЮ ПРОЯВЛЕНИЯ АЛЛЕРГОКОМФОРТНОСТИ	115
4.1 Оценка аллергокомфортности территории Алтайского края.....	115
4.2 Рекомендации по снижению аэроаллергенной нагрузки.....	133
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	146
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	175

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Преобразование природной среды в результате хозяйственной деятельности человека достигает масштабов, при которых экологические последствия становятся существенным фактором, определяющим качество условий проживания населения. Нарушение сложившихся биогеохимических циклов, трансформация растительного покрова и техногенная нагрузка на экосистемы обуславливают необходимость учета все большего числа показателей, используемых при оценке качества среды обитания. Среди таких показателей пыльца растений занимает важное положение, поскольку, с одной стороны, отражает состояние растительного покрова под воздействием антропогенных факторов, а с другой – выступает значимым фактором, влияющим на здоровье человека.

Всемирной организацией здравоохранения аллергические заболевания признаны одной из наиболее острых медико-социальных проблем XXI века (Thompson et. al., 2020; Maruyama, 2021; Ильина, 2022). В России от 12,7 % до 38 % населения страдает поллинозом (Клинг, Зимина, 2023; Аралова и др., 2023). В Сибирском федеральном округе на долю аллергического ринита в структуре аллергозаболеваемости приходится 33,2% (Назарова, Хаитов 2024). В Алтайском крае распространенность аллергического ринита составляет 10,6% (Шахова и др., 2018).

Рост аллергических заболеваний, фиксируемый в последние десятилетия во всем мире (Назарова, 2020; Лозовская и др., 2025), во многом связан с модификацией свойств пыльцевых зерен под воздействием поллютантов, что стало предпосылкой развития в мировой и отечественной практике аэропалинологического мониторинга, как ключевого инструмента, направленного на оценку и прогноз динамики концентрации аллергенной пыльцы в аэроспектре.

Проведение регулярных аэропалинологических исследований позволяет не только своевременно выявлять периоды наибольшего риска для

чувствительных групп населения, но и разрабатывать меры профилактики, что в конечном итоге способствует снижению частоты аллергических реакций и улучшению качества жизни населения. В связи с этим создание национальных сетей аэропалинологического мониторинга является важной задачей для многих стран.

В Российской Федерации единая государственная программа аэропалинологического мониторинга отсутствует, что значительно затрудняет возможности объективной оценки пространственно-временной динамики пыльцевого спектра и разработки эффективных профилактических мероприятий. Наиболее стабильные аэропалинологические наблюдения ведутся в ряде городов России (Москва, Санкт-Петербург, Рязань, Тюмень, Екатеринбург, Пермь, Ставрополь, Краснодар, Ростов-на-Дону и др.), данные с которых агрегируются на открытых ресурсах, таких как «Allergotop» (www.allergotop.com) и в рамках проекта «Пыльца Club» (www.pollen.club). Отечественные наблюдения носят локальный характер, работа станций может быть нестабильной, а охват территорий крайне неравномерным. На территории Алтайского края аэропалинологические исследования проводятся с 2004 года (Ненашева, 2013; Курятникова, 2022). Полученные результаты исследований имеют важное прикладное значение для оценки экологического состояния компонентов геосистемы. Для долгосрочного прогноза существенным является переход аэропалинологических исследований от фрагментарных и локальных наблюдений к формированию комплексного мониторинга.

Актуальность настоящего исследования определяется необходимостью комплексного анализа аэропалинологической обстановки, выявления пространственно-временных закономерностей формирования пыльцевого фона и разработки методики оценки аллергокомфортности территории, учитывающей состав растительного покрова, метеорологические показатели, фенологические особенности аллергенных таксонов. Реализация данного подхода позволит создать основу для обеспечения безопасного пребывания

населения в рекреационных зонах региона, учета потребностей лиц с повышенной чувствительностью к пыльце и развития превентивной системы информирования об аллергенной обстановке.

Цель диссертационной работы: оценить территорию Алтайского края по уровню проявления аллергокомфортности.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Проанализировать теоретико-методические подходы в области аэропалинологических исследований как основы изучения пространственно-временной динамики пылевых спектров.

2. Выявить пространственно-временную динамику пылевого спектра на основе многолетних данных стационарного аэропалинологического мониторинга в г. Барнауле и палинологического исследования седиментационным методом с использованием ловушки Таубера.

3. Установить статистические зависимости между метеорологическими показателями и характеристиками пыления основных аллергенных таксонов.

4. Разработать методику оценки аллергокомфортности территории, выполнить дифференциацию Алтайского края по уровню аллергокомфортности, и предложить рекомендации по снижению аэроаллергенной нагрузки на человека.

Объектом исследования является спектр аллергенной пыли территории Алтайского края.

Предмет исследования – пространственно-временные закономерности и условия формирования спектра аллергенной пыли в различных физико-географических районах, провинциях Алтайского края.

Материалы и методы исследования. В основу работы легли результаты многолетнего аэропалинологического мониторинга со стационарной точки г. Барнаул за период 2004–2025 гг.

Автором собраны и обработаны ежедневные материалы

аэропалинологического мониторинга в количестве 300 проб за весенне-летние сезоны 2024, 2025 гг., а также результаты полевых исследований 2025 года, включающие 57 спорово-пыльцевых проб для анализа рецентных спектров. Метеорологические показатели для исследования базируются на массиве данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (среднесуточная температура, относительная влажность воздуха, количество осадков, скорость и направление ветра). Для пространственного анализа и верификации использованы многозональные спутниковые снимки Sentinel-2.

Для решения поставленных задач применяли следующие методы исследования: аэропалинологический метод – Pollen monitoring program (PMP) (Hicks et al., 1996), геоботанический метод (описание учетных площадок), методику выделения фаз сезона на основе температурных критериев, которые разработаны Н.Н. Галаховым (1959) и получили развитие в исследованиях Н.В. Рутковской (1979), Л.Б. Филандышевой, Л.Н. Окишевой (2002), Н.Ф. Харламовой и др. (2005), О.Н. Барышниковой (2011). Пробоподготовку и микроскопирование полученных материалов выполняли с соблюдением методических рекомендаций (Erdtman, 1943, Мейер-Меликян и др., 1999, Головкин 2004, Мазей, 2021). Систематизацию полученных данных проводили с использованием статистических методов обработки (Statistica 12.0), методов геоинформационного анализа и методов дистанционного зондирования Земли, включая дешифрирование космоснимков, для визуализации статистических данных применяли пакет R ggplot. Построение диаграмм, отражающих процентный состав пыльцевых спектров, производили с использованием программного обеспечения TILIA.

Научная новизна заключается в комплексном анализе условий формирования аэропалинологического спектра территории Алтайского края, а также разработке методического подхода к оценке ее аллергокомфортности.

Впервые на основе многолетних (2004–2025 гг.) аэропалинологических исследований в г. Барнауле проанализированы особенности пыления 14 аллергенных таксонов, включая древесные и травянистые растения. Для

каждого таксона определены ключевые характеристики пыления: основной период пыления (ОПП), его начало, окончание, продолжительность, даты максимальной суточной и суммарной сезонной концентраций пыльцевых зерен, что позволило выявить временную динамику и сезонные закономерности формирования пыльцевого спектра.

Впервые в границах физико-географических районов и провинций Алтайского края с использованием седиментационного метода (ловушки Таубера) проведены исследования рецентных спорово-пыльцевых спектров. На основе верификации полученных спектров путём сопоставления с растительным покровом установлены количественные закономерности пространственного распределения пыльцевых зерен 14 аллергенных таксонов в различных ландшафтных зонах края – от засушливых степей до предгорий.

Предложен комплексный подход к оценке аллергокомфортности территории Алтайского края. Скорректирован термин «аллергокомфортность» с введением системы нормированных коэффициентов, позволяющих количественно оценить уровень благоприятности территории для населения с учетом воздействия пыльцевых аллергенов.

Теоретическая и практическая значимость. В работе обоснована и разработана методика интегральной оценки аллергокомфортности территории Алтайского края, базирующаяся на системе нормированных коэффициентов. Разработанный подход к её осуществлению может быть реализован в других субъектах Российской Федерации.

Предложенная модель оптимизации управленческих мероприятий по снижению аэроаллергенной нагрузки может быть использована в качестве информационной основы для профилактики поллинозов, включая информирование населения о сезонных пиках пыления аллергенных растений, а также для планирования лечебно-профилактических мероприятий в сфере здравоохранения. Материалы работы следует применять в деятельности учреждений санаторно-курортного комплекса и рекреационной сферы

Алтайского края (Акт о внедрении результатов исследования в деятельность ООО Санаторий «Эдем» (г. Белокуриха); Акт о внедрении результатов в работу КГБУ «Санаторий Обь» (г. Барнаул) № 10-07/1 от 04.03.2026).

Разработанные и зарегистрированные базы данных: «Аэропалинологические спектры воздушной составляющей г. Барнаул за 2004-2024 гг.» (свидетельство № 2025625130 от 13.11.2025); «Перечень таксонов аллергенных растений и пыльцевых спектров по санаторно-курортным зонам Алтайского края» (свидетельство № 2025624566 от 20.10.2025); «Температурно-временные и феноиндикационные характеристики весенне-летнего сезона» (свидетельство № 2025625633 от 02.12.2025) могут использоваться научными и образовательными организациями в качестве методической основы при подготовке специалистов, ландшафтном обустройстве и популяризации научно-практических знаний среди населения в сфере здоровьесбережения.

Положения, выносимые на защиту:

1. Подход к оценке аэропалинологической обстановки среды обитания определяется как природными предпосылками, так и антропогенными факторами; виды и динамика аэропалинологической обстановки характеризуют территорию по уровню аллергокомфортности.

2. Региональный аэропалинологический спектр территории Алтайского края подчинен выраженной сезонной цикличности, проявляющейся в виде трех последовательных волн пыления, а качественный и количественный состав спектра детерминирован региональным составом растительности и характеризуется наличием 14 аллергенных таксонов, выступающих палиноиндикаторами каждой фазы весенне-летнего сезона.

3. Интегральная оценка аллергокомфортности, выраженная через систему нормированных коэффициентов, позволяет оценить территорию Алтайского края по уровню благоприятности условий для проживания населения и обеспечения рекреационного потенциала региона.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Междисциплинарные аспекты стратегии выживания человечества и разработка научных основ регулирования качества состояния окружающей среды (п. 3). Оценка экологического состояния и управление современными ландшафтами. Глобальные и региональные изменения ландшафтно-климатических условий среды обитания в антропоцене (п. 11). Научные основы организации геоэкологического мониторинга природно-технических систем и обеспечение их экологической безопасности, разработка средств контроля состояния окружающей среды (п. 14).

Степень достоверности и апробация результатов работы. Научные результаты получены в ходе работ по теме гранта РНФ № 24-27-20087 «Аллергокомфортность природной среды и аттрактивность рекреационных территорий юга Западной Сибири как основа развития лечебно-оздоровительного туризма» (2024–2025 гг.) (науч. рук. канд. геогр. наук Г.И. Ненашева). Достоверность и обоснованность результатов подтверждаются применением комплексного подхода, сочетающего различные методы и методики, включающие полевые и мониторинговые исследования, лабораторный анализ проб и обработку данных официальной статистики по метеорологии. Статистическая обработка выполнена с расчетом средних значений, стандартного отклонения, ошибки среднего, коэффициента вариации и коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Математический анализ данных проводился с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и Statistica 12.0, пространственный анализ данных – с использованием геоинформационной системы (QGIS 3.40.15).

Основные результаты по диссертации докладывались на международных и всероссийских научных конференциях: Международная научно-практической конференции, посвященная памяти д.г.н., профессора В.С. Ревякина (Барнаул, 2025); Международный алтаистический форум «Славяно-тюркский мир на пространстве Большого Алтая: история и современность» (Барнаул, 2025);); Всероссийская научно-практическая конференция с

международным участием «Пространственное социально-экономическое развитие территорий: формирование комфортной среды и повышение качества жизни населения» (Ханты-Мансийск, 2026).

Личный вклад автора заключается в самостоятельной постановке цели и формулировке задач исследования, разработке программы полевых и лабораторных работ, выполнении аэропалинологического мониторинга в г. Барнауле (2024–2025 гг.), организации и проведении экспедиционных исследований с установкой 57 почвенных ловушек Таубера на модельных участках физико-географических районов и провинций Алтайского края (Винокуров, Цимбалей, 2016). Автором осуществлены пробоподготовка, микроскопический анализ спорово-пыльцевых спектров, статистическая обработка многолетних метеорологических и аэропалинологических данных, разработка и апробация методики оценки алергокомфортности территории края, анализ и теоретическое обобщение полученных результатов, формулировка выводов и рекомендаций, подготовка публикаций в рецензируемых научных изданиях.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 10 работ, в том числе 4 статьи в журналах из перечня ВАК и 3 свидетельства о регистрации баз данных.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 223 наименований, в том числе 55 на иностранном языке. Общий объем работы составляет 195 страниц текста, включая 30 рисунков, 6 таблиц, 7 приложений.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЭРОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ

1.1 Научная ретроспектива аэропалинологических исследований

Аллергенность пыльцы обусловлена совокупностью её морфологических, физиологических и биохимических особенностей. Современные исследования представили доказательную базу, свидетельствующую об этиологической роли пыльцы растений в развитии аллергических заболеваний (Астафьева, Горячкина, 1998; Садчикова и др., 2016; Ильина и др., 2008; Ильина, 2019, 2022; Бережанский и др., 2022).

Пыльцевое зерно представляет собой гаметофит, покрытый двухслойной оболочкой, называемой спородермой. Наружный слой (экзина) несет скульптурные выросты, шипы и зубчики, которые служат видовыми маркерами и одновременно увеличивают площадь контакта со слизистой. Внутренний слой (интина) – целлюлозный, именно в нем сосредоточена основная масса водорастворимых белков-аллергенов. При попадании на влажную слизистую оболочку зерно набухает, оболочка лопается, содержимое (белки, ферменты, цитоплазматические компоненты) высвобождается и всасывается в ткани. Антигены в пыльце бывают двух типов: одни присущи только конкретному растению, а другие также встречаются у близких к нему видов, что обуславливает возможность проявления перекрестной аллергии (Передкова, 2013). Для того чтобы вызывать развитие поллиноза, пыльца должна обладать следующими свойствами (постулаты Томмена) (Астафьева, Горячкина, 1998; Дзюба, 2005):

1. Принадлежать к ветроопыляемым растениям, продуцирующим ее в больших количествах.
2. Обладать высокими аэродинамическими свойствами, обеспечивающими дальность распространения.

3. Продуцироваться таксонами, доминирующими в региональном растительном покрове.

4. Иметь небольшой размер, не превышающий 35 мкм.

5. Проявлять высокую сенсibiliзирующую способность.

Известны три группы растений, пыльца которых вызывает развитие поллиноза: деревья, злаковые травы и сорняки (Дзюба, 2005).

В России наибольший процент заболеваемости поллинозом (56% случаев) регистрируется в возрастной группе 20–40 лет, при этом подавляющим проявлением данного заболевания является аллергический ринит (Дикарева, Румянцева, 2015). Для южных территорий страны характерна распространенность аллергии к пыльце сорных трав, составляющей от 12 до 46% в отдельных регионах (Барычева и др., 2022). Распространенность поллинозов на территории Российской Федерации изучена фрагментарно. Систематические научные исследования в области эпидемиологии пыльцевой аллергии проводятся преимущественно на базе научно-клинических центров. По этой причине достоверные данные о распространенности, спектре сенсibilизации и клинико-этиологической структуре поллинозов имеются для ограниченного числа территорий, среди которых Москва, Санкт-Петербург, Краснодарский край и Самарская область (Нестерова и др., 2015; Мигачёва, 2022; Павлюченко и др., 2023). В отношении остальных регионов информация либо отсутствует, либо базируется на экстраполяции данных сопредельных территорий, что не может считаться корректным в силу выраженной региональной специфики заболевания, детерминированной комплексом природных и антропогенных факторов, включающим в себя таксономическое разнообразие растительности, фенологические особенности вегетации и экологическую обстановку.

В этой связи разработка эффективных мер профилактики и своевременная диагностика невозможны без формирования для каждой территории научно обоснованного представления о видовом составе аллергенных растений, сроках и интенсивности их цветения, динамике

содержания пыли в приземном слое атмосферы. Необходимую эмпирическую базу для решения данной задачи формирует аэропалинология.

Аэропалинологическое направление исследований имеет междисциплинарный характер и объединяет методы палинологии, метеорологии, экологии и природопользования, аэробологии для анализа пространственно-временного распределения пыли в атмосфере. Палинология, зародившись как фундаментальная наука о пыли и спорах растений, исторически нашла широкое применение в стратиграфии, палеоэкологии и археологии (Ненашева, 2013). Во второй половине XX века в условиях повсеместного роста аллергических заболеваний сформировалось её специализированное прикладное направление – аэропалинология.

Развитие методологии аэропалинологических исследований от первых наблюдений до создания стандартизированных сетей мониторинга обосновано совершенствованием приборной базы и потребностью в получении объективных данных для изучения сезонных аллергических заболеваний, вызываемых пылью растений и снижающих качество среды обитания. Согласно определению, данному в коллективной монографии, «аэропалинология – область современной биологии, изучающая состав и закономерности формирования пылевого дождя» (Мейер-Меликян и др., 1999).

Для объективного контроля над аллергенным фоном была создана система станций аэропалинологического мониторинга, а также Общеввропейский банк аэропалинологических данных в рамках европейской аэропалинологической службы (European Aeroallergen Network, EAN). Развитые сети мониторинга функционируют в таких странах, как Германия, Швейцария, Франция, Испания, Италия, Польша и другие (Шамгунова, Заклякова, 2010).

Европейская практика аэропалинологического мониторинга базируется на унифицированном перечне приоритетных таксонов, охватывающем основные семейства и роды ветроопыляемых растений: *Alnus* (*A. glutinosa*, *A.*

incana, *A. viridis*), Corylaceae (*Carpinus*, *Corylus*, *Ostrya*), Cupressaceae (*Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Taxus*), Oleaceae (*Fraxinus*, *Olea*, *Jasminum*, *Syringa*), *Betula* (*B. pendula*, *B. pubescens*), Pinaceae (*Cedrus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*), *Quercus* (*Q. ilex*, *Q. cerris*, *Q. robur*, *Q. rubra*), Poaceae, *Rumex* (*R. acetosa*, *R. crispus*, *R. obtusifolius*), *Plantago* (*P. coronopus*, *P. lanceolata*, *P. major*, *P. media*), *Castanea* (*C. sativa*), Urticaceae (*Parietaria judaica*, *P. officinalis*, *Urtica dioica*), Chenopodiaceae, *Artemisia* (*A. annua*, *A. verlotorum*, *A. vulgaris*), *Ambrosia* (*A. artemisiifolia*). Наряду с этим признается необходимость адаптации наблюдательной сети к региональным условиям (Мейер-Меликян и др., 1999).

Наибольшая плотность сети аэропалинологических станций характерна для стран Европы. Федеральное управление метеорологии и климатологии Швейцарии (MeteoSwiss) обеспечивает работу 18 станций аэропалинологического мониторинга, станции представлены автоматизированными системами, обеспечивающими регистрацию почасовых данных в режиме реального времени. Многолетний мониторинг зафиксировал 25 таксонов, причём 75% всех пыльцевых зерен приходится на семь из них (Cupressaceae, *Quercus* (дуб), Poaceae, *Pinus* (сосна), *Betula* (береза), Urticaceae, *Fraxinus* (ясень)). Также выявлена тенденция к более раннему наступлению цветения, повышение температуры на 5 °C смещает начало пыления злаков на 1–2 недели, а завершение сезона – на 7–30 дней (Cariñanos et al., 2019).

В Германии и Швеции на государственном уровне созданы национальные сети станций аэропалинологического мониторинга. В последние годы также используют автоматизированные станции (Лебедев и др., 2025).

Национальная сеть аэробиологического мониторинга Франции (Reseau National de Surveillance Aerobiologique (RNSA)), основанная в 1985 г., объединяет 70 станций. Пыльцевой спектр формируют 12 основных таксонов, среди которых *Ambrosia*, *Betula*, Cupressaceae, Poaceae, *Platanus*, *Alnus*, *Quercus*, *Populus*, *Castanea*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Rumex*. Региональные различия

существенны: в Бургундии доминируют береза, злаки и крапивные; в горных провинциях главным источником аллергенов выступают злаки; на средиземноморском побережье преобладают кипарисовые, постенница и платан (Rieux et al., 2008).

Исследования пылевого спектра в Польше проводятся с 1980-х годов как гравиметрическим, так и волюметрическим методами в различных частях страны. В результате установлены различия в таксономическом составе и сезонной динамике пылевых спектров между урбанизированными и сельскими территориями, изучено влияние метеорологических факторов на концентрацию пыли, проведены сравнительные исследования эффективности гравиметрического и волюметрического методов (Kasprzyk, 2011). В западной части страны ведущим аллергеном выступает полынь, отмечена тенденция к более раннему началу и удлинению сезона её цветения, предположительно связанная с климатическими изменениями (Stach et al., 2007).

Испанская сеть мониторинга, начинавшая в 1992 г. с трех станций, к 2023 г. расширилась до 63 пунктов, где наряду с волюметрическими устройствами внедряются автоматические пылеуловители (Lucas, Bunderson, 2024). Установлены региональные различия: в центре и на севере страны доминируют злаки, на юге представлена олива, в средиземноморских провинциях – постенница (Subiza, 2004). Основу пылевого спектра составляют Cupressaceae, *Olea*, *Quercus*, Poaceae, Urticaceae – до 56 %, суточные максимумы пыления древесных растений приходятся на вторую половину дня, трав – на полдень (Subiza, 2004; Recio et al., 2018).

Более 80 станций наблюдения, охватывающих различные регионы, действуют в Италии. Выделены три периода пыления: зимне-весенний (Betulaceae, Corylaceae, Cupressaceae, *Salix*, Ulmaceae), весенне-летний (Poaceae, Urticaceae, Oleaceae, *Plantago*, Fagaceae, Pinaceae, Polygonaceae) и летне-осенний (Urticaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae) (Шамгунова, Заклякова, 2010).

В Скандинавии приоритетное внимание уделяется пыльце семейства *Betulaceae* как главному аэроаллергену. Финскими исследователями изучены зависимости пыления березы от температуры и продолжительности светового дня, продукция пыльцы соотносится с суммами температур предшествующего года (Yli-Panula et al., 2009).

В аэроспектрах Португалии зарегистрировано 63 таксона, наиболее обильно представлены пыльцевые зерна *Cupressaceae*, *Poaceae*, *Hamamelidaceae*, *Pinaceae*, *Urticaceae*, *Quercus*, *Acer*, *Myrtaceae*, *Caryophyllaceae*, *Oleaceae*, *Betulaceae*, *Plantago*. Для различных таксонов выявлены специфические суточные ритмы: утренние максимумы у *Urticaceae*, *Cupressaceae*, *Acer*, *Plantago*; полуденные – у *Alnus* и *Betula*; монотонное цветение у *Olea* и *Platanus*; двупиковые кривые у *Poaceae* и *Pinus* (Ribeiro et al., 2008).

В США координацию аэропалинологического мониторинга осуществляет Американская академия аллергии, астмы и иммунологии (AAAAI). На большей части территории страны доминирующим аэроаллергеном выступает амброзия. Также идентифицированы региональные различия в спектрах аллергенной пыльцы: на западе и юго-западе преобладают *Betula*, *Juniperus*, *Fraxinus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Olea*, *Poaceae*; на северо-востоке – *Salix*, *Betula*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Poaceae*. В Вашингтоне (округ Колумбия) с января по июнь превалирует пыльца деревьев (*Quercus* до 50 %, *Pinaceae*, *Cupressaceae*, *Moraceae*, *Betulaceae*) с пиком в апреле; август-октябрь – период цветения амброзии. Аналогичная картина характерна для Нью-Йорка. В Филадельфии и Черри Хилле около 75 % спектра составляют деревья (*Acer*, *Quercus*, *Betula*, *Pinus*, *Cupressaceae*), 8–10 % – злаки, 14–17 % – сорняки (*Ambrosia*, *Rumex*); отмечено два пика концентрации злаков (апрель-июнь и сентябрь) (Port et al., 2006).

Существенный вклад в формирование глобальной картины распространения пыльцевых аллергенов вносят аэропалинологические исследования, проводимые в государствах Азии, отличающихся высоким

разнообразием растительных сообществ и значительной численностью населения, подверженного риску сенсibilизации (Bullock et al., 2011).

В Турции исследованы следующие пыльцевые спектры. В Анкаре идентифицировано 52 таксона, 85,9 % пыльцы приходится на деревья (*Pinaceae*, *Populus*, *Cupressaceae*, *Robinia*, *Acer*, *Morus*, *Platanus*, *Quercus*, *Salix*, *Betula*), пик зафиксирован в апреле. В Битлисе (Восточная Анталия) основу спектра (89,6 %) формируют *Poaceae*, *Urticaceae*, *Juglans*, *Quercus*, *Umbelliferae*, сезон длится 8 месяцев, максимум наблюдается в июне. В Адане (юг) доминируют *Cupressaceae*, *Eucalyptus*, *Pinus*. На северо-западе в Бурсе двухлетний мониторинг выявил 59 таксонов средиземноморского облика с преобладанием *Pinus*, *Olea*, *Platanus*, *Poaceae*, *Cupressaceae*+*Taxus*, *Quercus* и пиком в апреле (Akyaalçin et al., 2018).

В Китае изучены пыльцевые спектры, особое внимание уделено пыльце *Broussonetia* как наиболее аллергенному таксону. По статистике 83 % аллергиков Китая сенсibilизированы к пыльце березы (Li et al., 2020).

В рамках проекта «All India Coordinated Project on Aeroallergens and Human Health» в Индии функционирует 18 станций аэропалинологических исследований. Идентифицированы основные аллергенные таксоны, включая *Ricinus communis*, *Morus*, *Mallotus*, *Alnus*, *Quercus*, *Cedrus*, *Parthenium* и злаки (Singh, Shahi, 2008).

Таким образом, мировая практика аэропалинологических исследований свидетельствует о накоплении обширного массива данных о таксономическом составе, пространственно-временной динамике пыльцевых спектров, региональных особенностях пыления. Наибольшая плотность наблюдательной сети и продолжительность непрерывных рядов характерны для Европы, в то время как в странах Азии исследования носят менее равномерный характер. Накопленная информация не только служит основой фундаментальных исследований, но и применяется для решения прикладных задач, включая прогнозирование пыльцевой нагрузки и оптимизацию профилактических мероприятий.

Начальный этап аэробиологических исследований в России основывался на применении гравиметрических пылеуловителей: Москва (Лукманова, 1967), Новосибирск (Головко, 2001). Благодаря внедрению волюметрических ловушек Хирста, первая из которых была установлена в Москве в МГУ им. М.В. Ломоносова (Северова и др., 2001), удалось расширить сеть наблюдений и получать количественные оценки содержания пыли в атмосферном воздухе. Аэропалинологические исследования с помощью волюметрических ловушек были организованы в Санкт-Петербурге (Дзюба, 1999б), Барнауле (Ненашева, 2013), Смоленске (Слабая, 2012), Уфе (Шаймухаметова, 2015), Красноярске (Ямских и др., 2015), Петрозаводске (Елькина, 2018), Ростове-на-Дону (Чурюкина, 2020), Ставрополе (Уханова и др., 2020), Краснодаре (Клименко и др., 2021, 2025), Рязани (Посевина и др., 2010, 2017; Карасева, Селезнева, 2022), Самаре (Манжос и др., 2022) и других городах, что способствовало формированию более полной картины *пыльцевого спектра* – региональной характеристики, отражающей именно содержание пыли в атмосфере, а не цветение отдельных экземпляров (Ненашева и др., 2011). Пыльцевая волюметрическая ловушка фиксирует изменения концентрации пыли в атмосфере на региональном уровне. Данное положение подтверждается результатами исследований Е. Э. Северовой и О. А. Волковой (Severova, Volkova, 2018), показавшими, что на высотах 10–12 м качественный состав пылевых спектров двух точек (Москва и Звенигород) идентичен даже на удалении 50 км друг от друга.

Как отмечалось ранее, аэропалинологические исследования на территории России приурочены преимущественно к крупным городским агломерациям. Систематические наблюдения за пылевым спектром атмосферы Москвы начинаются с 1992 г. (Северова и др., 2000), при этом станция функционирует в непрерывном режиме по настоящее время, располагая уникальным для отечественной практики тридцатилетним рядом наблюдений. Формирование теоретико-методологической платформы отечественных аэропалинологических исследований неразрывно связано с

коллективным трудом «Принципы и методы аэропалинологических исследований» (Мейер-Меликян и др., 1999), в котором закреплены стандарты сбора, обработки и интерпретации аэропалинологических данных.

В работе О. Ф. Дзюба (1999б) представлен детальный анализ таксономического состава пыльцевого спектра Санкт-Петербурга и идентифицированы основные источники поллинозов. Особое внимание уделено ветроопыляемым растениям, продуцирующим значительные объемы пыльцы, способной к дальнему переносу в атмосфере, что определяет их ведущую роль в формировании аллергенного фона (Дзюба, 2005).

Согласно данным В. В. Головки (2001), первые систематические наблюдения за составом аэроаллергенов в Новосибирске проводились в конце 1990-х г. Спектр был представлен 34 семействами пыльцы и спор; при этом в весенне-летний период доминировали древесные породы, тогда как общая доля анемофильных видов устойчиво составляла 70–99 %. Автором также предложена схема сезонной динамики пыления, разделенная на три этапа (Головки, 2001).

В ходе многолетних исследований воздушной среды Уфы была сформирована региональная база данных пыльцевого мониторинга. Помимо фиксации таксономического состава (16 семейств) и сезонной приуроченности пыления, авторами впервые количественно охарактеризована роль метеорологических предикторов. Было также установлено, что температура и влажность воздуха являются ведущими факторами, модулирующими интенсивность пыления, особенно для *Betulaceae*, *Roaceae* и *Compositae*. Подтверждено абсолютное доминирование древесной компоненты, на долю которой приходится не менее 77,8% от общего обилия пыльцевых зерен (Шаймухаметова, Гандалипова, 2015).

По данным аэропалинологического мониторинга в г. Барнаул (2004–2012 гг.) выявлена зависимость содержания пыльцы от метеоусловий: максимальные значения фиксировались при прогреве воздуха до 20 °С и выше, в то время как относительная влажность воздуха (более 50 %)

сопровождалась снижением пылевой продуктивности даже в период активной вегетации. Обобщением многолетних данных стал календарь пыления, включающий 12 основных таксонов Барнаула (Ненашева, 2008, 2013).

Многолетние аэропалинологические исследования в Петрозаводске (2004–2016 гг.) позволили охарактеризовать таксономическую структуру и сезонную динамику пылевого спектра региона. Выявлено устойчивое доминирование древесных пород (до 80 %), среди которых ведущие позиции занимают *Pinus*, *Betula* и *Alnus*. Также установлена значительная межгодовая вариабельность обилия пыли, а также подтверждена роль температуры и скорости ветра как основных метеорологических факторов, регулирующих пыление. В качестве биоиндикатора состояния окружающей среды исследователем предложена пыльца *Betula* (Елькина, 2018).

Изучение пылевого спектра Астрахани фиксирует стабильное преобладание в спектрах маревых, сложноцветных и злаков (суммарно более 64%). Сезонная динамика пыления тесно коррелирует с метеопараметрами (ветер, осадки, температура). Всего в составе пылевого дождя региона идентифицирован 31 таксон (Шамгунова, Заклякова, 2010). В Ростове-на-Дону составлен календарь пыления, список таксонов оставляет 24 типы (Чурюкина, 2020).

Аэробиологические исследования в Рязани с использованием стандартизированного волюметрического были начаты в 2015–2016 гг. Ю. М. Посевиной и Е. Э. Северовой (2017). Ранее, в 2007–2011 гг., наблюдения в регионе проводились гравиметрическим методом, оценивающим лишь качественный состав пыли, но не её концентрацию в воздухе. Установлено, что весь сезон пыления условно делится на три периода: весенний (пыление древесных с доминированием *Betula*), раннелетний (пыление злаков и сосны) и летне-осенний (пыление разнотравья с доминированием *Artemisia* и *Urtica*). Основные результаты исследования заключаются в сопоставлении данных, полученных с московской и рязанской

станций мониторинга. Анализ не выявил закономерных временных сдвигов в начале пыления древесных пород (вопреки ожиданиям из-за более южного расположения Рязани). Наибольшие различия зафиксированы в интенсивности пыления травянистых растений: по сравнению с Москвой в Рязани отмечено более интенсивное пыление полыни (*Artemisia*), но более низкое – злаков (*Poaceae*). Авторы связывают этот факт с локальными условиями, а именно, высотой установки ловушек, особенностями озеленения и, вероятно, климатическими особенностями мегаполиса. Полученные данные легли в основу создания календаря пыления и количественной оценки аллергенной нагрузки в регионе (Посевина, Северова, 2017).

С 2019 г. в Ставрополе проводились аэропалинологические исследования, позволившие охарактеризовать таксономический состав аэроспектра и составить первый детальный календарь пыления региона (Уханова и др., 2020).

Мониторинг пыльцевого спектра воздуха в Ульяновске был впервые проведен в 2019–2020 гг. (Голоднова и др., 2021). В ходе флористических и фенологических наблюдений исследователи выявили 138 видов аллергенных растений, произрастающих на территории города и его окрестностей. Наиболее опасными для здоровья населения признаны представители семейств *Poaceae*, *Chenopodiaceae* и *Asteraceae*, включая виды *Ambrosia artemisiifolia*, *A. trifida*, *Cyclachaena xanthiifolia*. Авторы обосновывают необходимость пересмотра видового состава растений, используемых для городского озеленения.

В работе Я. В. Клименко с соавт. (2021) выполнена оценка пыльцевой нагрузки и её влияние на заболеваемость аллергическим ринитом в Краснодаре. На основе полученных волюметрических данных подтверждено доминирование амброзии, а также установлена корреляция средней силы между пылением и частотой обращений по поводу аллергического ринита. В работе отмечается необходимость внедрения непрерывного

аэропалинологического мониторинга в аллергоопасных регионах (Клименко и др., 2021).

Аэропалинологические исследования на рекреационных территориях занимают особое место в системе мониторинга воздушной среды, поскольку их результаты имеют непосредственное значение для организации санаторно-курортного лечения пациентов и профилактики поллиноза. В отличие от городских условий, на курортных территориях акцент смещается в сторону оценки пригодности природно-климатических условий для пребывания лиц с подтвержденной сенсibilизацией.

М.Е. Пироговой с соавт. (2018) представлено обобщение многолетних данных по видовому составу и срокам цветения аллергенных растений на территории курорта Ялты. Исследователями установлено, что ведущим продуцентом аллергенной пыльцы в Ялте выступает кипарис вечнозеленый. Выявлено отсутствие пыльцы березы и ольхи в воздушной среде Южного берега Крыма, что может характеризовать регион как потенциальную зону пребывания для пациентов с сенсibilизацией к пыльце березы и ольхи. Авторами обоснована необходимость внедрения регулярного аэропалинологического мониторинга на всех субтропических курортах России (Пирогова и др., 2018).

Накопление многолетних пространственно-временных данных в аэропалинологии создало предпосылки для перехода от описательной регистрации пылевых спектров к их углубленному анализу и комплексной интерпретации.

1.2 Аэропалинологический мониторинг как метод исследования геосистемы и прогнозирования пылевой нагрузки

Процессы формирования и развития пылевых зерен чувствительны к внешним факторам окружающей среды, поэтому угнетение генеративных органов растений в условиях антропогенного воздействия приводит к

появлению большого количества тератоморфных пыльцевых зерен (Дзюба, 2007). Экологические условия территории определяют качественные свойства пыльцы: морфологию, белковый состав и аллергенный потенциал. Являясь биотическим компонентом окружающей среды, пыльца объективно отражает степень экологического благополучия региона и служит индикатором потенциальной опасности для здоровья населения (Дзюба, 1999а; Дзюба и др., 2011).

Изучению антропогенных аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы Барнаула посвящены работы В. И. Букатого, В. Ю. Бортникова, А. С. Самойлова, И. А. Суторихина. На примере города показано, что антропогенные аэрозольные частицы, аккумулируя на своей поверхности токсичные вещества, представляют опасность для здоровья населения при ингаляционном поступлении в организм (Букатый и др., 2004; Суторихин, Самойлов, 2004; Бортников, Букатый, 2008). Поскольку пыльцевые зерна являются естественным биологическим компонентом атмосферного аэрозоля, они также могут адсорбировать поллютанты и служить их переносчиками, что усиливает аллергенный потенциал пыльцы.

В работе Г. А. Кистерного и Д. М. Паничевой (2012) исследовано влияние атмосферного загрязнения на пыльцу сосны обыкновенной. Авторами установлено, что под воздействием воздушных поллютантов мужские генеративные структуры растений испытывают наиболее сильную трансформацию, что проявляется в аномальном развитии пыльцы. Сравнительный анализ показал, что фтористые промышленные выбросы обладают большей агрессивностью в сравнении с щелочными: в зоне их воздействия жизнеспособность пыльцевых зерен существенно ниже и фиксируется значительное количество аномалий развития (Кистерный, Паничева, 2012).

Исследования Kathrin Reinmuth-Selzle и соавторов (2017) показывают, что загрязняющие вещества в атмосфере способны изменять свойства пыльцевых зерен и усиливать их аллергенный потенциал. Под воздействием

таких поллютантов, как озон, диоксид азота и твердые частицы, в структуре пыльцевых белков происходят химические модификации, среди которых наиболее значимыми являются окисление, нитрование и сшивание белковых молекул. В результате этих процессов наблюдается фрагментация белков или, напротив, их агрегация с образованием более крупных комплексов, а также изменение пространственной конфигурации молекул. Эксперименты с пылью березы, амброзии и других растений продемонстрировали, что такие трансформации приводят к появлению новых антигенных элементов (неоэпитопов), которые активнее распознаются иммунной системой человека. Кроме того, модифицированные белки приобретают повышенную устойчивость к ферментативному расщеплению, что продлевает время их воздействия на клетки иммунной системы. Концентрации загрязняющих веществ, характерные для атмосферного воздуха городской среды, способны вызывать эти изменения в течение нескольких часов, особенно в условиях фотохимического смога и при повышенной влажности (Reinmuth-Selzle et al., 2017).

Результаты экспериментальных исследований В. Н. Кобзарь (2015, 2024) свидетельствуют о том, что газообразные поллютанты (SO_2 , NO_2 , CO) повреждают экзину и усиливают фрагментацию, в то время как пыль и бенз(а)пирен увеличивают седиментацию пыльцевых зерен. Под влиянием этих факторов в спектре возросла доля тератоморфных, деформированных и фрагментированных пыльцевых зерен, отмечены случаи полиплоидии и образования конгломератов. Поскольку в составе городской растительности Бишкека закрепились высокоаллергенные адвентивные виды (амброзия, дурнишник), существует необходимость учета аллергенных свойств растений при озеленении (Кобзарь, 2015, 2024). Экологическая обстановка напрямую влияет на аллергенный потенциал пыльцы, усиливая её аллергенные свойства.

В последние десятилетия установлено, что сенсibilизация к пыльцевым аллергенам не ограничивается изолированными реакциями на отдельные таксоны, а характеризуется сложными перекрестными связями. Как

показано на примере главного аллергена пыльцы березы Bet v 1, относящегося к семейству PR-10 белков, у большинства сенсibilизированных пациентов (73,3 %) выявляется перекрестная пищевая аллергия к гомологичным белкам яблока, лесного ореха, сои, арахиса и сельдерея (Елисютина и др., 2025). Это свидетельствует о том, что пыльцевые аллергены формируют обширную сеть перекрестно-реагирующих структур, усиливающих общий аллергенный фон и требующих учета всего спектра аллергенного ряда растений. Важно рассматривать не только отдельно циркулирующие в воздухе пыльцевые зерна и их влияние на организм человека, но и выделять спорово-пыльцевые спектры. В различных природных зонах формируются определенные рецентные спорово-пыльцевые спектры (СПС).

Под рецентным СПС понимается спектр, формирующийся в течение одного вегетационного периода и отражающий текущий «пыльцевой дождь» на фоне конкретных метеорологических условий. Термин «пыльцевой дождь» обозначает совокупность пыльцы и спор, выпадающих из атмосферы на определенную поверхность за установленный промежуток времени, выраженную в процентном соотношении компонентов (Гричук, Заклинская, 1948; Ненашева, 2013; Носова, 2019).

Исследования СПС демонстрируют свою эффективность в качестве инструмента выявления устойчивых связей в геосистеме между динамикой пыльцевого спектра и метеорологическими условиями сезона пыления, что нашло отражение в исследованиях ряда авторов (Emberlin, et al, 2002; de Weger et al., 2009; Носова и др, 2015; Zhang et al., 2015; Кобзарь, 2018; Schmidt, 2016; Ziska et al., 2019; D'Amato, 2023, Frisk et al., 2024; Chico-Fernández, Ayuga-Téllez, 2025). Перечисленные работы направлены на установление закономерностей смещения сроков начала и окончания сезонов пыления, трансформации их продолжительности, а также колебаний интенсивности пыльцевой продукции различных таксонов. Интерес к данной проблематике обусловлен доказанным влиянием метеорологических параметров – температуры, влажности, количества осадков, направления и скорости ветра –

на фенологию растений и, как следствие, на формирование аллергенного фона территорий.

Анализ многолетней динамики сроков начала пыления березы (*Betula*) в различных биогеографических зонах Европы и их связи с метеорологическими условиями весеннего периода представлен в исследовании Emberlin с соавторами (2002). На основе ежедневных наблюдений, выполненных с использованием волюметрических пылеуловителей Хирста на шести станциях (Кево, Турку, Лондон, Брюссель, Цюрих, Вена) за период 1982–1999 гг. (с отдельными рядами с 1970 г.), авторами выявлено, что временные параметры пылевого сезона березы определяются нелинейным взаимодействием зимнего охлаждения, необходимого для выхода растений из состояния покоя, и температурного режима весны. Полученные результаты указывают на необходимость корректировки региональных календарей пыления и анализа сроков пыления при планировании профилактических мероприятий для лиц с пылевой сенсibilизацией (Emberlin, et al, 2002).

В исследовании de Weger с соавторами (2009) обнаружено, что в Нидерландах на фоне повышения температур и смещения фенологических сроков отмечается удлинение пылевого сезона, обусловленное как более ранним началом цветения злаков, так и появлением позднелетних аллергенных видов, включая *Ambrosia artemisiifolia* и *Olea*. У древесных растений, в частности *Betula* и *Platanus*, наблюдается тенденция к увеличению пылевой продуктивности, усиливающему степень клинических проявлений. Кроме того, учащение летних гроз в период цветения злаков ведет к фрагментации пылевых зерен и повышает риск развития тяжелых астматических приступов (de Weger et al., 2009).

Анализ спорово-пылевых и фенологических данных М. Б. Носовой, Е. Э. Северовой, О. А. Волковой (2015) показал, что интенсивность пыления доминирующих древесных пород европейской территории России (*Betula*, *Pinus*, *Picea*, *Alnus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Acer*) положительно связана с июльскими температурами года, предшествующего цветению. В отношении

травянистых анемофилов выяснено, что на пыльцевую продукцию *Artemisia*, *Chenopodiaceae* и *Ambrosia* влияют температуры текущего сезона, а на *Рoaceae* и *Urtica* – предшествующего (Носова и др., 2015).

Многолетние наблюдения за пыльцевыми спектрами на территории США, описанные Zhang с соавторами (2015), выявили пространственно-временные закономерности, связывающие параметры пыления с метеорологическими факторами. Авторами определено, что начало сезона пыльцы деревьев, сорняков и трав сместилось на более ранние сроки, сопровождаясь ростом пиковых концентраций и годовых сумм пыльцы. Выраженность изменений коррелирует с широтой местности и обусловлена увеличением суммы эффективных температур, удлинением безморозного периода и изменением режима осадков. Обнаружена двойственная роль осадков: с одной стороны, они способствуют продуктивности и расширению ареалов аллергенных растений в высоких широтах, с другой – интенсивные осадки снижают пиковые концентрации пыльцы за счет вымывания. Наиболее значительные сдвиги зафиксированы в высоких широтах, где потепление и увлажнение выражены сильнее. Сохранение выявленных тенденций ведет к более раннему и интенсивному воздействию аллергенной пыльцы на население, что может способствовать росту распространенности и тяжести аллергических заболеваний (Zhang et al., 2015).

Результаты тридцатилетнего мониторинга (1982–2013 гг.) в Бишкеке, выполненного гравиметрическим методом, подтверждают высокую чувствительность пыльцевого спектра к комплексу климатических и антропогенных факторов (Кобзарь, 2018). Повышение весенних температур связано с более ранним и интенсивным пылением древесных ($r = 0,7$), а теплая осень – с ростом концентрации сорных трав ($r = 0,9$); продолжительность сезона пыления увеличилась на 20–30 дней. Осадки и высокая влажность, напротив, снижают содержание пыльцы (r до $-0,82$), однако способствуют её фрагментации с образованием частиц размером 1–8 мкм, что связывают с феноменом «грозовой» бронхиальной астмы.

Масштабное международное исследование под руководством Ziska с соавторами (2019) объединило данные 17 станций мониторинга из Северной Америки, Европы и Азии (включая Москву), располагавших непрерывными рядами наблюдений продолжительностью не менее 20 лет (для Фэрбанкса – 18 лет). По результатам исследования была выявлена устойчивая корреляция между повышением глобальных температур и увеличением концентрации пыльцевых зерен березы, дуба и злаков. Так для березы: повышение температуры на 1°C сопровождалось увеличением содержания пыльцы на 20 %. Выявлено смещение сроков пыления на более ранние даты и увеличение продолжительности сезонов. Для Москвы показано удлинение сезона пыления в среднем на 1 день в год за 23-летний период наблюдений (Ziska et al., 2019).

Климатические изменения характеризуются комплексом физико-метеорологических явлений, ведущих к увеличению эмиссии антропогенного диоксида углерода (CO₂) в атмосферу. В ответ на повышение концентрации CO₂ аллергенные растения демонстрируют усиление пыльцевой продуктивности, что непосредственно сказывается на интенсивности и продолжительности сезонов пыления. Согласно данным D'Amato (2023), под воздействием климатических факторов происходит не только количественное увеличение продуцируемой пыльцы, но и качественная модификация её свойств, повышающая аллергенный потенциал пыльцевых зерен (D'Amato, 2023).

На основе 28-летних наблюдений за пыльцевыми спектрами на 12 станциях в Норвегии Carl A. Frisk с соавторами (2024) проанализировали связь между метеорологическими факторами и параметрами пыления 7 таксонов (*Alnus*, *Corylus*, *Salix*, *Betula*, *Pinus*, *Poaceae*, *Artemisia*). Исследователи установили, что наиболее значимыми предикторами сезонности пыльцы выступают месяц года, высота над уровнем моря и максимальная температура воздуха. Подтверждено влияние температуры на репродуктивную фенологию растений и высвобождение пыльцы, поскольку анализируемая максимальная

температура воздуха являлась ключевым фактором, определяющим сроки начала и интенсивность пыления (Frisk et al., 2024).

В исследовании Chico-Fernández с соавторами (2025) на основе многомерного сопоставительного анализа выявлены значимые связи между концентрацией пыльцы древесных таксонов в атмосфере Мадрида и метеорологическими параметрами. Наиболее тесные положительные связи с месячными значениями установлены для температуры и инсоляции, за которыми следует относительная влажность. Наибольшие коэффициенты корреляции с метеофакторами характерны для пыльцы *Cupressaceae*, *Olea*, *Pinus* и *Platanus*. При этом инсоляция демонстрирует особенно высокие значения ($p > 0,8$) для оливы. Ветер также положительно соотносится с пыльцевыми зёрнами всех исследованных типов. Обнаруженные закономерности указывают на то, что температурный режим и радиационные условия, способствующие более раннему и интенсивному пылению, могут приводить к увеличению числа случаев поллиноза (Chico-Fernández, Ayuga-Téllez, 2025).

Результаты аэропалинологических исследований являются неотъемлемым компонентом клинической практики в области аллергологии. Они служат объективной основой для точной диагностики поллинозов, позволяя связывать сезонность клинических проявлений у пациентов с динамикой пыления конкретных растений-аллергенов (Минаева, 2015; Уханова и др., 2020; Манжос и др., 2022; Павлюченко и др., 2023; Клименко и др., 2025).

Потребность лиц, страдающих поллинозом, в своевременной информации о предстоящих сроках и интенсивности пыления обусловила развитие прогностического направления в аэропалинологии. Прогностические данные используются врачами для разработки персонализированных схем терапии и позволяют пациентам своевременно проводить превентивные мероприятия. В настоящее время разрабатываются модели, ориентированные как на ретроспективный анализ и реконструкцию траекторий воздушных масс,

так и на прогнозирование концентраций пыльцы и сроков пыления различных аллергенных таксонов. Условно их можно разделить на несколько групп в зависимости от решаемой задачи: прогнозирование суммарной годовой продукции пыльцы (интенсивности сезона пыления), прогноз суточных концентраций, определение дат начала пыления, а также реконструкция дальнего переноса пыльцевых зерен. Рассмотрим некоторые из них.

Модели прогноза суммарной годовой концентрации пыльцы.

В исследовании М. Рус (2012) разработан алгоритм прогноза концентраций пыльцы березы (*Betula spp.*) для территории г. Щецина (Польша). Семилетние наблюдения (2003–2009 гг.) с применением волюметрической ловушки Хирста и метеорологические данные (температура, влажность, осадки, скорость ветра, точка росы) позволили автору построить модель прогноза в виде многослойного персептрона (MLP). Для улучшения прогностических свойств применялось логарифмическое преобразование концентраций и использование данных первого года в качестве дополнительного предиктора. Модель продемонстрировала высокую точность: коэффициент корреляции между наблюдаемыми и расчетными значениями превышал 0,85, отношение стандартных отклонений составило 0,3–0,5. Наиболее значимыми предикторами выступают максимальная температура и относительная влажность, что согласуется с данными корреляционного анализа. Разработанная модель позволяет прогнозировать динамику пыления на весь сезон, включая его начало, пик и окончание, и может быть использована для информирования пациентов с поллинозом (Рус, 2012).

Е. Э. Северова и О. А. Волкова (Severova, Volkova, 2017) предложили многофакторную регрессионную модель прогноза суммарной годовой концентрации *Betula* на территории Москвы. Модель учитывает количество осадков до начала сезона пыления, в сезон предшествующий цветению и среднесуточную температура в период пыления. Однако ввиду высокой

межгодовой изменчивости прогнозирование суммарной годовой концентрации пыльцы затруднено.

Модели прогноза суточных концентраций пыльцы.

Одной из наиболее востребованных прогностических систем в Европе является модель SILAM, разработанная Финским метеорологическим институтом. Она обеспечивает трехсуточный прогноз концентраций пыльцы шести аллергенных таксонов (*Betula*, *Alnus*, *Poaceae*, *Ambrosia*, *Olea*, *Artemisia*) с пространственным разрешением 10 км и временным шагом 1 час. Модель интегрирует фенологическую информацию, карты распространения аллергенных таксонов и метеоданные. Результаты верификации свидетельствуют о высокой точности прогнозов, хотя иногда фиксируется смещение на одни сутки (Sofiev et al., 2006).

Для предсказания ежедневных концентраций пыльцы на ближайшие дни применяются различные статистические методы и методы машинного обучения. В Швейцарии для построения карт прогноза суточных концентраций с разрешением 1×1 км по территории страны использовали модель Random Forest (Shokouhi et al., 2024). Данный алгоритм прогноза пыльцы разработан для 5 таксонов (лещина, ольха, береза, ясень, злаки), на основе данных с 14 станций аэропалинологического мониторинга, расположенных в различных топографических и климатических зонах, за период 2000–2019 гг. В качестве предикторов использовались метеорологические параметры (среднесуточная температура, количество осадков, относительная влажность, скорость и направление ветра, высота пограничного слоя), высота над уровнем моря, данные о распространении видов (широколиственные леса, хвойные леса, смешанные леса, луга), нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), а также показатели землепользования: сельскохозяйственные угодья, городские территории, водоемы, открытые пространства (CORINE, спутник Landsat). Модель продемонстрировала высокую прогностическую способность: значения R^2 составили от 0,84 до 0,91 для различных таксонов, а ошибка

среднеквадратичного варьировалась от 16 до 69 пылевых зерен/м³ в зависимости от таксона. Анализ показал, что наиболее значимым фактором является средняя суточная концентрация пыльцы по стране, за которой следуют метеорологические параметры и данные землепользования. Автор резюмирует, что разработанный подход позволяет эффективно моделировать пространственно-временную изменчивость пылевых концентраций и может быть использован для оценки индивидуального воздействия пыльцы на население с целью выявления зон аллергенного фона (Shokouhi et al., 2024).

В исследовании Hyemin Hwang с соавт. (2026) разработан алгоритм прогнозирования суточных концентраций пыльцы 11 таксонов (*Alnus*, *Ambrosia*, *Artemisia*, *Betula*, *Ginkgo*, *Grass*, *Humulus*, *Juniper*, *Pinus*, *Quercus*, *Ulmus*) для 8 регионов Южной Кореи на основе методов машинного обучения с использованием пространственно-временного подхода. Авторы применили 4 ансамблевых алгоритма (Random Forest, XGBoost, LightGBM и CatBoost), интегрируя метеорологические переменные, показатели загрязнения воздуха и значения концентраций пыльцы за период 2014–2023 гг. Наилучшие результаты продемонстрировала модель CatBoost, показавшая наибольшую эффективность для оперативного прогнозирования. Исследователями выявлено, что локальные временные модели, разработанные для отдельных пунктов наблюдения, превосходят по точности единую пространственно-временную модель, особенно для таксонов с высокой пространственно-временной изменчивостью (*Ambrosia*, *Artemisia*, Poaceae). Анализ предикторов выявил, что наиболее значимыми факторами выступают средняя за неделю концентрация пыльцы, среднесуточная температура воздуха за аналогичный период и солнечная радиация, тогда как влияние загрязнителей воздуха оказалось ограниченным и таксон-специфичным. Разработанный на основе модели CatBoost подход позволяет учитывать региональные климатические особенности и может быть использован для создания систем раннего предупреждения о пылевой нагрузке (Hwang et al., 2026).

Jie Yin с соавторами (2026) разработали алгоритм прогноза суточных концентраций пыльцы деревьев и травянистых растений на территории материкового Китая с пространственным разрешением 10 км за период 2011–2023 гг. Авторы использовали ансамблевую модель машинного обучения, интегрирующую алгоритмы Random forest и Gradient boosting. Обучение моделей проводилось на ежедневных данных о пыльце с 27 пунктов мониторинга за 2019–2024 гг., обширном наборе метеорологических параметров, индексах растительности (NDVI, EVI, LAI), а также с учетом типов землепользования, пространственных (долгота, широта, высота) и временных (день года, неделя, месяц, сезон) характеристик. Модели продемонстрировали высокую точность: коэффициенты детерминации R^2 составили 0,90 для пыльцы деревьев и 0,89 для травянистых растений. Доминирующими предикторами выступают день и неделя года, за которыми следуют индексы растительности (в радиусах 5–10 км) и метеорологические параметры. Выявлены отчетливые сезонные и пространственные закономерности: пик пыльцы деревьев приходится на раннюю весну в восточных, северо-восточных, центральных и юго-западных регионах; пыльца травянистых растений – на конец лета в северных и северо-западных районах. Разработанный подход представляет собой первую общенациональную долгосрочную систему оценки ежедневных концентраций пыльцы в Китае (Yin et al., 2026).

Модели определения сроков начала пыления.

Начало пыления растений, в особенности древесных пород с ранним цветением, тесно связано с комплексом метеорологических параметров, среди которых доминирующую роль играет температурный режим. Изучение сроков начала пыления растений базируется на различных фенологических моделях, в основу которых заложен принцип накопления растением определенных сумм эффективных температур выше порогового предела, служащего триггером для запуска процессов вегетации после периода зимнего покоя. Исследования подтверждают тесную связь между накоплением тепла и

наступлением фенофаз, в частности цветения и пыления у древесных и кустарниковых пород (Mahura et al, 2008; Ненашева, 2008; Корсакова и др., 2020; Коба, Макаров и др., 2024).

Одним из фундаментальных подходов является использование сумм эффективных температур (Кулыгин, 1986). Этот подход получил развитие в более сложных моделях, учитывающих не только весеннее накопление тепла (температурный форсинг), но и предшествующий период охлаждения (яровизации), необходимый для выхода растений из состояния покоя. С. В. Емелина с соавторами (Емелина и др., 2019) провели сравнительную оценку четырех типов таких моделей для прогнозирования начала пыления березы на Европейской территории России, а именно:

- температурно-временная модель, учитывающая только накопление тепла с фиксированной даты (базовая температура +5 °C);
- последовательная модель, в которой накопление тепла начинается только после достижения необходимой суммы «единиц охлаждения»;
- параллельная модель, допускающая, что процессы охлаждения и форсинга могут идти одновременно;
- переменная модель, где пороговая сумма температур для форсинга зависит от накопленного холода.

Сопоставление модельных расчетов с данными пыльцевого мониторинга в Санкт-Петербурге и Нижнем Новгороде показало, что наиболее точные результаты для этих городов дает простая температурно-временная модель. При этом использование параметров последовательных моделей, разработанных для других регионов (Франция, Бельгия), приводило к существенным ошибкам (до 20–30 дней), что подчеркивает необходимость калибровки моделей на локальных данных (Емелина и др., 2019).

Влияние климатогенных факторов на фенологию пыления детально исследовано на примере можжевельника дельтовидного (*Juniperus deltoides*) на Южном берегу Крыма (Корсакова и др., 2020). На основе 47-летнего процесса наблюдения (1974–2020 гг.) учеными установлено, что повышение

средней температуры марта на 1°C приводит к сдвигу начала пыления на 4 дня раньше. За весь период наблюдений скорость смещения составила 2 дня за 10 лет, однако в 2001–2020 гг. она ускорилась до 8–9 дней за десятилетие ($p < 0,001$), что соотносится с ростом зимне-весенних температур. Для прогнозирования дат массового пыления было протестировано 7 моделей (от простых градусо-дней до сложных двухфазных). Наилучшие результаты показала ансамблевая модель, объединившая три лучшие. Моделирование показало, что в ближайшие 20–40 лет, в зависимости от сценария изменения климата (RCP), ожидаемое смещение сроков пыления не превысит 4–5 суток (Корсакова и др., 2020).

При этом температурный фактор, будучи общепризнанным лимитирующим параметром, учитывается в моделях не единообразно. В них могут использовать суммы среднесуточных, максимальных или минимальных температур, накопленные за различные временные интервалы. Подводя итог, можно сделать вывод о том, что температурные показатели остаются главным предиктором в моделях начала пыления.

Модели реконструкции дальнего транспорта пыльцы.

Эффективность и дальность ветрового переноса пыльцы определяются совокупностью двух основных факторов: характером подстилающей поверхности и морфологическими особенностями пыльцевых зерен. В открытых пространствах, лишенных древесной растительности, пыльца способна преодолевать расстояния в тысячи километров (Головко, 2004). Однако видовая специфика играет не менее важную роль. К примеру, наличие воздушных мешков у пыльцы сосны обеспечивает перенос до 3000 км, в то время как более тяжелая пыльца ели с плотной сетчатой структурой и массивным гребнем распространяется на значительно меньшие расстояния (Савина, Буренина, 1981). По данным многих исследований пыльца древесно-кустарниковых пород делится на три группы: таксоны с высокими показателями выноса пыльцы (например, сосна, пихта); таксоны, характеризующиеся умеренным выносом (береза, ольха, лещина, ива); и

таксоны, пыльца которых присутствует в следовых количествах (липа, вяз, дуб). Пыльца травянистых растений выносится за пределы своего ареала в следовых количествах. Это обусловлено как сравнительно невысокой пыльцевой продуктивностью большинства травянистых, так и тем, что значительная часть трав относится к энтомофильным видам, а их генеративные органы сосредоточены в нижних ярусах растительного покрова, что препятствует подъему пыльцевых зерен в основные транспортные воздушные потоки и способствует быстрому осаждению пыльцевых зерен в непосредственной близости от источника (Головко, 2004).

В связи с вышесказанным для интерпретации аэропалинологических данных и выявления источников заносных пыльцевых зерен применяются траекторные модели. Наиболее широко используется модель HYSPLIT (Stein et al., 2015), позволяющая строить обратные траектории движения воздушных масс.

С помощью модели HYSPLIT Ю.М. Посевина с соавт. (2010) продемонстрировали, что ранее для территории Рязани появление пыльцевых зерен амброзии и березы связано с переносом из южных регионов России (Северный Кавказ), Украины и Беларуси.

Моделирование траекторий движения воздушных масс (HYSPLIT) в сочетании с изотопным и спорово-пыльцевым анализом атмосферных осадков позволяет идентифицировать источники поступления пыльцы на удаленные территории (Папина и др., 2015). На примере ледника Корумду (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) установлено, что пыльца сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в летних осадках 2013 г. поступала из района Нарьян-Мара, ольховника (*Alnaster* sp.) – из тундровых зон Восточно-Европейской равнины, а злаки имели смешанное происхождение: местное и перенесенное из Казахстана и западных районов Алтайского края. Метод подтвердил свою эффективность для реконструкции дальнего переноса пыльцы и выявления территорий-источников.

Исследование твердых атмосферных осадков в Алтайском крае (Курятникова и др., 2022) показало, что пыльца полыни присутствует в снеговых пробах в периоды устойчивого снежного покрова, когда локальный вторичный подъем исключен. С помощью траекторного моделирования (HYSPLIT) обнаружено, что в холодные периоды 2019–2021 гг. пыльца *Artemisia* spp. заносилась на исследуемую территорию с воздушными массами, формировавшимися над Казахским мелкосопочником, что подтверждается совпадением траекторий переноса, отсутствием снежного покрова в районах-источниках и ареалом произрастания полыни (Курятникова и др., 2022).

Верификация эпизодов дальнего переноса пыльцы ольхи и лещины в Рязани с использованием модели HYSPLIT (обратные траектории на высотах 500 и 1000 м, 72 часа) показала, что появление пыльцевых зерен в конце февраля-начале марта за 3–4 недели до старта локального пыления обусловлено ветрами южного, юго-западного и западного направлений. Потенциальными источниками дальнего заноса выступают территории с более ранним началом вегетации (юг России, Украина, Польша, Белоруссия) (Карасева, Селезнева, 2022).

Представленные прогнозные модели позволяют решать широкий круг задач – от предсказания многолетней динамики пыления до идентификации источников трансграничного переноса пыльцы. Их совершенствование и адаптация к региональным условиям остаются актуальными направлениями исследований.

Таким образом, эволюция подходов в аэропалинологии отражает переход от изучения пыльцы как таксономической единицы к системному анализу пыльцевого спектра как индикатора состояния и динамики геосистемы (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Аэропалинологический мониторинг как инструмент прогнозирования и оценки компонентов геосистемы

Проведённый анализ свидетельствует, что аэропалинологический мониторинг – это важный инструмент, который позволяет:

1. Оценивать природные факторы формирования аэроспектра. Многолетние ряды наблюдений дают возможность выявлять зависимость сроков, интенсивности и продолжительности пыления от метеорологических показателей, а также от структуры растительного покрова, фенологических особенностей. Это обосновывает использование данных аэропалинологического мониторинга для моделирования реакции геосистем на климатические изменения.

2. Оценивать вклад антропогенных факторов в формирование и трансформацию аэроспектра. Пыльца, являясь естественным биологическим аэрозолем, активно взаимодействует с поллютантами. Показано, что такие факторы, как загрязнение воздуха, интродукция аллергенных видов и изменение структуры растительного покрова модифицируют спорово-пыльцевой спектр.

3. Обеспечивать связь с эпидемиологией аллергических заболеваний. Сопоставление динамики пыления с обращаемостью по поводу поллиноза подтверждает, что аэропалинологические данные служат объективной основой для диагностики, профилактики и прогнозирования рисков для здоровья.

Переход от ретроспективной констатации к оперативному предупреждению населения требует создания единой программы аэропалинологических исследований на уровне субъектов Российской Федерации, предусматривающей непрерывное наблюдение сети стандартизированных станций, а также интеграцию полученных данных с системами здравоохранения и метеорологической службой. Такая система обеспечит сопоставимость результатов, формирование региональных календарей пыления и развитие прогностических моделей, что составит научную основу для своевременной профилактики аллергических заболеваний и повышения качества жизни населения.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Физико-географические условия территории исследования

Территория Алтайского края охватывает юго-восточную окраину Западно-Сибирской низменности, которая к югу переходит в Предалтайскую предгорную равнину и далее в горные массивы Алтая, восточная часть региона занята Предсалаирской предгорной равниной и Салаирским кряжем (Винокуров, Цимбалей, 2016). Орографическое строение Алтайского края включает: Кулундинскую равнину (100–200 м над уровнем моря), пологоувалистое Приобское плато (200–300 м), приподнятую Бийско-Чумышскую возвышенность (200–372 м), Предалтайскую и Предсалаирскую равнины (200–472 м), Салаирский кряж (400–600 м), а также северную часть Алтайской горной системы (Малолетко, 1999).

Климатические условия территории исследования подробно охарактеризованы в работах А.П. Сляднева, Я.И. Фельдмана (1958), А.П. Сляднева, В.А. Сенникова (1969), В.С. Ревякин (1989, 2003), Н.Ф. Харламовой (1995; 2010, 2013), Н.Ф. Харламовой с соавт. (2005) и Н.Б. Максимовой с соавт. (2016).

Радиационные условия характеризуются значительным притоком солнечной энергии благодаря положению в пределах 51–54° с.ш. Высота солнца над горизонтом в летний период достигает 60–66°, продолжительность дня – до 17 часов, что обеспечивает поступление суммарной солнечной радиации свыше 100 ккал/см² в год. По количеству часов солнечного сияния (более 2100 часов в год в Кулундинской равнине) регион сопоставим с Северным Кавказом (Сляднев, Сенников, 1969). Летом антициклональная циркуляция ослабевает вследствие прогрева подстилающей поверхности (Харламова, 2013). Для Алтайского края характерны неустойчивые погодные условия, что обусловлено, чередованием воздушных масс различного происхождения. Территория региона открыта для проникновения арктических

воздушных масс с севера и тропических – с юга, а наличие горного барьера на юго-востоке трансформирует западно-восточный перенос воздушных масс в юго-западное направление (Сляднев, Фельдман, 1958).

Температурный режим отличается значительными сезонными и суточными колебаниями. Средняя годовая температура воздуха составляет +1,4 °С. Самый холодный месяц – январь со средней температурой от –16 до –20 °С в различных районах, самый теплый – июль со средней температурой +18–21 °С. Переход средней суточной температуры через 0 °С весной происходит в апреле, осенью – в третьей декаде октября. Продолжительность периода со средней суточной температурой выше 0 °С составляет 190–205 дней. Вегетационный период длится 165–170 дней, безморозный период – 115–140 дней. Суммы средних суточных температур за период вегетации изменяются от 2400 °С до 1600 °С в Предсалаирье, при этом заморозки возможны на всей территории в течение всего теплого периода (Максимова и др., 2016).

Режим увлажнения характеризуется значительной пространственной дифференциацией. Годовое количество осадков возрастает с запада на восток от 200–250 мм в Кулундинской степи до 500–550 мм на Бийско-Чумышской возвышенности и 600–800 мм в предгорьях. Около 70 % осадков выпадает в теплый период года с максимумом в июле. Ветровой режим весенне-летнего сезона характеризуется усилением повторяемости северных, северо-западных направлений. Средние скорости ветра составляют 3–6 м/с, увеличиваясь в западных степных районах. В течение года повсеместно наблюдаются ветры со скоростью 20–25 м/с, а в отдельные годы – до 35 м/с. (Справочник по климату, 1965, 1969). Существенное влияние на формирование климатических условий оказывает орографический барьер Алтайских гор. В предгорной зоне формируется теплая воздушная прослойка вследствие инверсий температур и феновых явлений, что создает наиболее благоприятный температурный режим. Количество осадков в зоне влияния гор увеличивается по сравнению с равнинными районами (Сляднев, 1958; Егорина, 2003).

Согласно физико-географическому районированию Алтайского края Ю.И. Винокурова, Ю.М. Цимбалея (Ландшафтная карта..., 2016) его территория входит в состав двух физико-географических стран: Западно-Сибирской равнинной и Алтае-Саянской горной (Рисунок 2). Западно-Сибирская равнинная страна занимает преобладающую часть территории региона (более 80 %) и подразделяется на степную и лесостепную зональные области.

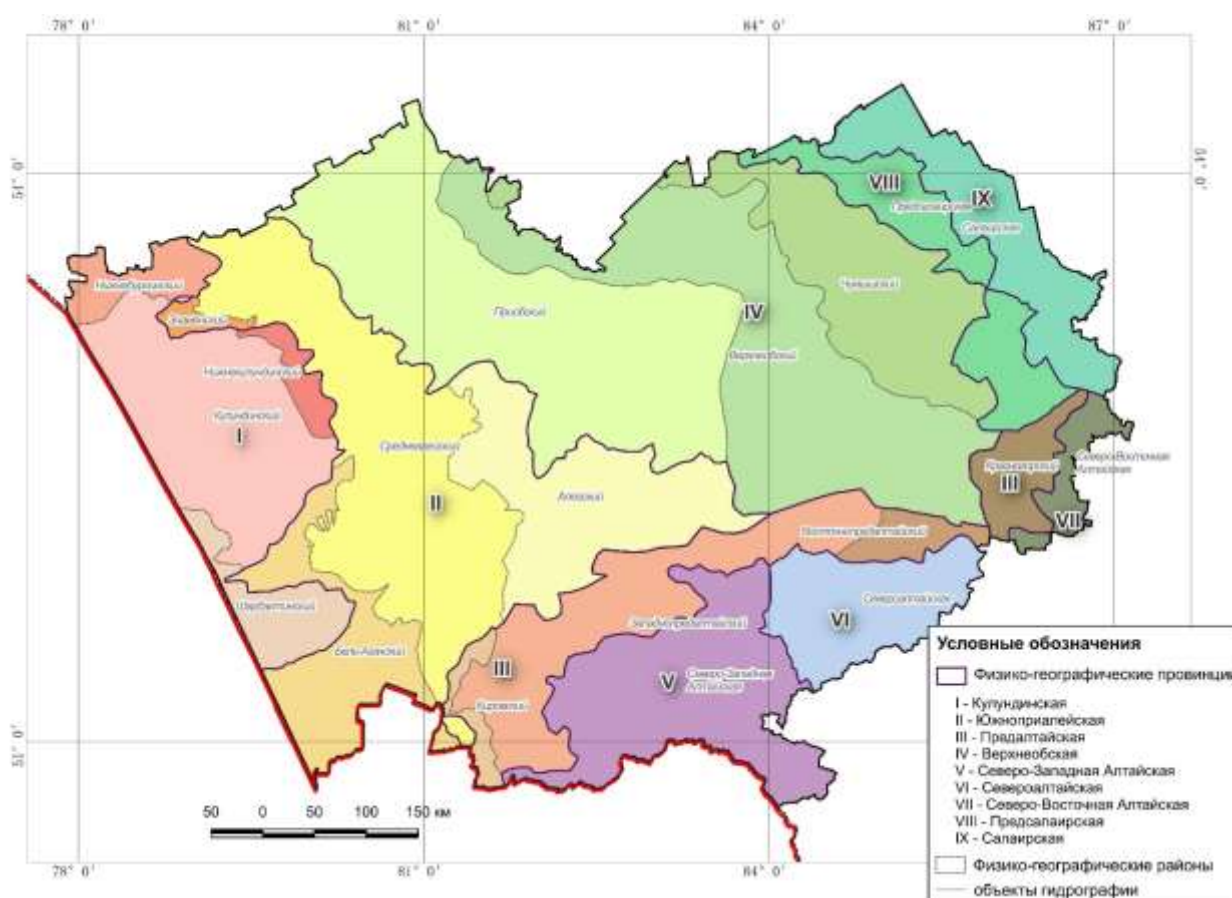


Рисунок 2 – Физико-географическое районирование Алтайского края (по Ландшафтная карта Алтайского края, 2016)

Степная зональная область состоит из Кулундинской, Южноприалейской, Предальтайской провинций. Лесостепная зональная область включает Верхнеобскую и Предсалаирскую провинции. Алтае-Саянская горная страна на территории Алтайского края подразделяется на Алтайскую и Салаиро-Кузнецко-Алатаусская горные области. Алтайская

горная область делится на Северо-Западную, Северную, Северо-Восточную Алтайские провинции, тогда как на территории Салаиро-Кузнецко-Алатаусской области в пределах Алтайского края расположена Салаирская провинция (Винокуров, Цимбaley, 2016; Ландшафтная карта..., 2016).

Выбор модельных участков для проведения мониторинга спорово-пыльцевых спектров на территории Алтайского края осуществлялся на основе анализа физико-географической структуры региона. При определении точек наблюдения учитывалась необходимость репрезентативного охвата основных физико-географических областей – степной и лесостепной зональных областей, Алтайской горной области и Салаиро-Кузнецко-Алатаусской горной области, а также наличие в непосредственной близости метеорологических станций, данные которых используются для последующей оценки метеорологических условий весенне-летнего периода. Данный подход к выбору модельных участков обеспечивает достоверность и сопоставимость получаемых результатов при анализе региональных особенностей формирования спорово-пыльцевых спектров. Расположение модельных участков на территории Алтайского края показано на рисунке 3:

Кулундинская степная провинция: Т-1; Т-2.

Южноприалейская степная провинция: Т-3; Т-4; Т-5; Т-6; Т-7.

Предалтайская степная провинция: Т-8; Т-9; Т-10; Т-11.

Верхнеобская лесостепная провинция: Т-12; Т-13; стационарный пункт мониторинга г. Барнаул; Т-14.

Предсалаирская провинция: Т-15.

Салаирская провинция: Т-16.

Северо-Западная Алтайская провинция: Т-17.

Североалтайская провинция: Т-18.

Северо-Восточная Алтайская провинция: Т-19.

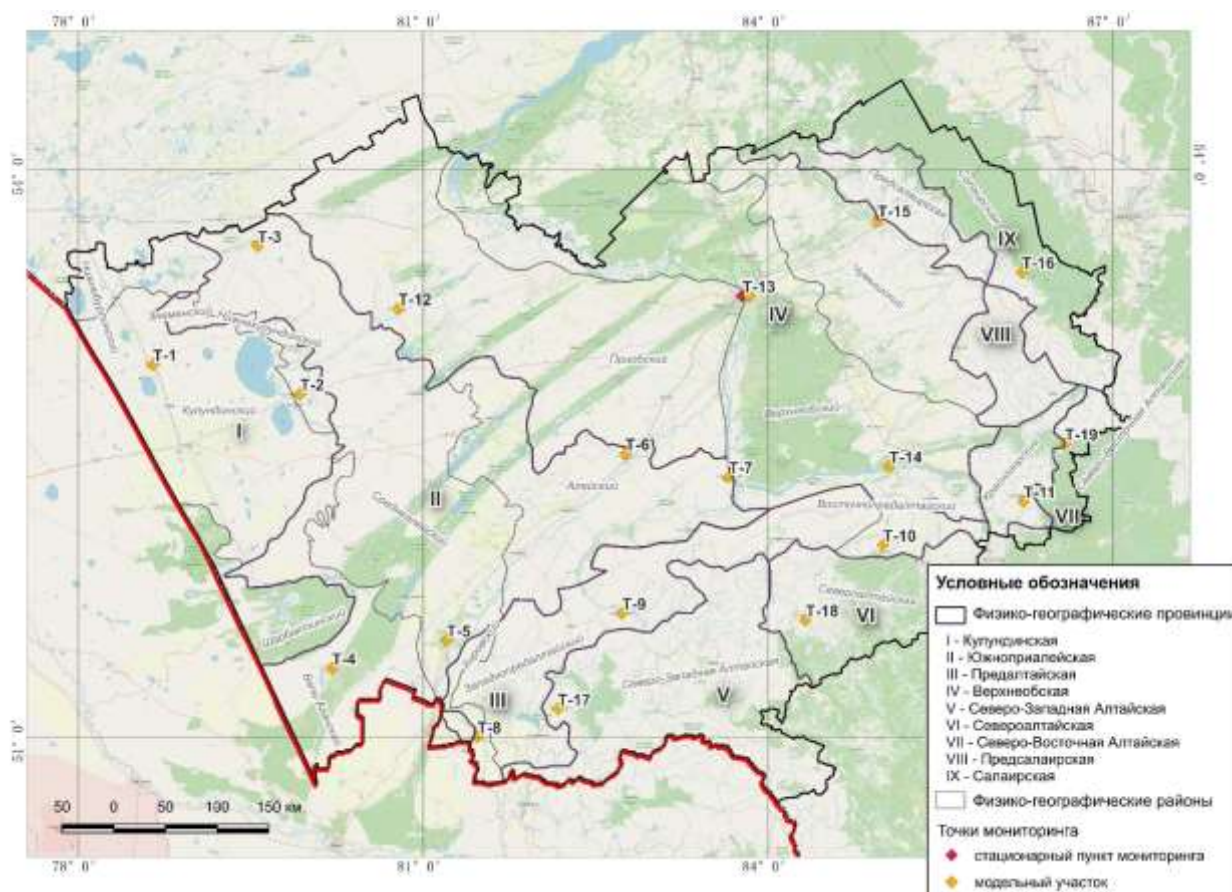


Рисунок 3 – Расположение модельных участков на территории Алтайского края

Кулундинская степная провинция: Т-1 Шарбактинский район, склоны озерных котловин пологие, местами слабо выраженные, с полынно-типчаковыми сухими степями на каштановых почвах; Т-2 Нижнекулундинский район, озерно-аллювиальные равнины слабоволнистые с разнотравно-типчаково-ковыльными и ковыльно-разнотравными засушливыми степями и типчаково-ковыльными группировками на черноземах южных, солонцеватых и солонцах степных (Ландшафтная карта..., 2016).

Территории характеризуются засушливыми условиями, сумма осадков за апрель–октябрь составляет 230 мм. Средняя температура июля составляет +21,1 °С, средняя максимальная температура +27,5 °С. Сумма температур воздуха за период с температурой выше +10°С составляет 2200–2400 °С. Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 62 %, в дневные

часы снижается до 46 %. Ветровой режим характеризуется преобладанием северных направлений – в летний период (июнь–август) (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Климатические параметры..., URL:<https://vik.by/instruments/climatology/russia/city>).

Южноприалейская степная провинция: Т-3 Среднеалейский район, пологие слаборасчлененные склоны плато с разнотравно-типчаково-ковыльными степями на черноземах южных и типчаково-полынными группировками на солонцах; Т-4 Бель-Агачский район, равнины дельт ложбин древнего стока плоские с полынно-типчаково-ковыльными сухими степями на темно-каштановых и каштановых почвах; Т-5 Среднеалейский район, первые надпойменные террасы больших и средних рек, выровненные с разнотравно-типчаково-ковыльными степями в сочетании с галофитными комплексами на черноземах южных, лугово-черноземных и луговых засоленных почвах; Т-6 Алейский район, волнистые глубоко расчлененные склоны плато с разнотравно-типчаково-ковыльными степями на черноземах выщелоченных и обыкновенных; Т-7 Алейский район, равнины дельт ложбин древнего стока пологогорядовые с остепненными сосновыми борами на дерново-боровых и дерново-слабоподзолистых почвах, местами с согрой (Ландшафтная карта..., 2016).

Средняя температура июля составляет +20,3 °С, средняя максимальная температура наиболее теплого месяца достигает +26,9 °С. Сумма температур воздуха за период с температурой выше +10 °С составляет порядка 2000–2200 °С. Сумма осадков за апрель–октябрь составляет 314 мм. Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 68 %, в дневные часы снижается до 51 %. Ветровой режим характеризуется преобладанием юго-западных ветров летний (июнь–август) период (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Климатические параметры..., URL:<https://vik.by/instruments/climatology/russia/city>).

Предалтайская степная провинция: Т-8 Кировский район, пологонаклонные пологоволнистые поверхности с разнотравно-типчаково-

ковыльными степями на черноземах южных; Т-9 Западнопредалтайский район, крупноувалистые предгорные равнины с богаторазнотравно-красноковыльными степями на черноземах обыкновенных; Т-10 Восточнопредалтайский район, скалистые глубоко врезуемые долины малых рек и ручьев со ступенчатым продольным профилем, слаборазработанными днищами, со злаково-разнотравными закустаренными и осоково-злаковыми заболоченными лугами в сочетании с древесно-кустарниковыми зарослями на луговых, лугово-черноземных намывных, лугово-болотных и слоистых аллювиальных почвах; Т-11 Красногорский район, холмисто-увалистые предгорные равнины с разнотравно-злаковыми лугами на черноземах оподзоленных в сочетании с березовыми широколиственными байрачными лесами на темно-серых и серых лесных почвах (Ландшафтная карта..., 2016).

Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C составляет 105–120 дней. Продолжительность периода с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 110–140 дней. Средняя температура июля составляет $+20^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ варьирует в пределах 1600–2100 $^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков составляет 400–500 мм, из которых на теплый период приходится 300–350 мм. Распределение осадков по территории отличается значительной неравномерностью, возрастая по мере приближения к предгорьям (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Климатические параметры..., URL:<https://vik.by/instruments/climatology/russia/city>).

В силу высокой степени хозяйственного освоения (Бурлакова, Пудовкина, 1995), первичные степные ценозы сохранились лишь фрагментарно – на склоновых землях, засоленных понижениях и других участках, непригодных для пахоты (Соколова, 2002б). Растительный покров данной территории представлен ковыльно-разнотравными и ковыльно-типчаковыми степями, галофитными лугами, а также сообществами с доминированием полукустарниковых солянок и разнотравья. Лесистость степных участков невысока. На бугристо-грядовых песках произрастают

ленточные сосновые боры (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971). В северных районах степной зоны на обыкновенных и выщелоченных черноземах распространены разнотравно-злаковые луговые степи. Эдификаторами здесь выступают дерновинные злаки: *Festuca pseudovina*, *Koeleria glauca*, *Stipa capillata*, из корневищных злаков присутствуют *Calamagrostis epigeios*, *Bromopsis inermis* и разнотравья: *Filipendula vulgaris*, *Seseli libanotis*, *Pulsatilla patens* (Ронгинская, 1963). Южнее, по мере усиления аридности климата, распространение получают более ксерофитные разнотравно-типчаково-ковыльные степи. В ходе пастбищной дигрессии разнотравно-типчаково-ковыльных степей происходит активное внедрение полукустарничковых полыней, среди которых обильны *Artemisia frigida*, *A. austriaca*, *A. campestris*, постепенно вытесняющих злаковые доминанты (Ронгинская, 1963). Равнинный рельеф и отсутствие поверхностного стока обуславливают развитие процессов засоления, распространены солончаки. Их растительный покров отличается разреженностью и представлен главным образом различными галофитами (Ильина и др., 1985). Березовые колки встречаются редко, преимущественно в виде западин с луговой растительностью. Пойменная растительность обладает рядом специфических черт. Луга, формирующиеся в поймах малых рек, полностью лишены древесной растительности и повсеместно несут признаки засоления, которое особенно усиливается при интенсивном пастбищном использовании. В притеррасных частях пойм крупных рек развиты остепненные солонцеватые луга, образующие сочетания с фрагментами ковыльно-типчаковых степей. Низкие уровни пойм заняты сообществами канареечника и болотных осок. Территорию пересекают ленточные сосновые боры, приуроченные к днищам ложбин древнего стока, выстланным песками. Они протянулись полосами (Бурлинская, Кулундинская, Касмалинская, Барнаульская) с северо-востока на юго-запад на сотни километров (Павлова, 1963). Растительность боров неоднородна: на высоких сухих дюнах и гривах формируются чистые сосняки с лишайниковым покровом (*Cladina* spp.). В понижениях, где грунтовые воды

залегают ближе, к сосне примешиваются береза и осина, развивается мохово-кустарничковый ярус (*Vaccinium vitis-idaea*, *Pyrola*), появляются папоротники и разнотравье (Павлова, 1963). В юго-западной части боры приобретают более остепненный характер. Здесь в травостое доминируют ксерофитные злаки: *Festuca pseudovina* L., *Koeleria cristata*, *Phleum phleoides* (Лапшина, 1985). Богатство кустарниковой и травянистой флоры ленточных боров, включающей множество лекарственных и ягодных растений, придает им высокую природоохранную и хозяйственную ценность (Соколова, 2003). Естественный растительный покров Предалтайской провинции, представленный в прошлом сочетанием разнотравных луговых и ковыльно-типчаковых степей с березовыми перелесками, в настоящее время почти полностью трансформирован вследствие хозяйственного освоения. Сохранившиеся фрагменты естественной растительности приурочены к склонам и участкам, малопригодным для распашки. По крутым каменистым склонам с черноземными эродированными почвами произрастают разнотравные луговые степи, в составе которых отмечены тимофеевка степная (*Phleum phleoides*), ковыль-волоснец, подорожник солончаковый (*Plantago salsa*), василистник простой (*Thalictrum simplex*), это характерно для восточной части Предалтайской провинции (Ронгинская, 1963). Для территории, примыкающей к северо-западным предгорьям Алтая, свойствен более расчлененный рельеф. По южным склонам распространены типчаково-ковыльные и каменистые степи с преобладанием ксерофитных видов, по северным склонам встречаются фрагменты березовых перелесков либо заросли кустарников, при этом более широкое распространение по склонам получают суходольные луга (Куминова и др., 1963).

Верхнеобская лесостепная провинция: Т-12 Приобский район, долины малых рек ровные, осложненные старицами, со злаково-разнотравными, осоковыми закустаренными лугами на аллювиальных луговых и лугово-болотных почвах; Т-13 Приобский район, поймы больших и средних рек, расчлененные протоками и старицами, со злаково-разнотравными и

осоковыми, иногда закустаренными лугами и тополевыми рощами на аллювиальных луговых и болотных почвах; Т-14 Верхнеобский район, поймы больших и средних рек, расчлененные протоками и старицами, со злаково-разнотравными и осоковыми, иногда закустаренными лугами и тополевыми рощами на аллювиальных луговых и болотных почвах (Ландшафтная карта..., 2016).

Территория приурочена к долине реки Оби и ее притокам, что определяет специфику местных климатических условий. Средняя температура июля составляет +19,7 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха – +38 °С. Сумма активных температур выше +10 °С составляет 2000–2200 °С. Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 67 %, в дневные часы снижается до 49 %. Сумма осадков за теплый период находится в пределах 225–250 мм. Преобладающее направление ветра в летний период – западное (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Климатические параметры..., URL:<https://vik.by/instruments/climatology/russia/city>).

Наряду с сетью модельных участков, оснащенных ловушками Таубера, на территории Верхнеобской лесостепной провинции располагается стационарная точка аэропалинологических исследований – город Барнаул. Ниже приводится характеристика данного стационарного пункта. Город Барнаул находится в пределах лесостепной зоны, на левом берегу реки Оби в месте впадения в неё реки Барнаулки (53°20' с.ш., 83°45' в.д.). Согласно описанию представленному в монографии Г.И. Ненашевой (2013) особенности рельефа в черте города обусловлены Приобским плато, а также долинными комплексами Оби и Барнаулки. Речные долины обладают асимметричным строением: левобережье Оби и правобережье Барнаулки являются крутыми, тогда как противоположные берега отличаются пологостью. Русло Барнаулки пролегает по ложбине древнего стока, пересекающей южную часть города. В окрестностях Барнаула насчитывается шесть надпойменных террас Оби, первые четыре имеют аккумулятивное происхождение, а пятая и шестая относятся к структурным. Абсолютные

отметки местности варьируются от 132–135 м около устья Барнаулки до 230–250 м в северной части города. В южной части выделяется нагорная территория, представляющая собой водораздел между долинами Оби и Барнаулки. Её рельеф усложнен долиной реки Пивоварки, протяженность которой составляет 12 км, а также сетью оврагов и неглубоких понижений. Склоны коренного берега Оби имеют крутизну от 25 до 60°, высоту 50–110 м и активно подвержены эрозионным процессам и оврагообразованию. Приобское плато представляет собой пологоувалистую равнину с падением высот от 230–250 м на севере до 185–190 м на границе с долиной Барнаулки; наивысшая отметка плато в границах города составляет 251,4 м и расположена в Ленинском районе. Плато сложено песчано-глинистыми породами, лессовидные суглинки мощностью от 15 до 40 м (Ненашева, 2013).

Гидрографическая сеть города представлена Обью с притоками Барнаулкой и Пивоваркой. Обь в районе Барнаула носит равнинный характер, её среднегодовой расход составляет 4–6 тыс. м³/с, питание смешанное (снеговое, ледниковое, дождевое и грунтовое). Река Барнаулка (длина 207 км, площадь бассейна 5,5 тыс. км²) отличается неустойчивым руслом и смешанным питанием, испытывает сильную антропогенную нагрузку. Её левый приток Пивоварка (длина бассейна 58 км) практически полностью утратила естественный режим вследствие хозяйственной деятельности (Энциклопедия Алтайского края, 2000).

Климатические условия Барнаула характеризуются суровой зимой, частыми возвратами холодов в весенний период, поздними весенними и ранними осенними заморозками. Продолжительность зимы составляет около пяти месяцев (с конца октября до середины апреля), для неё типичны низкие температуры, сильные ветры и метели. Средняя температура января достигает –17,5 °С. Лето теплое, средняя температура июля составляет +19,8 °С (Харламова, 2013). Годовая сумма осадков равна в среднем 495 мм, при этом 65 % из них приходится на период с апреля по октябрь. Устойчивый снежный покров образуется в ноябре, сохраняется на протяжении 154 дней, а его

средняя высота составляет 30–40 см (Барнаул: научно-справочный атлас, 2007). В течение года в регионе доминируют ветры юго-западного направления (Рисунок 4).

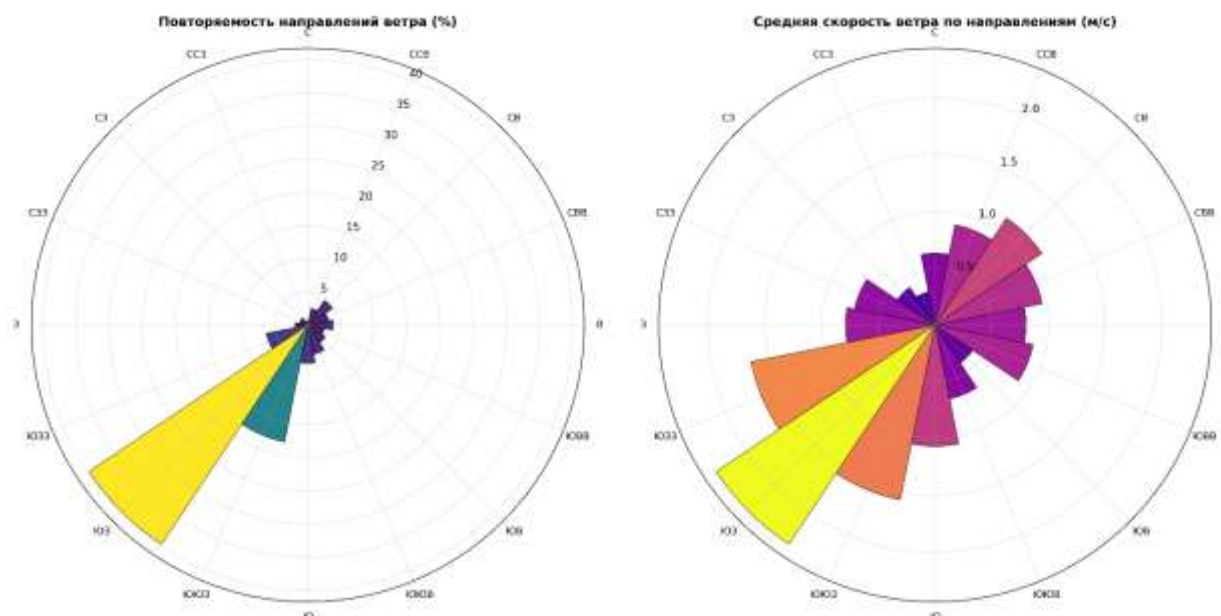


Рисунок 4 – Роза ветров для г. Барнаула (1995-2025)

В пониженных частях города зимой и в утренние часы формируются условия для застаивания холодного воздуха и накопления загрязняющих веществ. Ленточный бор повышает относительную влажность на 10–15 % и увеличивает количество осадков на 40–50 мм (Сляднев, Фельдман, 1958).

Естественную основу почвенного покрова Барнаула составляют обыкновенные и выщелоченные черноземы мало- и среднегумусные среднемоштные среднесуглинистые. На склонах вдоль долины реки Барнаулки распространены серые лесные слабоподзолистые почвы (Пудовкина, 2000). Малогумусные дерново-подзолистые почвы приурочены к песчаным аллювиальным отложениям древней и современной долины этой реки, а также к участкам ленточного соснового бора в городской черте. В настоящее время естественный почвенный покров на территории города преобразован. Исходные почвы сохранились лишь в пределах участков, удаленных от

промышленных и селитебных зон: в ленточном бору нагорной части города, а также в пойме реки Оби (Бабошкина, Пузанов, 2008).

В городской черте под влиянием антропогенной нагрузки формируются сообщества синантропных видов, доля которых составляет 32,5 %. Флора Барнаула насчитывает 867 видов, ведущие семейства – Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae. Зеленые насаждения общего пользования (парки, скверы) занимают 3,9 м² на человека, основные древесные породы – тополь черный, клен ясенелистный, береза, яблоня (Терехина, 2000). В пределах города расположен фрагмент Барнаульского ленточного бора, где доминируют: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), берёза повислая (*Betula pendula*) и осина (*Populus tremula*). В подлеске встречаются рябина, черёмуха, ивы, карагана, шиповник и малина (Соколова, Сапронова, 1996). На серых лесных почвах распространены берёзовые колки из берёзы бородавчатой с примесью осины. Травяной покров представлен вейником, кострецом, пыреем, ежой сборной, кровохлёбкой и василистником (Ненашева, 2013).

Предсалаирская провинция: Т-15 холмисто-увалистые расчлененные поверхности со злаково-разнотравными луговыми степями и остепненными лугами на черноземах выщелоченных и оподзоленных в сочетании с березовыми и осиново-березовыми остепненными лесами и колками на серых и темно-серых лесных почвах (Ландшафтная карта..., 2016).

Предсалаирская провинция занимает восточную часть Алтайского края, размещаясь на предгорных равнинах, примыкающих к Салаирскому кряжу. Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха $\geq 10^{\circ}\text{C}$ – 130 дней. Средняя температура июля составляет $+19,3^{\circ}\text{C}$, средняя максимальная температура наиболее теплого месяца достигает $+24,9^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 1800–2000 $^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 71 %, в дневные часы снижается до 54 %. Количество осадков за апрель–октябрь составляет 390 мм, суточный максимум осадков – 67 мм (Агроклиматические ресурсы

Алтайского края, 1971; Климатические параметры..., URL:<https://vik.by/instruments/climatology/russia/city>).

Лесостепь занимает обширную территорию Приобского плато с его пологими склонами и пересекающими его древними ложбинами стока. Современные лесостепные ландшафты носят вторичный характер, претерпев значительные антропогенные трансформации, при этом сохранившиеся лесные участки используются в качестве сенокосов и пастбищ. Почвенный покров представлен преимущественно выщелоченными черноземами, характерно широкое развитие овражно-балочной сети и интенсивный смыл почвенного покрова на склоновых участках (Шаврыгин, 1959). Левобережье и правобережье Оби хорошо освоены в сельскохозяйственном отношении (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971) в связи с этим естественная степная растительность сохранились лишь фрагментарно на небольших по площади участках, преимущественно приуроченных к склонам (Ронгинская, 1963). В пониженных участках распространены галофитные остепненные луга, формирующиеся на лугово-черноземных солонцеватых почвах. В их травостое доминируют вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), мятлик узколистный (*Poa angustifolia*) и типчак ложный (*Festuca pseudovina*). Значительным обилием отличаются лабазник обыкновенный (*Filipendula vulgaris*), горичник Морисона (*Peucedanum morisonii*), прострел раскрытый (*Pulsatilla patens*), полыни (*Artemisia glauca*, *A. latifolia*), подорожник солончаковый (*Plantago salsa*), земляника зеленая (*Fragaria viridis*), подмаренник настоящий (*Galium verum*) и другие виды разнотравья. При пастбищном использовании в составе луговых сообществ возрастает доля *Festuca pseudovina*, *Poa angustifolia* и *Taraxacum officinale*, *Carex praecox* (Лапшина, Лавренко, 1985).

В условиях расчлененного рельефа Приобского плато и Бийско-Чумышской возвышенности березовые и осиново-березовые леса приурочены к склонам северной и восточной экспозиции невысоких увалов, балок и долин, редко встречаясь на плакорных участках с серыми лесными почвами. Основу

древостоя березовых и осиново-березовых лесов на равнинных территориях образуют береза повислая (*Betula pendula*) и осина (*Populus tremula*). Кустарниковый ярус развит слабо и представлен одиночными экземплярами караганы древовидной (*Caragana arborescens*), розы иглистой (*Rosa acicularis*), черемухи обыкновенной (*Padus avium*), калины обыкновенной (*Viburnum opulus*) (Лапшина, 1963). В заболоченных колках подлесок образуют ивняки, наибольшие площади занимает ассоциация вейниковых березовых лесов.

Степные сообщества правобережья Оби, приурочены к южным и западным склонам балок и оврагов, встречаются настоящие ковыльные степи с доминированием ковыля-волоснеца (*Stipa capillata*). Вершинные поверхности грив преимущественно распаханы, тогда как северные и восточные склоны заняты березовыми, осиновыми и смешанными лесами (Ронгинская, 1963). По сравнению с левобережными колками, участие осины здесь значительно выше, что обусловлено повышенным увлажнением и влиянием черневой тайги Салаира (Лапшина, 1963). Подлесок разрежен, представлен одиночными экземплярами калины и ивы. Травяной покров отличается высокой густотой и значительной высотой, сформирован лесными и лугово-лесными видами, с преобладанием мезофитов. На правобережье также распространены березняки разнотравно-злаковые, ежевые и коротконожковые (Соколова, 2002б).

Сосновые леса приурочены к долине Оби, образуя на правобережье сплошные боровые массивы, а на левобережье формируя ленточные боры, уходящие от реки в юго-западном направлении (Павлова, 1963). Преобладающим типом растительности являются кустарничково-травяные и травяные ассоциации. Основная лесообразующая порода – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Чистые сосновые насаждения занимают относительно небольшие площади, преимущественно в южных массивах. Более широко распространены сосновые леса с участием березы, режы, осины (Лапшина, 1985). В северо-восточных частях ленточных боров получают

распространение мезофильные травянистые (злаковые, разнотравные, осоковые) и травянисто-брусничниковые сосновые леса (Павлова, 1963). Травяно-кустарничковый ярус отличается высоким флористическим разнообразием, постоянными компонентами выступают брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), черника (*V. myrtillus*), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*), кошачья лапка (*Antennaria dioica*). Из луговых и лугово-степных видов обычны вейник наземный, ирис русский (*Iris ruthenica*), вероника колосистая (*Veronica spicata*) и др. (Лапшина, 1985).

В Верхне-Обском бору (правобережье Оби) доминируют кустарничковые боры с брусникой, меньшие площади занимают травянистые боры, а также вторичные березовые и березово-осиновые леса (Куминова, 1963). Центральная часть бора заболочена, склоновые поверхности покрыты смешанными лесами с разнотравно-злаковыми, злаково-осоковыми и папоротниковыми травостоями. Северные склоны, лога и заболоченные низины заняты молодыми осиново-березовыми лесами с густым кустарниковым подлеском и высокотравьем. Пойменные тополевые и ивовые леса характеризуются значительной вариабельностью типологического и флористического состава и приурочены преимущественно к прирусловым частям пойм Оби и ее притоков. Древостой формируют тополь черный (*Populus nigra*), реже – тополь белый (*P. alba*), местами с примесью ивы белой (*Salix alba*). Подобные леса нередко чередуются с ивняками и кустарниковыми зарослями (Соколова, 2002а, б).

Салаирская провинция: Т-16 увалистые с широкими уплощенными вершинами поверхности с осиновыми и пихтово-осиновыми, с примесью березы, высокотравными закустаренными лесами на горно-лесных дерново-глубокооподзоленных почвах (350-400 м) (Ландшафтная карта..., 2016).

Среднегодовая температура воздуха составляет +1,1 °С. Продолжительность периода со средней суточной температурой ≥ 0 °С составляет 105-120 дней, периода ≥ 10 °С – 110 –130 дней. Средняя температура июля составляет +18,8 °С, средняя максимальная температура

наиболее теплого месяца достигает +25,1 °С. Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 75 %, в дневные часы снижается до 60%. Сумма активных температур выше +10 °С составляет 1800°С и менее. Количество осадков за апрель–октябрь составляет 400 мм. Преобладающее направление ветра в летний период – северо-восточное (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Климатические параметры..., URL:<https://vik.by/instruments/climatology/russia/city>).

Растительный покров Салаирского кряжа в пределах Алтайского края подчиняется законам высотной поясности, демонстрируя четкую смену сообществ от подножий к водоразделу. Предгорья и подгорная равнина заняты березовыми и осиново-березовыми лесами, которые чередуются с остепненными лугами. По мере подъема к водоразделу они сменяются черневой тайгой – уникальным типом леса с реликтовым неморальным комплексом, основу которого составляют пихта сибирская (*Abies sibirica*) и осина (*Populus tremula*) с участием ели в долинах притоков реки Чумыш. В травяном покрове высокотравные виды, такие как *Dryopteris filix-mas* (Александрова и др., 1958; Куминова, 1960). На территории встречаются отдельные участки реликтовых лесов, отличающихся присутствием липы сибирской (*Tilia sibirica*). Данный вид произрастает как в смешанных насаждениях с пихтой (*Abies sibirica*), осиной (*Populus tremula*) и береза повислая (*Betula pendula*), так и формирует чистый древостой. Кустарниковый ярус представлен рябиной сибирской (*Sorbus sibirica*), черемухой обыкновенной (*Padus avium*), караганой древовидной (*Caragana arborescens*), бузиной сибирской (*Sambucus sibirica*), смородиной щетинистой (*Ribes hispidulum*) и спиреей средней (*Spiraea media*). В условиях лучшей освещенности получает развитие высокотравье, включающее *Aconitum exselsum*, *Cacalia hastata*, *Cirsium heterophyllum*. В напочвенном покрове отмечается набор неморальных реликтовых видов, тяготеющих преимущественно к черневым лесам (Лазинский, 2007).

Северо-Западная Алтайская провинция: Т-17 пологонаклонные пологоволнистые предгорные равнины с богаторазнотравно-типчаково-ковыльными степями на черноземах обыкновенных (Ландшафтная карта..., 2016). Лето короткое и прохладное. Продолжительность периода с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 70–110 дней. Средняя температура июля составляет $+18,3^{\circ}\text{C}$, средняя максимальная температура наиболее теплого месяца достигает $+26,4^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры воздуха $+40^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 800–1600 $^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца – 72%, в дневные часы снижается до 53%. Количество осадков за апрель–октябрь составляет 480 мм. Преобладающее направление ветра в летний период – южное (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Климатические параметры..., URL:<https://vik.by/instruments/climatology/russia/city>).

Североалтайская провинция: Т-18 холмисто-увалистые расчлененные поверхности с разнотравно-злаковыми луговыми степями в сочетании с остепненными лугами на черноземах выщелоченных (650–1000 м) (Ландшафтная карта..., 2016). Лето характеризуется как умеренно теплое, с преобладанием малооблачной погоды. Средняя температура июля составляет $+20^{\circ}\text{C}$. Средняя максимальная температура наиболее теплого месяца достигает $+26^{\circ}\text{C}$. Продолжительность периода с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 90–130 дней. Сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 1200–2000 $^{\circ}\text{C}$. Количество осадков за апрель–октябрь составляет 280–350 мм. Относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца достигает 62 %, в дневные часы она может снижаться до 45 %. Преобладающее направление ветра в летний период – юго-западное (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Архив погоды.– URL: <https://rp5.ru>).

Северо-Восточная Алтайская провинция: Т-19 пологоувалистые слаборасчлененные междуречные поверхности с березово-осиновыми, березово-сосновыми с участием пихты высокотравными лесами на горно-лесных серых и дерновых глубокоподзоленных почвах (450–650 м)

(Ландшафтная карта..., 2016). Лето характеризуется как умеренно теплое, влажное. Средняя температура июля составляет +19,1°C. Средняя максимальная температура наиболее теплого месяца достигает +25°C. Продолжительность периода с температурой выше +10°C составляет 110-130 дней. Сумма активных температур выше +10°C составляет 1600–2000°C. Количество осадков за апрель–октябрь составляет 350-450 мм. Преобладающее направление ветра в летний период – юго-западное и западное (Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971; Архив погоды. – URL:<https://rp5.ru>).

Вертикальная поясность Алтайской горной области включает несколько поясов. Степной пояс (450-900 м) занимают луговые и настоящие степи, часто преобразованные человеком, а в северо-западных предгорьях в нем выделяют два подпояса: с разнотравно-типчаково-ковыльными степями и с кустарниковыми сообществами (*Spiraea hypericifolia*, *Cotoneaster melanocarpa*) (Огуреева, 1980). Лесостепной пояс (500-1700 м) характеризуется сложным чередованием луговых степей, остепненных лугов, кустарников и березовых, лиственничных или сосновых перелесков, что связано с экспозицией склонов. Лесной пояс подразделяется на подпояс черневой тайги (с пихтой, до 1200 м) и горнотаежный подпояс (с темнохвойными и лиственничными лесами, до 2000 м) (Куминова, 1960; Огуреева, 1980). Высокогорья в пределах края (хребты Тигирекский, Коргонский) относятся к субальпийскому и альпийско-тундровому поясам. Для субальпийского пояса характерны высокотравные луга, ерники и низкотравные сообщества, а для альпийско-тундрового – мелкотравные луга, кустарниковые и лишайниково-моховые тундры, а также фрагменты дриадовых тундр (Огуреева, 1980; Седельников, 1988).

Таким образом, пространственная неоднородность природной среды Алтайского края, проявляющаяся в сложности орографии, различиях метеорологических параметров и разнообразии растительности, определяет условия формирования аэропалинологической обстановки на территории.

Наличие степной и лесостепной зональных областей Западно-Сибирской равнины, а также высотных поясов Алтае-Саянской горной страны обеспечивает широкий спектр растительных сообществ – от сухих полынно-типчаковых степей на каштановых почвах до черневой тайги, что создаёт разнообразную основу для формирования региональных спорово-пыльцевых спектров. В равнинной части региона естественная растительность в значительной степени преобразована антропогенным воздействием, что критически важно для интерпретации современных аэропалинологических данных, поскольку пыльцевая продуктивность естественных сообществ значительно изменена.

Модельные участки охватывают все физико-географические районы и провинции территории Алтайского края, что способствует учёту региональной специфики формирования спорово-пыльцевых спектров и обеспечивает сопоставимость результатов при оценке метеорологических условий сезона пыления. Город Барнаул, расположенный в лесостепной зоне, сочетает влияние долинных комплексов рек Оби и Барнаулки, ленточного бора, а также урбанизированных территорий, что делает его важным стационарным объектом для верификации региональных аэроспектров.

Физико-географических условий территории края создают необходимую основу для последующего анализа пространственно-временной изменчивости спорово-пыльцевых спектров и обеспечивают интерпретацию полученных данных с учётом природных и антропогенных факторов. В связи с этим объективная оценка аэропалинологической ситуации базируется на комплексном исследовании компонентов геосистемы, которые позволяют выделить территории с различным уровнем комфортности аэропалинологической обстановки.

2.2 Комплексный подход к изучению аэропалинологической обстановки территории исследования

В основу исследования положен комплексный подход, структура которого представлена на рисунке 5.

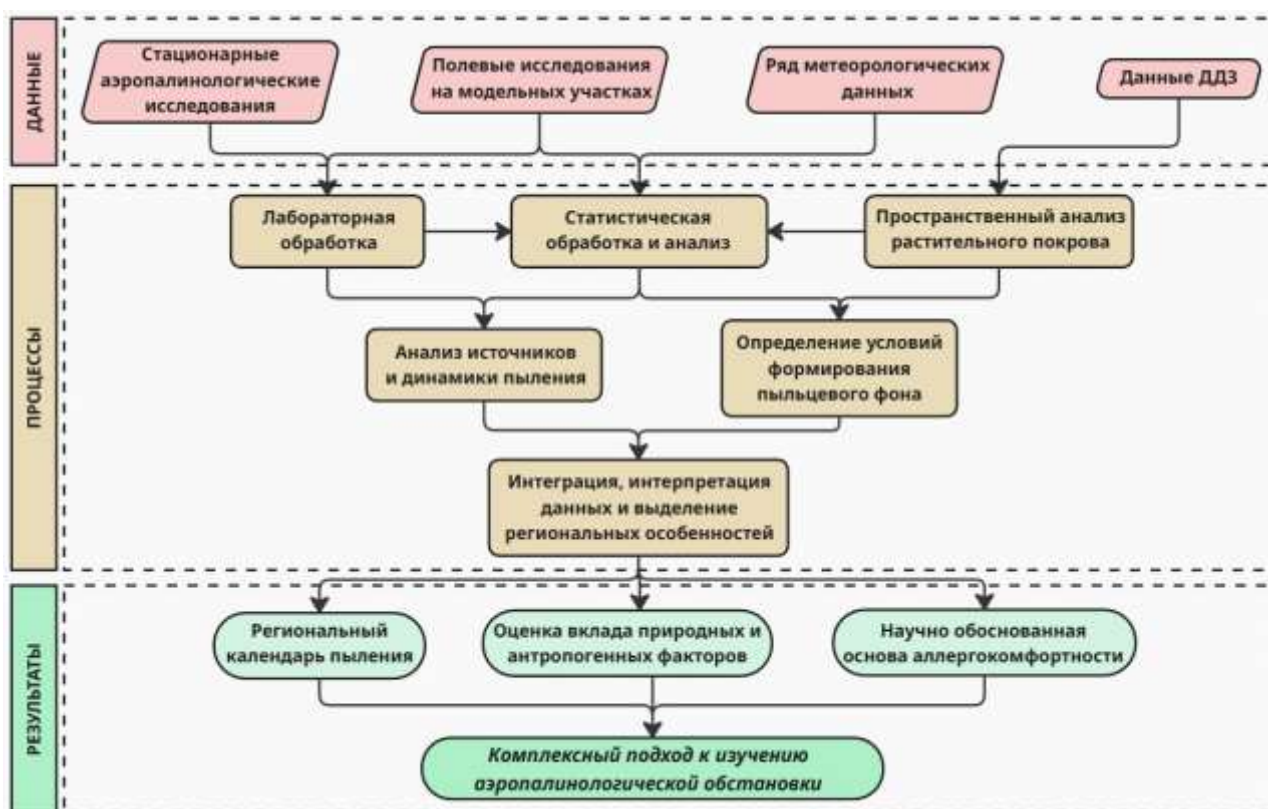


Рисунок 5 – Структура комплексного подхода к изучению аэропалинологической обстановки

Реализация представленной структуры отражает взаимосвязь примененных методов исследования. Исходные данные формируются за счет стационарных аэропалинологических наблюдений, полевых исследований на модельных участках, метеорологических показателей и данных дистанционного зондирования Земли. Их обработка, анализ и интеграция служат основой формирования оценки алергокомфортности территории, учитывающей выявленные региональные особенности пыления и вклад

природных и антропогенных факторов. Описание примененных методов приводится ниже.

Аэропалинологические исследования проводились в несколько этапов, включавших стационарные исследования динамики пыления аллергенных растений и полевые исследования по изучению состава спорово-пыльцевых спектров на территории Алтайского края. Стационарный мониторинг в г. Барнаул проводили с использованием волюметрического пыльцеуловителя Буркарда, установленного на крыше здания Алтайского государственного университета на высоте 22 м от поверхности земли (53.347938° с.ш., 83.775149° в.д.) (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Пыльцеуловитель Буркарда (Мейер-Меликян, 1999)

На основе многолетних данных проанализирована динамика пыльцевого спектра с 2004 по 2025 гг. Автором проведены исследования в весенне-летние сезоны 2024 и 2025 гг. — с апреля до середины сентября осуществлялся ежедневный отбор проб воздуха, общее число исследованных аэропалинологических образцов превысило 300. Каждая проба препарировалась с использованием глицерин-желатина, с добавлением сафранина, что обеспечивало окрашивание пыльцевых зерен в розовый цвет

различной интенсивности и существенно облегчало их обнаружение и идентификацию (Рисунок 7). Определение и подсчет пыльцевых зерен проводились при помощи микроскопа Axiostar plus (увеличение 400 – 600 раз). Оценка количества пыльцы выполнялась путем подсчета зерен на 20 % площади препарата по регулярным транссектам (Hicks et al., 1999, Мейер-Меликян и др., 1999).



Рисунок 7 – Пыльцевые зерна сосны в аэропалинологическом спектре
весенне-летнего сезона

Идентификация таксономической принадлежности осуществлялась с помощью эталонных препаратов нативной пыльцы, атласов и баз данных (Эрдтман, 1956; Сладков, 1967; Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Дзюба, 2005; Атлас пыльцевых зерен (Pollen atlas), 2015; Allergome; URL:PollenLibrary.com), при этом учитывалось, что нативные пыльцевые зерна близких видов под световым микроскопом часто схожи, что позволяет определять их преимущественно до рода, а в ряде случаев – только до семейства (Мейер-Меликян и др., 1999). Полученные результаты подсчетов пересчитывались на единицу объема воздуха и представлялись как число пыльцевых зерен в 1 м³.

Для анализа пыления отдельных таксонов применялись следующие характеристики: первое появление пыльцевых зерен в спектре, даты начала и завершения пыления, продолжительность основного периода пыления, дата и

интенсивность максимальной концентрации, а также суммарная концентрация за весенне-летний сезон. На основе полученных результатов проведена статистическая обработка и построены линейные графики с применением сглаживания методом LOESS. Для построения использовался пакет ggplot2 в среде R, применялся квадратичный полином ($\text{degree} = 2$), позволяющий улавливать нелинейные тренды, коэффициент сглаживания (span) составил 0,75. Календарь пыления строился подекадно, при этом древесные и травянистые таксоны анализировались отдельно ввиду различий в их пыльцевой продуктивности (Мейер-Меликян и др., 1999).

Для оценки пыльцевой продуктивности на территории Алтайского края применялся седиментационный метод с использованием ловушек Таубера, который является наиболее удобным и простым способом улавливания пыльцевых зерен. Данный метод, хотя и не позволяет оценить содержание пыльцы в единице объема воздуха, дает точное представление о качественном составе пыльцевого спектра. Методика основана на размещении в разных растительных условиях (1 «in the forest», 2 «at the forest edge and», 3 «in the unforested area») ловушек, представляющих собой емкость объемом до 5 л с входным отверстием диаметром 5 см, которые помещались в грунт таким образом, чтобы их край находился на уровне поверхности почвы или слегка возвышался над ней, что обеспечивало эффективный сбор осаждающейся пыльцы и спор в течение весенне-летнего периода (Hicks et al., 1996) (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Установка пылеуловителя Таубера на точке отбора

В апреле 2025 г. было установлено 57 ловушек Таубера на 19 модельных участках, по три ловушки на каждом, для проведения итоговых расчетов и построения диаграммы данные по трем точкам усреднялись (Pollen Monitoring Programme – PMP, Hicks et al., 1996).

Ловушки экспонировались на протяжении всего весенне-летнего периода с последующим сбором проб в его конце. Выбор точек мониторинга осуществлялся в соответствии с ландшафтным районированием Алтайского края (Ландшафтная карта..., 2016), что позволило охватить все основные физико-географические районы и провинции, характеристика модельных участков представлена в пункте 2.1. Лабораторная обработка палинологических проб, отобранных с помощью ловушек Таубера, проводили методом ацетализа (Erdtman, 1943, Мазей, 2021). Включала последовательные этапы обезвоживания, химической обработки для разрушения органических примесей, центрифугирования и промывки до нейтральной реакции, после чего окончательный осадок помещался в глицериново-желатиновую смесь для последующего микроскопического исследования. Подсчет пыльцевых зерен

проводился до достижения 300 зерен древесных растений на препарат (Ненашева, 2013).

Описание растительного покрова на модельных участках выполнено с целью идентификации потенциальных источников пыльцевых зерен и последующей интерпретации аэропалинологических данных. При анализе литературных источников были использованы материалы фундаментальной монографии «Флора Сибири» (тт. 8–13, 1987–1997), обобщены данные региональных исследований (Куминова, 1960, 1963; Ронгинская, 1963; Лапшина, 1963, 1985; Терехина, 2000; Соколова, 2002а, б, 2003; Лашинский, 2007; Силантьева, 2006, 2013; Золотов, 2009, Ненашева и др., 2024).

Этиология поллинозов в значительной степени определяется климато-географическими условиями местности и характером растительности, все аллергенные растения традиционно подразделяются на три группы: древесные (хвойные и лиственные), злаковые травы и сорняки (Дзюба, 2005).

Перечень таксонов, рассматриваемых в качестве значимых источников аллергенной пыльцы, сформирован в соответствии с методическими подходами, принятыми Европейской аэропалинологической службой (European Aeroallergen Network, EAN). Список аллергенных таксонов для территории Алтайского края составлен на основе работ М.М. Силантьевой (2006; 2013). Список видов выверен по ботаническому номенклатурному справочнику «Plants of the World Online» (POWO) (URL: <https://powo.science.kew.org>). В результате сформирован следующий перечень:

Pinaceae Lindl. в том числе: *Abies sibirica* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea abies* (L.) H. Karst, *P. obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour., *P. sylvestris* L.;

Chenopodiaceae Vent., в том числе: *Chenopodium* spp.;

Polygonaceae Juss. в том числе: *Rumex* spp.;

Fagaceae Dumort. – *Quercus robur* L.;

Betulaceae Gray: *Betula* spp. в том числе: *B. pendula* Roth; *B. pubescens* Ehrh.;

Duschekia fruticosa (Rupr.) Pouzar – (syn. *Alnus fruticosa* Rupr.);

Salicaceae Mirb. – *Populus* spp., в том числе: *Populus alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L.;

Salix spp., в том числе: *S. alba* L., *S. caprea* L., *S. cinerea* L., *S. dasyclados* Wimm., *S. pentandra* L., *S. triandra* L., *S. viminalis* L.;

Tiliaceae Juss., в том числе: *Tilia cordata* Mill., *T. sibirica* Bayer;

Ulmaceae Mirb., в том числе: *Ulmus glabra* Huds., *U. laevis* Pall., *U. pumila* L.;

Urticaceae Juss., в том числе: *Urtica cannabina* L., *U. dioica* L., *U. urens* L.;

Aceraceae Juss., в том числе: *Acer ginnala* Maxim., *A. negundo* L., *A. tataricum* L.;

Plantaginaceae Juss., в том числе: *Plantago depressa* Willd., *P. major* L., *P. media* L., *P. urvillei* Opiz;

Asteraceae Dumort. – *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia* spp., в том числе: *A. campestris* L., *A. commutata* Bess., *A. dracunculus* L., *A. frigida* Willd., *A. glauca* Pall. ex Willd., *A. gmelinii* Weber. ex Stechm., *A. laciniata* Willd., *A. latifolia* Ledeb., *A. pontica* L., *A. rupestris* L., *A. schrenkiana* Ledeb., *A. scoparia* Waldst. et Kit., *A. sericea* Web. ex Stechm., *A. sieversiana* Willd., *A. vulgaris* L.;

Poaceae Barnhart, в том числе: *Agrostis* sp. sp., *Bromopsis* spp., *Dactylis* spp., *Festuca* spp., *Poa* spp.

Для характеристики растительного покрова в окрестностях точек установки ловушек применялись стандартные геоботанические методы (Боголюбов, 1996) на модельных участках по диагонали закладывались учетные площадки, фиксировались видовой состав, обилие по шкале Друде, проективное покрытие и фенологические фазы растений. Описания выполнялись в период цветения, полученные данные использовались для выявления локальных источников пыльцевых зерен. В ходе полевых исследований осуществлялся сбор гербарного материала. Гербаризация образцов проводилась по стандартной методике с последующей камеральной обработкой и верификацией таксономической принадлежности. Определение

таксонов осуществлялось по «Определителю растений Алтайского края» (2003).

По результатам анализа рассчитывалось процентное содержание пыльцы в спектрах и строились диаграммы с использованием программы TILIA. Все методы стационарных, полевых и лабораторных исследований соответствовали стандартам Программы мониторинга пыльцы (Pollen Monitoring Programme – PMP, Hicks et al., 1996).

Для установления связи между климатическими параметрами и динамикой пыления аллергенных растений применялся метеорологический метод. В работе использованы данные о среднесуточной температуре, относительной влажности воздуха, скорости и направлении ветра, атмосферном давлении за период 2004–2025 гг., полученные по метеостанциям Алтайского края (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»). При установлении связи между метеорологическими параметрами и сроками наступления фаз развития растений использовались методические подходы, предложенные в работах по сезонной динамике природных процессов (Галахов, 1959; Рутковская, 1979; Филандышева, 1989; Филандышева, Окишева, 2002; Харламова, 2005; Барышникова и др., 2014; Литвинова, Гуляева, 2016; Литвинова, 2017; Филандышева и др., 2017). Выделение фаз годового цикла осуществлялось с применением температурных критериев, предложенных Н.В. Рутковской и адаптированных для условий Алтайского края Н.Ф. Харламовой (2013). Согласно данным критериям, весенний период подразделяется на фазы снеготаяния (устойчивый переход среднесуточной температуры через -5°C до 0°C), послезимья (от 0°C до $+5^{\circ}\text{C}$) и предлетья (от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+10^{\circ}\text{C}$); летний период – на фазы устойчиво-прохладного (от $+10^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$), умеренно-теплого (выше $+15^{\circ}\text{C}$) лета и спада лета (от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+10^{\circ}\text{C}$). Даты устойчивого перехода температуры воздуха через установленные пределы фиксировались по периоду превышения положительных или отрицательных отклонений среднесуточной температуры от порогового значения (Кельчевская, 1971; Максимова и др., 2023).

Поскольку начало вегетации и сроки зацветания растений находятся в прямой зависимости от накопления тепла, количественная оценка термических условий, инициирующих пыление, включала расчет сумм эффективных температур, аккумулированных до достижения пороговых значений. Сопряженный анализ фенологических фаз развития растений и метеорологических параметров позволил установить временные интервалы, в пределах которых происходит пыление отдельных таксонов, и оценить влияние температурного фактора на продолжительность и интенсивность процесса пыления.

Эмпирически установленные пороговые значения согласуются с данными предыдущих исследований, подтверждающих устойчивую зависимость между динамикой температурных показателей и регистрацией первых пыльцевых зерен (Шамгунова, Заклякова, 2010; Елькина, 2018; Корсакова и др., 2020). Обработка результатов проводилась методами математической статистики с использованием MS Excel и включала расчет средних значений, медианы, стандартного отклонения и стандартной ошибки. Для выявления статистических зависимостей между метеорологическими показателями и суточными концентрациями пыльцы различных таксонов применялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

При оценке пространственного распределения и площадных характеристик основных категорий земель, определяющих структуру растительного покрова – источника пыльцевых зерен, а также влияющих на условия их распространения, проведено дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли. В качестве исходных материалов использованы спектральные снимки со спутника Sentinel-2, характеризующиеся пространственным разрешением 15 м и наличием каналов в видимом, ближнем и среднем инфракрасном диапазонах, что позволяет эффективно дифференцировать различные типы растительности и антропогенные объекты. Обработка снимков и последующий анализ выполнялись в геоинформационной среде QGIS 3.40.15.

Классификация изображений проведена на основе комбинаций спектральных каналов, подобранных для оптимального выделения различных категорий земель. Для идентификации древесной растительности с разделением на хвойные и лиственные породы применялась комбинация каналов среднего инфракрасного (SWIR), ближнего инфракрасного (NIR) и красного диапазонов (каналы 11-8-4). В данной комбинации хвойные древостои визуализируются оттенками темно-зеленого и коричневатокрасного цвета, лиственные леса приобретают ярко-зеленую или светло-зеленую тональность. Травянистая растительность, включая естественные луга и агроценозы, идентифицировалась по комбинации ближнего инфракрасного, красного и зеленого каналов (каналы 8-4-3). Активная фотосинтезирующая растительность в этом синтезе отображается яркими оттенками красного, что позволяет отделять ее от других типов поверхности (Антонов, Скрипчинский, 2018; Макаров и др., 2020; Шихов и др., 2020; Тарасова и др., 2023).

Урбанизированные территории (населенные пункты, транспортная инфраструктура) выделялись по комбинации каналов с использованием коротковолнового инфракрасного, ближнего инфракрасного и красного диапазонов (каналы 12-8-4), где застроенные поверхности приобретают розово-фиолетовые и сиреневые оттенки, позволяющие отделять их от открытых почв и естественной растительности.

Объекты гидрографии дешифрировались по комбинации каналов, подчеркивающей поглощающие свойства воды в ближнем и среднем инфракрасном диапазонах (каналы 8-11-4 или 8-12-3), где водная поверхность имеет темно-синий или черный тон благодаря интенсивному поглощению инфракрасного излучения. Использование среднего инфракрасного канала (SWIR) позволяет четко выделять береговую линию и идентифицировать даже небольшие водные объекты.

Земли сельскохозяйственного назначения выделялись в отдельную категорию, включающую как пахотные угодья в состоянии вегетации, так и

пары, на основе комбинации каналов 11-8-2. По результатам визуального дешифрирования проведена векторизация выделенных контуров с созданием цифровой векторной карты (Рисунок 9, Приложение 1).

Для каждого полигона в атрибутивной таблице фиксировалась принадлежность к одному из шести классов: древесная хвойная растительность, древесная лиственная растительность, травянистая растительность, урбанизированные территории, водные объекты, земли сельскохозяйственного назначения. Рассчитаны площади, занятые каждой категорией, с последующим определением их доли в общей структуре исследуемой территории.

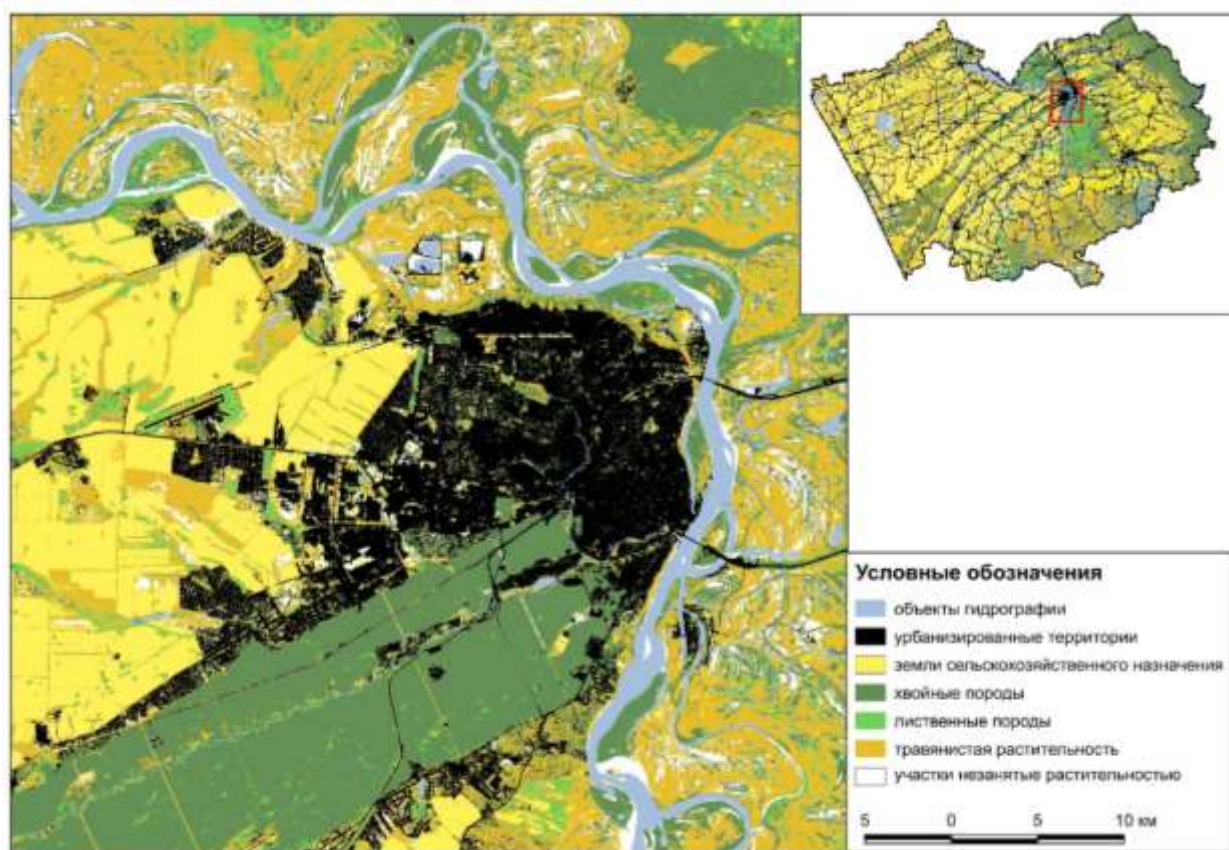


Рисунок 9 – Пространственное распределение основных типов растительности (по данным спутниковой съемки)

Таким образом, реализованный в работе комплексный подход к изучению аэропалинологической обстановки обеспечивает переход от

разрозненных характеристик пыления аллергенных растений к системному анализу условий формирования пыльцевых спектров. Статистическая обработка данных, а также пространственный анализ растительного покрова, позволяют выявить связи между метеорологическими показателями, интенсивностью пыления аллергенных таксонов и их динамикой. Интеграция этих данных служит основой для комплексной оценки региональных особенностей формирования аллергенного пыльцевого фона Алтайского края.

ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СПЕКТРА АЛЛЕРГЕННОЙ ПЫЛЬЦЫ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

3.1 Результаты аэропалинологического мониторинга г. Барнаула

В период с 2004 по 2025 год на территории г. Барнаула проводился ежегодный аэропалинологический мониторинг. Наблюдения охватывали временной промежуток с апреля по сентябрь, что позволяло фиксировать сроки начала и окончания сезона пыления в фазах весенне-летнего сезона, а также анализировать качественный и количественный состав пыльцевого спектра (Ненашева, 2008, 2011, 2013, Ненашева и др., 2024). Анализ многолетних данных показал, что основной состав пыльцевого спектра города остается относительно стабильным. Это позволило выделить 14 таксонов, пыльца которых обладает выраженными аллергенными свойствами: *Salix* spp., *Betula* spp., *Populus* spp., *Acer* spp., *Ulmus* spp., *Picea* spp., *Pinus* spp., *Tilia* spp., *Rumex* spp., *Plantago* spp., *Urtica* spp., *Artemisia* spp., Poaceae, Chenopodiaceae. В то же время, такие параметры, как продолжительность сезона пыления, интенсивность пыления, значения и день максимального содержания пыльцы варьируют от года к году.

Статистическая обработка выполнена с использованием средних арифметических значений, стандартного отклонения (σ), коэффициента вариации (CV, %) и стандартной ошибки среднего (m), которые далее по тексту обозначаются соответствующими символами. Для целей статистического анализа календарные даты были преобразованы в сквозные дни года, что позволило унифицировать данные и наглядно представить выявленные временные зависимости.

Средняя дата начала сезона пыления соответствует 113-му дню года со стандартным отклонением $\pm 7,2$ дня. Минимальный зарегистрированный срок приходился на 102-й день года (2009, 2011, 2012 г.), максимальный – на 126-й день (2019 г.), что отражает диапазон варьирования около 24 дней в

зависимости от метеорологических условий года. Статистическая оценка (коэффициент вариации 6,2 %) подтверждает умеренный уровень изменчивости фенологического события. Анализ не выявил статистически значимых трендов смещений дат начала пыления в течение периода наблюдений, что свидетельствует об отсутствии систематического сдвига сезона пыления. В качестве индикатора начала сезона пыления на территории исследования выбраны пыльцевые зерна ивы, которые появляются в аэропалинологическом спектре ранее остальных.

Средняя продолжительность сезона пыления составляет 131 день при стандартном отклонении $\pm 9,6$ дня, что отражает умеренную изменчивость (коэффициент вариации 7,3 %). Наименьшая длительность сезона зафиксирована в 2013 году (116 дней), наибольшая – в 2011 году (146 дней), диапазон варьирования достигает 30 дней.

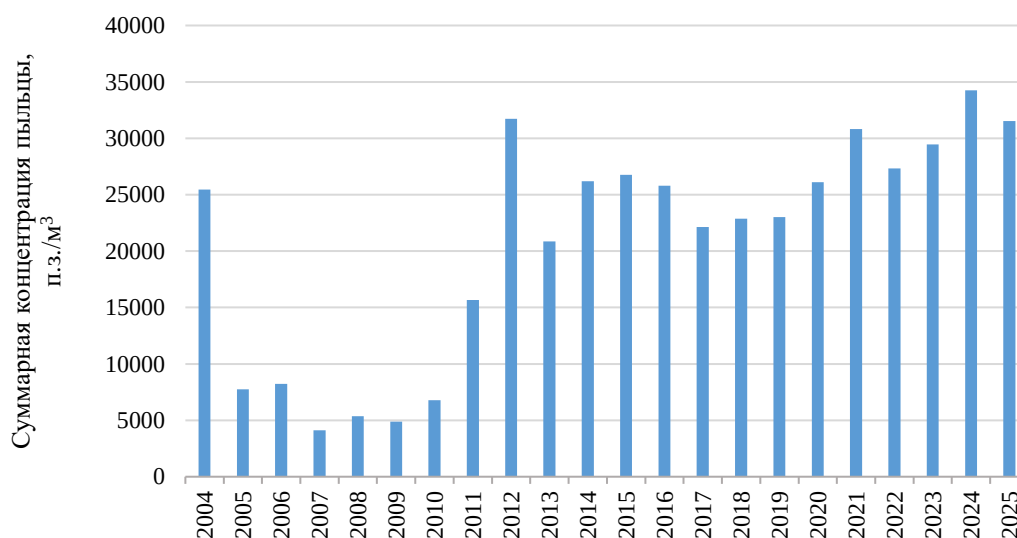


Рисунок 10 – Суммарная концентрация пыльцы весенне-летнего сезона (2004-2025 гг.)

Суммарная годовая концентрация пыльцы в воздухе г. Барнаул за период 2004–2025 гг. отличалась значительной вариабельностью общего уровня пылевой нагрузки. Среднее значение составило около 21000 пыльцевых зерен (п.з.), однако отмечен разброс данных: минимальная

зарегистрированная концентрация (4115 п.з./м³ в 2007 г.) почти в 8 раз ниже максимальной (34252 п.з./м³ в 2024 г.). При этом не наблюдается однозначного направленного тренда к росту или снижению суммарных концентраций за весь период. Отдельные годы с экстремально высокими показателями (например, 2004, 2012, 2020 – 2024 гг.) чередуются с периодами относительно низкой суммарной концентрацией (2005–2010 гг.) (Рисунок 10). Динамика общей пылевой нагрузки не коррелирует с ранее представленными сроками начала и продолжительностью сезона пыления. Это позволяет предположить, что календарные параметры сезона определяются преимущественно метеорологическими параметрами, тогда как суммарная концентрация пыльцы зависят от более широкого спектра условий в течение всего вегетационного периода (обеспеченность влагой, температура в критические фазы развития, наличие стрессовых факторов). Высокая межгодовая изменчивость суммарной концентрации является существенной предпосылкой возникновения и развития эпидемиологического риска, поскольку даже при стабильных временных границах сезона пыления аллергенная нагрузка на людей чувствительных к поллинозу демонстрирует различия.

На протяжении всего исследуемого периода наблюдается устойчивое количественное преобладание древесной пыльцы над травянистой. Доля пылевых зерен древесной группы растений в общем спектре варьирует от минимального – 50,4 % (2008 г.) до максимального – 92,3 % (2004 г.), составляя в среднем 80,7 % (CV 11,7 %), в 2008, 2009, 2010 составляла менее 60 %, в остальные годы стабильно превышала 70 %, достигая максимумов в 2006 г. (90,16 %), 2012 г. (92,25 %) и 2004 г. (92,3 %). Доля пылевых зерен травянистой группы растений в среднем составляла 19,7 % (Рисунок 11).



Рисунок 11– Процентное соотношение пыльцевых зерен древесных и травянистых растений в аэроспекте г. Барнаула (2004–2025 гг.)

Для оценки вклада отдельных аллергенных таксонов в общую пыльцевую нагрузку проведен анализ суммарных сезонных показателей за период 2004–2025 гг. (Рисунок 12).

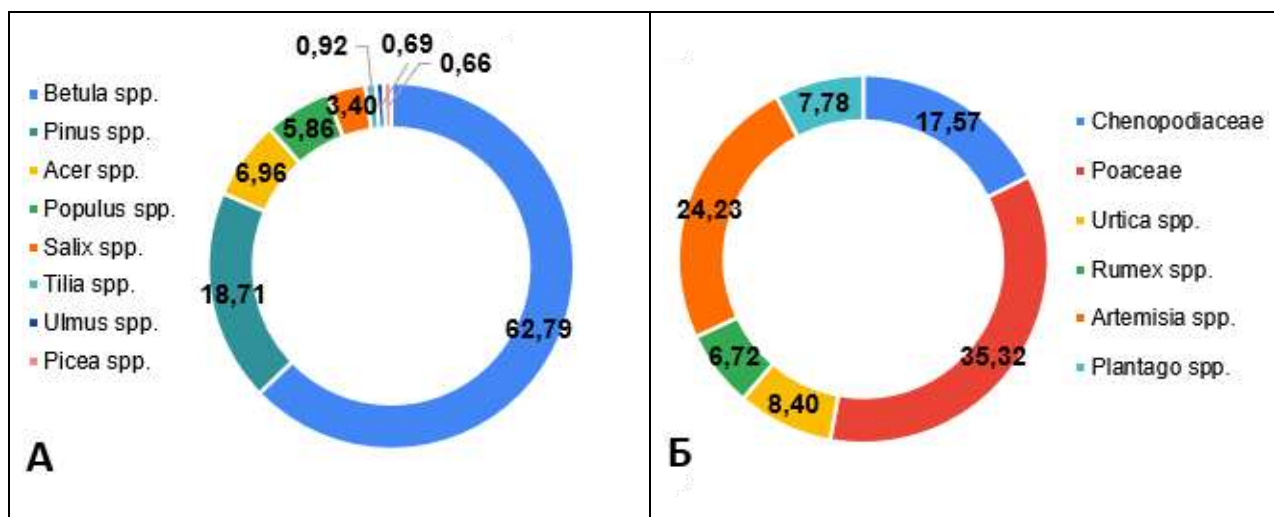


Рисунок 12 – Вклад основных аллергенных таксонов в суммарную пыльцевую нагрузку г. Барнаула (2004–2025 гг.): А – древесные растения; Б – травянистые растения

Среди древесных аллергенных таксонов абсолютным доминантом является *Betula* spp., на долю которой приходится 62,8 % от общего количества пыльцы древесной группы. Вклад остальных таксонов существенно ниже. Субдоминантное положение занимают *Pinus* spp. (18,7 %) и *Acer* spp. (7,0 %), другие древесные таксоны (*Populus* spp., *Salix* spp., *Tilia* spp., *Ulmus* spp., *Picea* spp.) в сумме составляют около 11,6 %.

В группе травянистых растений распределение более равномерное, наибольший вклад вносит семейство Poaceae (35,3%), *Artemisia* spp. – 24,2 %, Chenopodiaceae (17,5 %). Наименьшее значение отмечено для *Rumex* spp. (6,7 %). Полученные соотношения отражают структуру источников аллергенной пыльцы в г. Барнаул и подтверждают ведущую роль березы среди древесных, а также значимый вклад злаков, полыни и маревых.

Для отслеживания временных изменений концентрации пыльцевых зерен в атмосфере составляется календарь пыления, причем для каждой территории необходим локальный календарь. Он включает результаты аэропалинологического мониторинга по значимым для данного региона аллергенным таксонам, отражает концентрацию их пыльцы, а также позволяет выделить периоды с повышенным и пониженным содержанием пыльцевых зерен в атмосфере (Елькина, 2018).

Автором проведены аэропалинологические исследования в 2024, 2025 гг., период проведения с начала апреля по сентябрь. По результатам составлен усредненный календарь пыления для г. Барнаула (Рисунок 13). Для территории исследования выделены три последовательные волны пыления с характерными палиноиндикаторами. В 2024 г. общая годовая концентрация аллергенной пыльцы по 14 таксонам составила 34 252 п.з./м³, в 2025 г. – 31 532 п.з./м³.

Первая волна пыления соответствует устойчивому переходу среднесуточной температуры через +5° С, формируется пылью древесных растений. Палиноиндикаторами этой волны являются пыльцевые зерна (далее

п.з.) ивы, березы, тополя, клёна, вяза. В аэроспектре преобладают п.з. семейства Betulaceae.

Вторая волна пыления формируется п.з. хвойных (ель, сосна) и лиственных (липа) древесных растений, отмечена значительная эмиссия п.з. Роасеae. В аэроспектре фиксируются единичные п.з. березы, вяза, розоцветных. Палиноиндикаторы – п.з. сосны, злаковых.

Третья волна пыления формируется п.з. травянистых таксонов, в аэроспектре наблюдаются п.з. злаков, маревых, полыни, крапивы, щавеля, подорожника. Палиноиндикаторы п.з. злаковых, маревых, полыни (Стребкова и др., 2026a).

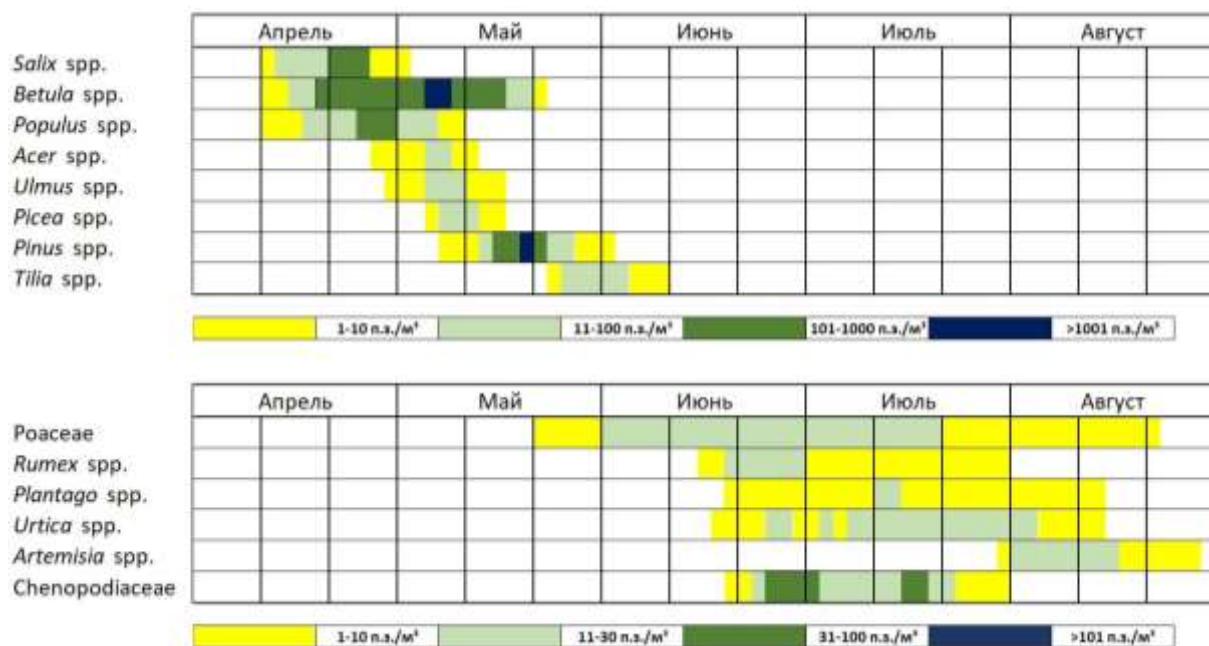


Рисунок 13 – Усредненный календарь пыления аллергенных растений на территории г. Барнаула

Характерной чертой сезонной динамики служит временное наложение волн пыления, что определяется резким повышением среднесуточных температур в весенний период. Отмечается смещение даты устойчивого перехода температуры воздуха через -5°C , которая соответствует началу весеннего сезона, с третьей на вторую декаду марта. Также отмечается

смещение даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через +10 °С, которая соответствует началу летнего сезона, на более ранний срок – со второй декады мая на первую (Стребкова и др., 2025а). В результате сокращаются интервалы между фенологическими фазами растений. Процентное содержание пыльцы в воздухе по волнам пыления представлено в приложении 2.

Усредненный календарь пыления аллергенных растений на территории Алтайского края предствален на рисунке 14 и включает 14 таксонов, которые представлены в растительности г. Барнаула и Алтайского края.

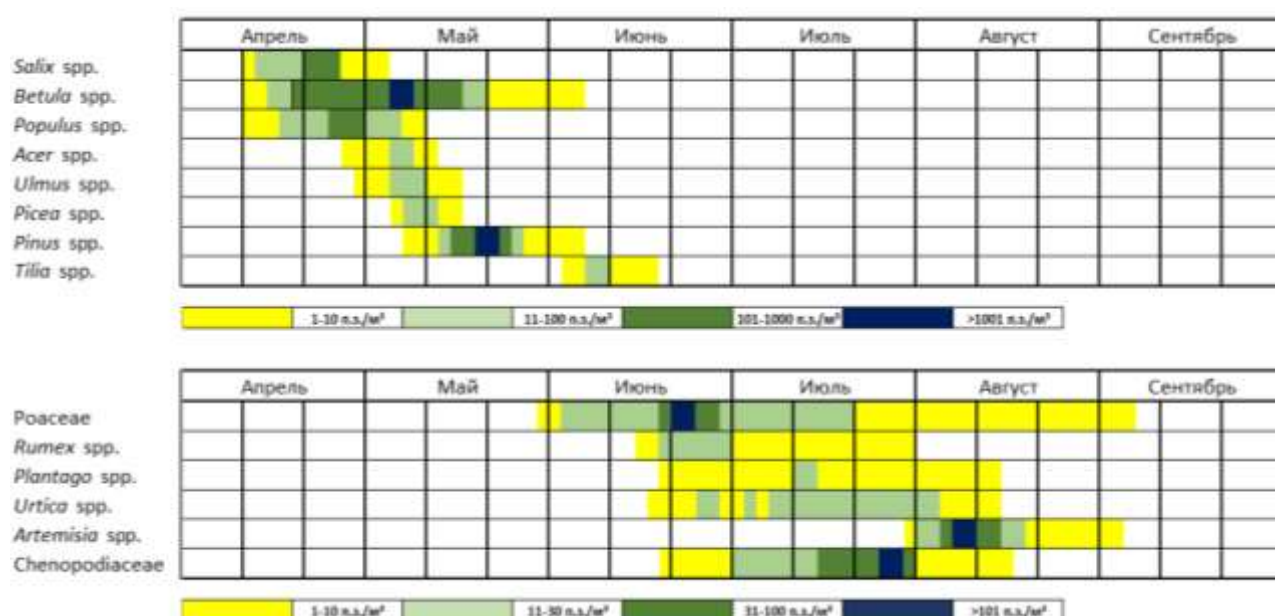


Рисунок 14 – Усредненный календарь пыления аллергенных растений на территории Алтайского края

Согласно исследованиям (Северова, 2001; Носова и др., 2015; Шаймухаметова, Гандалипова, 2015; Посевина, Северова, 2017; Елькина, 2018; Карасева, Селезнева, 2022), для многих регионов, включая среднюю полосу России характерно наличие трех волн пыления. Для территории Алтайского края также выделены три волны в весенне-летний период (Ненашева, 2011). Характеристика пыления основных аллергенных таксонов аэропалинологического спектра г. Барнаула (2004–2025) представлена в

приложении 3. Пыльцевые зерна аллергенных растений, зафиксированные в аэроспектре весенне-летнего сезона 2025 г. города Барнаула представлены на рисунках 15, 16, 17.

Основной период пыления (ОПП) определяется интервалом времени, когда суммарное количество пыльцевых зерен исследуемого таксона составляет 90 % от общей суммы сезона пыления (Nilsson, Persson, 1981). ОПП п.з. *Salix* spp. характеризуется относительно короткой продолжительностью $13,8 \pm 0,8$ дня ($\sigma = 5,6$). Начало ОПП приходится на 21–23 апреля (средняя дата – 23 апреля ± 2 дня), п.з. *Salix* spp. – первый весенний аллергенный таксон. Пик пыления фиксируется в период с 20 апреля по 11 мая, преимущественно в последнюю декаду апреля (средняя дата пика – 28 апреля ± 4 дня). Суммарная концентрация пыльцы за весенне-летний сезон составляет в среднем 542 п.з./м³, максимум – 1038 п.з./м³ (2012 г.). Общая продолжительность пыления (от первого до последнего появления пыльцы) составляет $24,3 \pm 1,5$ дня ($\sigma = 6,8$; CV = 28,0 %).

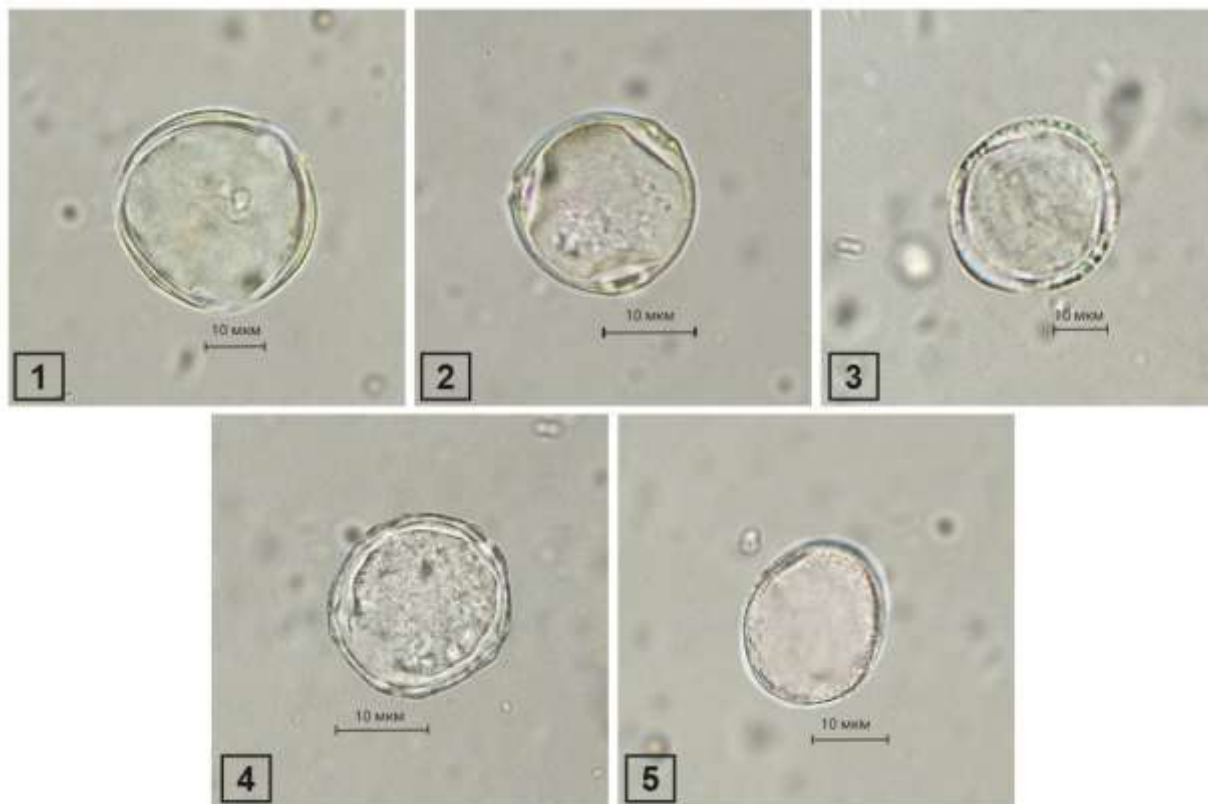


Рисунок 15 – Пыльцевые зерна аллергенных растений, зафиксированные в аэроспектре весенне-летнего сезона 2025 г. города Барнаула (1 – *Acer* spp., 2 – *Betula* spp., 3 – *Salix* spp., 4 – *Ulmus* spp., 5 – *Populus* spp.)

Пыльца *Betula* spp. демонстрирует наиболее выраженную активность среди изученных таксонов. Продолжительность ОПП составляет $15,5 \pm 1,0$ дня ($\sigma = 4,6$), при этом общая продолжительность пыления достигает $30,2 \pm 1,8$ дня ($\sigma = 8,3$; $CV = 27,5$ %). Начало ОПП приходится на 23 апреля ± 3 дня, однако в отдельные годы (2010, 2022 гг.) отмечено раннее начало пыления – в третьей декаде марта, первой декаде апреля. Пик пыления стабильно фиксируется в период с 26 апреля по 7 мая (средняя дата – 30 апреля ± 3 дня). Максимальные суточные концентрации характеризуются высокими значениями и значительной вариабельностью с абсолютным максимумом 3716 п.з./м³ в 2021 г. Суммарная концентрация пыльцы за сезон составляет в среднем 8743 п.з./м³, превышает аналогичные показатели других таксонов.

ОПП п.з. *Populus* spp. имеет продолжительность $14,2 \pm 0,9$ дня ($\sigma = 4,2$). Начало пыления приходится на 28 апреля ± 3 дня, пик - на 7 мая ± 3 дня. Максимальные суточные концентрации варьируют, что отражает крайне высокую межгодовую изменчивость, обусловленную генетической неоднородностью популяций (преобладание мужских особей в отдельные годы). Суммарная концентрация за сезон 1762 п.з./м³. Отмечена тенденция к увеличению продолжительности пыления с 2020 года (24–34 дня).

Продолжительность ОПП п.з. *Acer* spp. составляет 12 дней ($\sigma = 3,2$), что является минимальным показателем среди ранневесенних таксонов. Начало пыления приходится на 26 апреля ± 3 дня, пик - на 12 мая ± 3 дня, что смещено относительно других таксонов на более поздние сроки. Значимых трендов выявлено не было.

Продолжительность ОПП п.з. *Ulmus* spp. составляет $12,3 \pm 0,6$ дня ($\sigma = 2,6$). Начало пыления приходится на 15 мая ± 2 дня, пик - на 20 мая ± 2 дня. Концентрация пыльцевых зерен невысокая 48,3 п.з./м³. Суммарная концентрация пыльцы за сезон 187 п.з./м³. Низкие значения коэффициентов

вариации свидетельствуют о высокой стабильности пыления вяза из года в год, что обусловлено поздними сроками пыления, когда метеорологические условия весеннего сезона стабилизируются.

Продолжительность ОПП п.з. *Tilia* spp. в аэроспектре – 16,8 дней ($\sigma = 4,4$). Начало пыления приходится на 23 июня ± 3 дня, пик – на 26 июня ± 3 дня. Максимальные концентрации невысоки 26,4 п.з./м³.

ОПП п.з. *Picea* spp. – $15,5 \pm 1,2$ дня ($\sigma = 4,8$). Начало ОПП приходится на середину мая (средняя дата – 14 мая). Максимальные концентрации фиксируются в третьей декаде мая (средняя дата – 20 мая), преимущественно в период с 19 по 24 мая. Максимальные суточные концентрации пыльцы ели невысоки и составляют в среднем 37,9 п.з./м³. Суммарная концентрация пыльцы за сезон достигает 245,9 п.з./м³.

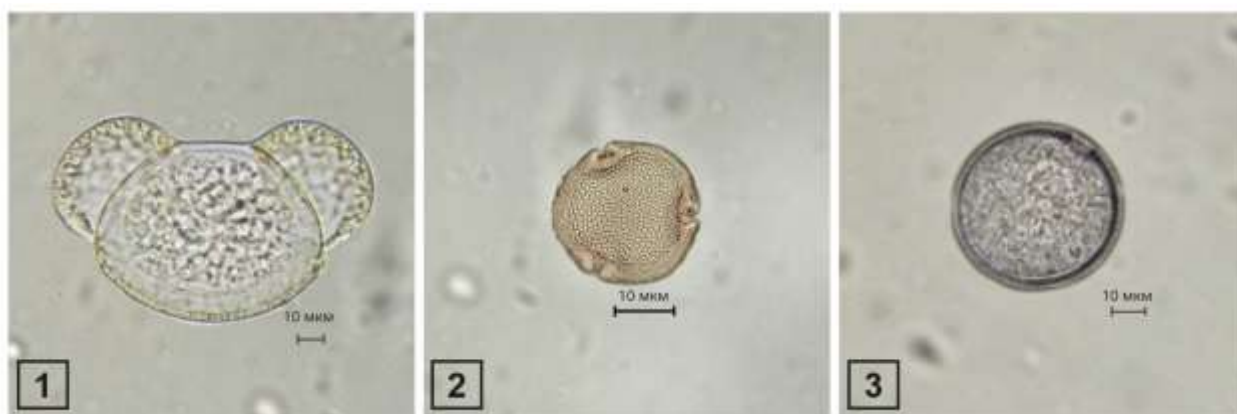


Рисунок 16 – Пыльцевые зерна аллергенных растений, зафиксированные в аэроспектре весенне-летнего сезона 2025 г. города Барнаула (1 – *Pinus* spp., 2 – *Tilia* spp., 3 – Poaceae)

П.з. *Pinus* spp. в аэроспектре демонстрируют выраженную межгодовую изменчивость основных параметров пыления. Продолжительность ОПП составляет в среднем $12,2 \pm 1,4$ дня ($\sigma = 5,9$), начало активного пыления приходится на конец мая (средняя дата – 23 мая), но в отдельные годы наблюдается смещение как на ранние (15 мая 2007, 2022 гг.), так и на более поздние сроки (3 июня 2013, 2014, 2016 гг.). Пик пыления фиксируется в

среднем 26 мая, преимущественно в период с 24 мая по 4 июня. Максимальные суточные концентрации пыльцы сосны характеризуются крайне высокой вариабельностью. Суммарная концентрация пыльцы за сезон составляет 5027 п.з./м³, достигая максимума в 2012 г. (11 256 п.з./м³) и минимума в 2007 г. (443 п.з./м³). Общая продолжительность пыления сосны значительно превышает продолжительность ОПП и составляет в среднем $29,8 \pm 2,3$ дня ($\sigma = 9,8$).

ОПП травянистых растений растянут, приходится на середину и конец весенне-летнего сезона. Продолжительность ОПП *Roaseae* составляет $45,3 \pm 2,9$ дня, что является максимальным показателем среди всех выделенных травянистых таксонов. Начало ОПП приходится на середину июня (средняя дата – 14 июня), однако в отдельные годы (2017, 2022, 2024 гг.) отмечено раннее начало во второй декаде мая. Пик пыления фиксируется стабильно в последнюю декаду июня (средняя дата – 26 июня), преимущественно в период с 20 июня по 8 июля. Максимальные суточные концентрации характеризуются умеренной вариабельностью средняя – 85,4 п.з./м³, с диапазоном от 24 до 197 п.з./м³. Суммарная концентрация пыльцы за сезон достигает 1412,3 п.з./м³. Общая продолжительность пыления (от первого до последнего появления пыльцы) составляет в среднем $63,8 \pm 4,3$ дня, что свидетельствует о длительном периоде присутствия пыльцы *Roaseae* в атмосфере.

Продолжительность ОПП п.з. *Rumex* spp. составляет $19,8 \pm 1,3$ дня ($\sigma = 5,9$). Начало ОПП приходится на конец июня (средняя дата – 25 июня), пик - на начало июля (средняя дата – 5 июля). Максимальные суточные концентрации невысоки и стабильны $36,2 \pm 2,1$ п.з./м³.

Начало активного пыления *Plantago* spp. приходится на вторую декаду июня (средняя дата – 17 июня), пик - на середину июля (средняя дата – 15 июля). Максимальные суточные концентрации невысоки $27,8 \pm 1,6$ п.з./м³. Отмечена тенденция к увеличению продолжительности пыления (2019–2025 гг.).

Продолжительность ОПП п.з. *Urtica* spp. составляет $36,2 \pm 2,9$ дня. Начало ОПП приходится на конец июня (средняя дата – 27 июня), пик - на середину июля (средняя дата – 15 июля). Суммарная концентрация пыльцы за сезон 298,7 п.з./м³.



Рисунок 17 – Пыльцевые зерна аллергенных растений, зафиксированные в аэроспектре весенне-летнего сезона 2025 г. города Барнаула (1 – *Artemisia* spp., 2 – *Chenopodiaceae*, 3 – *Plantago* spp., 4 – *Urtica* spp.)

Продолжительность ОПП п.з. *Artemisia* spp. составляет 24,8 дня. Начало ОПП приходится на конец июля (средняя дата – 28 июля), пик - на начало августа (средняя дата – 6 августа). Суммарная концентрация пыльцы за сезон достигает 812,4 п.з./м³, что подтверждает высокую аллергологическую значимость полыни в период третьей волны пыления.

Начало активного пыления *Chenopodiaceae* приходится на середину июля (средняя дата – 16 июля), пик - на середину августа (средняя дата – 10 августа). Максимальные суточные концентрации невысоки 59,2 п.з./м³. Суммарная концентрация пыльцы за сезон составляет 583,6 п.з./м³ с высокой межгодовой вариабельностью.

Интерпретация численных характеристик сезона пыления проводилась по фенологическим признакам и признакам интенсивности пыления, построены линейные графики с применением сглаживания методом LOESS. Фенологические признаки включали: день первого появления пыльцевых зерен, день начала и завершения ОПП, продолжительность ОПП. Полученные значения максимума и минимума указывают на пределы естественной изменчивости границ сезона пыления, медиана служит мерой центральной тенденции, отражая типичные сроки наступления явления, разница между максимальным и минимальным значениями количественно выражает вариабельность этих сроков в разные годы (Рисунок 18, 19, 20).

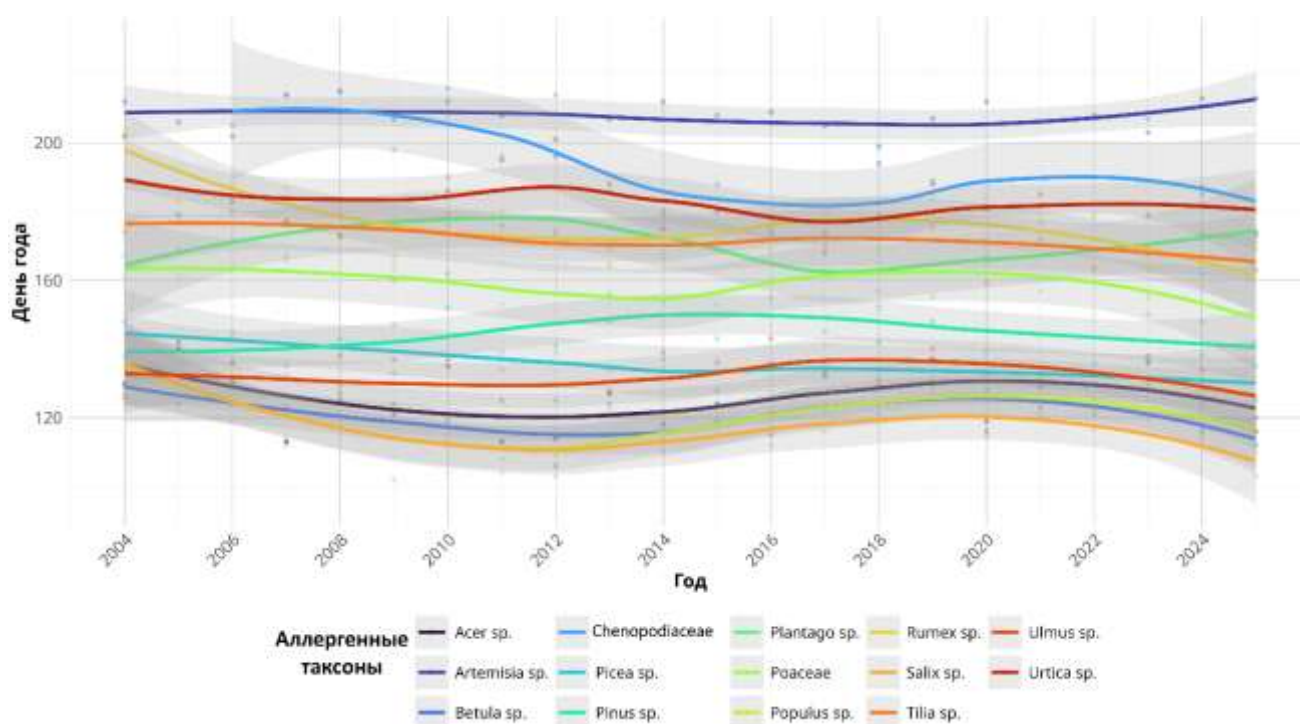


Рисунок 18 – День начала основного периода пыления (ОПП) аллергенных таксонов г. Барнаула (2004–2025 гг.)

Признаки интенсивность пыления: максимальная суточная концентрация и суммарное содержание за весенне-летний сезон. Среднее арифметическое выступает обобщенным показателем интенсивности пыления, сопоставление средней и медианной величин позволяет выявить асимметрию распределения, а именно контрастность сезонов (Рисунок 21, 22).

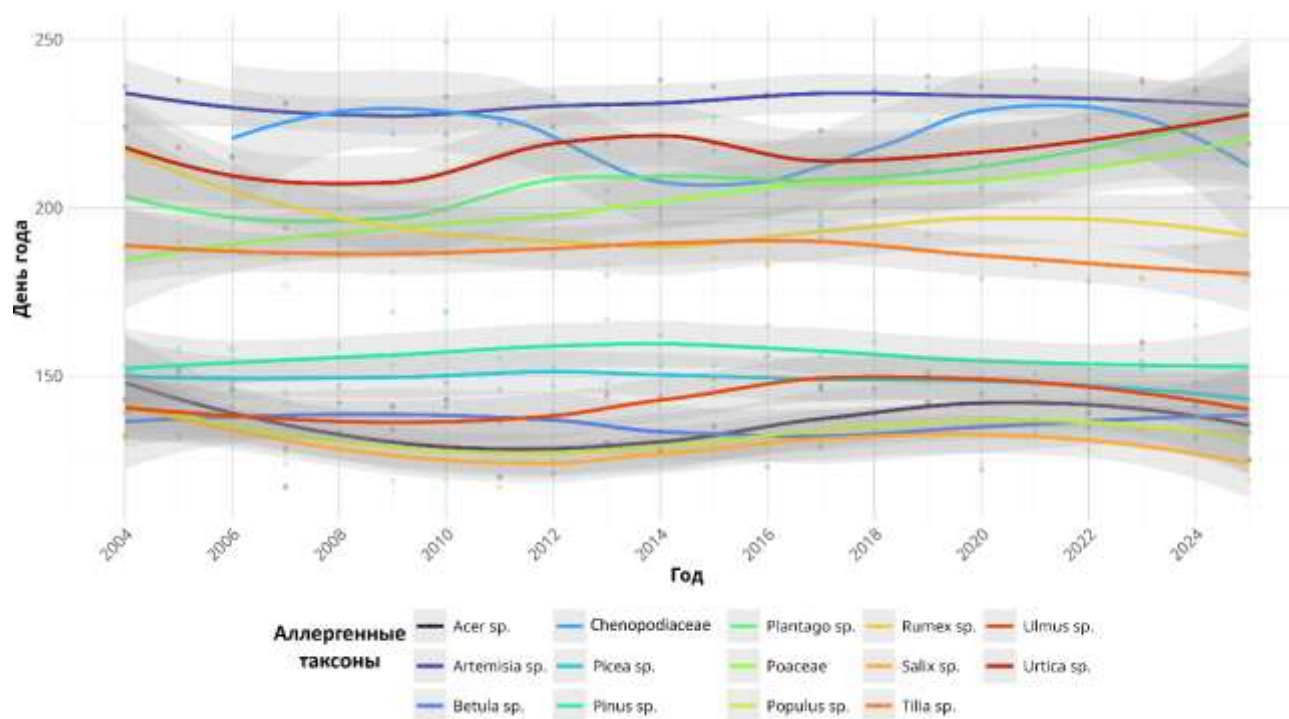


Рисунок 19 – День завершения основного периода пыления (ОПП) аллергенных таксонов г. Барнаула (2004–2025 гг.)

Таким образом, для исследованных аллергенных таксонов не обнаружено устойчивого долговременного тренда сроков начала и завершения ОПП. Как показано на рисунках 18, 19 межгодовая изменчивость этих показателей носит преимущественно циклический характер, что свидетельствует о высокой зависимости от метеорологических условий конкретного года.

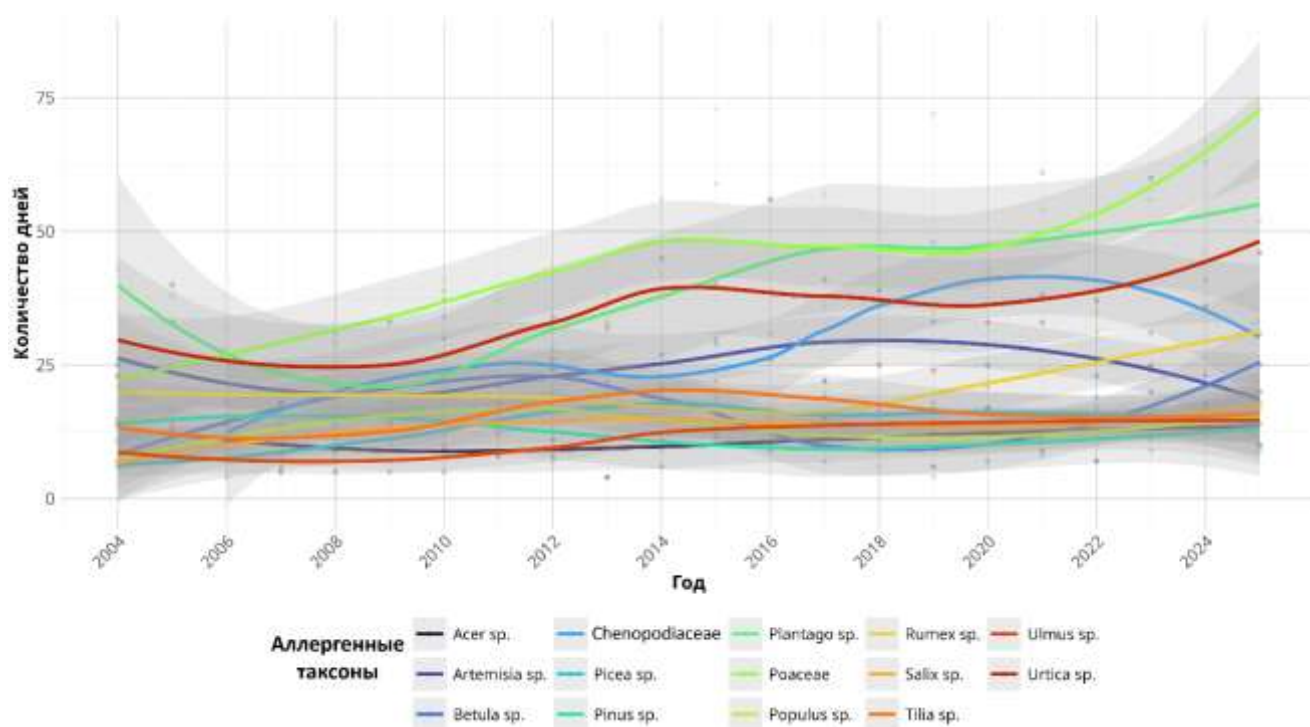


Рисунок 20 – Продолжительность основного периода пыления (ОПП) аллергенных таксонов г. Барнаула (2004–2025 гг.)

В отличие от сроков начала и завершения ОПП, показатель продолжительности ОПП демонстрирует выраженную положительную динамику у ряда аллергенных таксонов. Наиболее отчетливый положительный тренд, осложненный волнообразной составляющей, наблюдается для травянистой группы растений третьей волны пыления (Рисунок 20). Наибольший прирост продолжительности ОПП зафиксирован для Poaceae (с 21 – 32 дней с 2004 – 2008 гг. до 50 – 73 дней в последние годы), *Plantago* spp. (с 11–26 до 52–72 дней), *Urtica* spp. (14–27 до 46–60 дней), что может указывать на удлинение весенне-летнего сезона, а также скашивание травянистой растительности, при котором повторное цветение пролонгирует сезон пыления.

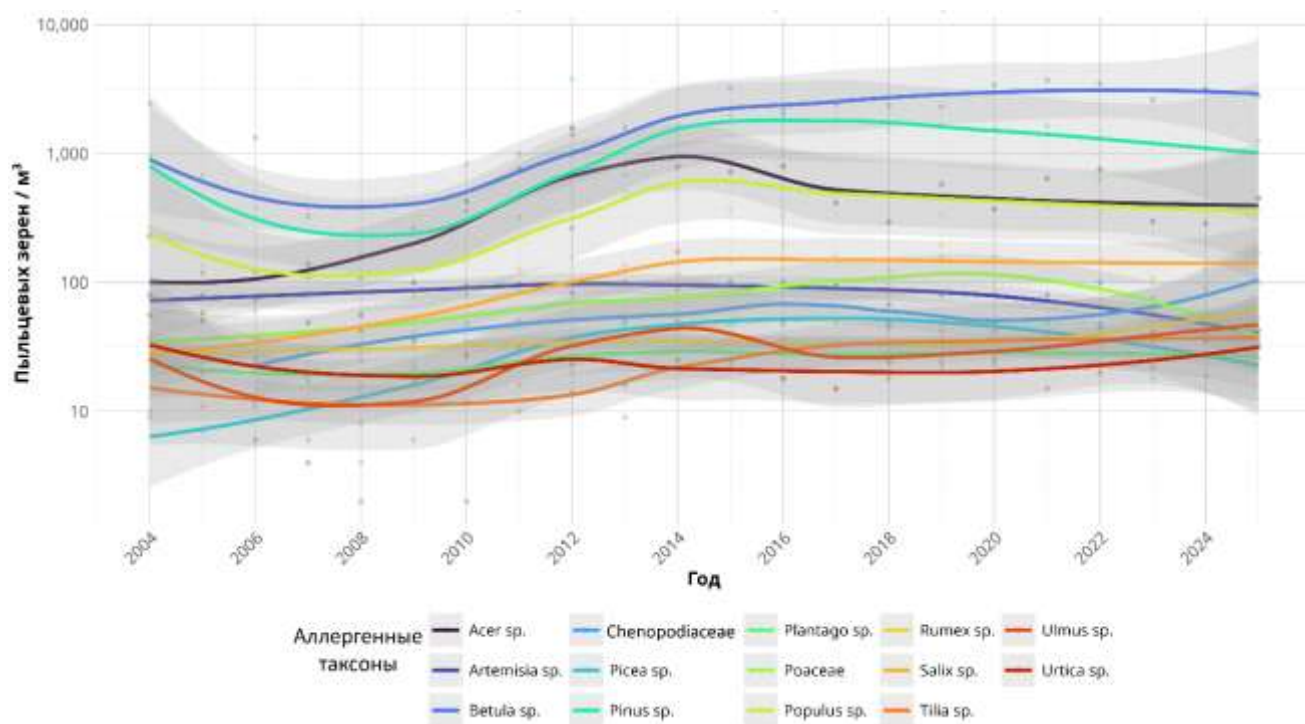


Рисунок 21 – Максимальная суточная концентрация пыльцевых зерен аллергенных таксонов в аэроспектре г. Барнаула (2004–2025 гг.)

Динамика максимальных концентраций аллергенной пыли характеризуется разнородностью, у большинства таксонов (*Salix* spp., *Ulmus* spp., *Picea* spp., *Tilia* spp., *Artemisia* spp.) выраженный долговременный тренд отсутствует (Рисунок 21). Положительный тренд, хотя и с ярко выраженной волнообразной составляющей наблюдается для *Betula* spp. максимальные суточные концентрации с 100–300 возросли до 3000–3700 п.з./м³. Для концентрации п.з. *Populus* spp. отмечен рост пиковых значений с 30–260 возросли до 350–950 п.з./м³. Зафиксирован рост максимальных суточных концентраций п.з. *Acer* spp. с 50–200 возросли до 300–750 п.з./м³. П.з. *Poaceae* и *Plantago* spp. демонстрируют умеренный положительный тренд с высокими пиками в отдельные годы (2016, 2019).

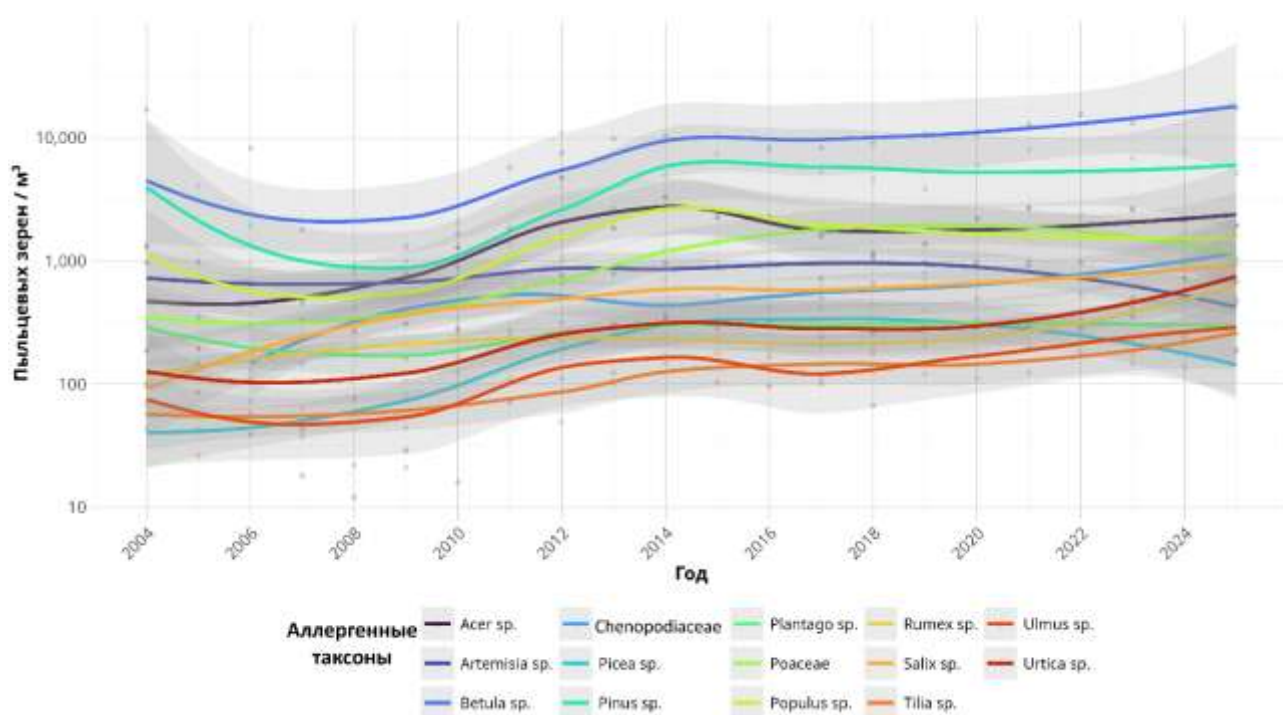


Рисунок 22 – Суммарная концентрация пыльцевых зерен аллергенных таксонов в аэроспектре г. Барнаула за весенне-летний сезон (2004–2025 гг.)

Сезонные суммарной концентрации пыльцы для большинства таксонов носят волнообразный характер, значимые тренды не выявлены (Рисунок 22). Однако, для таксонов, играющих ключевую роль в формировании аллергенного фона, фиксируется положительный тренд, согласованный с ростом пиковых концентраций. Рост суммарной концентрации пыльцы *Betula* spp. (с 350–1600 до 13000–17000 п.з./м³). Среди травянистых таксонов рост суммарного содержания пыльцы Poaceae (с 200–400 до 1500–2000 п.з./м³), *Urtica* spp. (с 200 до 700 п.з./м³), Chenopodiaceae (с 13–400 до 900–1400 п.з./м³). Результаты исследования свидетельствуют об увеличении общей пылевой нагрузки за весенне-летний сезон на территории города Барнаула.

Анализ суточной динамики пыления, проведенный автором для сезонов 2024 и 2025 гг., выявил характерные закономерности временного хода концентрации пыльцы в атмосфере г. Барнаула. Установлено, что суточный ритм пыления определяется комплексом факторов, среди которых ведущая роль принадлежит световому режиму, инициирующему процессы фотосинтеза

и цветения, а также метеорологическим параметрам – температуре и влажности воздуха, осадкам, скорости ветра и атмосферному давлению (Рисунок 23, 24). Различия в суточной ритмике отдельных таксонов обусловлены их биологическими особенностями. Для большинства анемофильных растений характерно высвобождение пыльцевых зерен в утренние часы, однако максимальные концентрации в приземном слое атмосферы регистрируются в дневное время (12–18 ч.). Данное явление связано с усилением турбулентности и вертикального перемешивания воздушных масс по мере прогрева подстилающей поверхности. В утренний период (после 10–12 ч.) создаются условия для подъема пыли на значительные высоты и ее последующего горизонтального переноса.

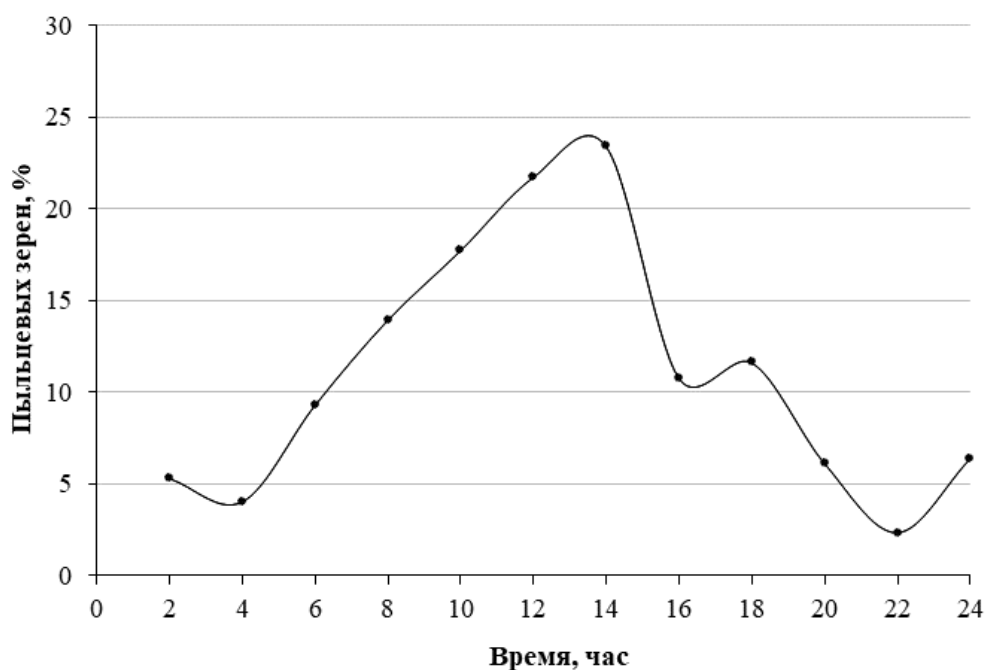


Рисунок 23 – Усредненная кривая пыления *Betula* spp. на стационарной точке г. Барнаул в 2024 г.

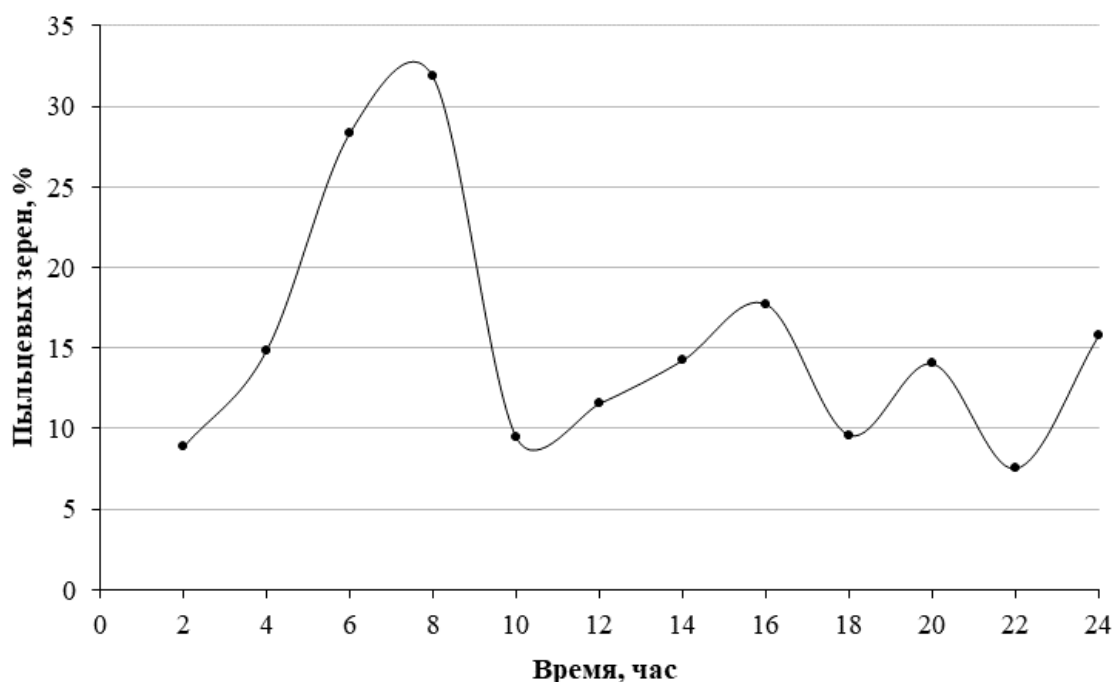


Рисунок 24 – Усредненная кривая пыления *Betula* spp. на стационарной точке г. Барнаул в 2025 г.

В ходе анализа установлено, что суточный ход концентрации пыльцы может иметь как одновершинный, так и многовершинный характер в зависимости от таксономической принадлежности растений. Для древесных пород (*Betula* spp., *Acer* spp., *Pinus* spp.) в 2024 – 2025 гг. максимумы пыления фиксировались в интервале 12–16 ч., минимумы – в ночные часы. Травянистые таксоны (*Chenopodiaceae*, *Roaceae*) демонстрировали более продолжительный период повышенных концентраций (12–18 ч.) при сохранении ночного минимума (0–6 ч.). Таким образом, суточная динамика пыления, как и сезонная, находится в тесной зависимости от метеорологических условий, что необходимо учитывать при оценке аллергенной обстановки и планировании времени пребывания на открытом воздухе для лиц, чувствительных к пыльце.

По результатам аэропалинологических исследований составлен усредненный календарь пыления 14 аллергенных таксонов для территорий г. Барнаула и Алтайского края. Выделены три последовательные волны пыления с характерными палиноиндикаторами: первая волна (ива, береза, тополь, клён, вяз), вторая волна (сосна, злаки), третья волна (злаки, полынь, маревые). Среди

древесных абсолютным доминантом выступает *Betula* spp – 62,8 % от общего количества пыльцы древесной группы растений. В группе травянистых растений наибольший вклад вносит семейство *Рoaceae* (35,3 %), *Artemisia* spp. (24,2 %), *Chenopodiaceae* (17,5 %). Определены ОПП для каждого аллергенного таксона, установлены средние даты начала и завершения, продолжительность, максимальные суточные и суммарные концентрации за весенне-летний сезон. Выявлена значительная межгодовая изменчивость анализируемых параметров, зависящая от метеорологических условий конкретного года. Для большинства таксонов не обнаружено устойчивого тренда сроков начала и завершения ОПП, однако у таксонов травянистой группы *Рoaceae*, *Urtica* spp., *Plantago* spp. зафиксировано статистически значимое увеличение продолжительности ОПП. У ряда таксонов: *Betula* spp., *Populus* spp., *Acer* spp., *Рoaceae*, *Urtica* spp., *Chenopodiaceae* отмечен рост максимальных суточных и суммарных сезонных концентраций пыльцы, что указывает на увеличение пылевой нагрузки в весенне-летний сезон.

3.2 Рецентные спорово-пыльцевые спектры территории исследования

Современные спорово-пыльцевые спектры (СПС) широко используются для верификации состава региональной растительности (Ямских, Макаручук, 2018) и оценки вклада различных таксонов в общий пылевой дождь (Носова, 2019). Методология Европейской программы мониторинга пыльцы (РМР) предусматривает сочетание стационарных волуметрических наблюдений с седиментационным методом с использованием ловушек Таубера (Nosova et al., 2015; Носова, Северова, Волкова, 2015; Kremenska et al., 2019).

Для получения репрезентативных данных о составе пылевых спектров на территории Алтайского края и подтверждения присутствия выделенных аллергенных таксонов в 2025 г. на 19 модельных участках в границах физико-географических провинций были установлены 57 ловушек Таубера (по три на каждом участке согласно рекомендациям РМР). Ловушки экспонировались в

течение всего весенне-летнего сезона, что позволило получить интегральные СПС, отражающие суммарное количество пыльцы, осевшее за сезон. Использование трех повторностей на каждом участке обеспечило статистическую достоверность полученных данных и возможность их последующего усреднения (Hicks et al., 1996; Носова, 2020).

Полученные результаты позволили верифицировать данные стационарного мониторинга и получить объективную картину состава пыльцевых спектров в различных физико-географических провинциях Алтайского края. На основе полученных данных с использованием программы TILIA построена диаграмма процентного содержания пыльцы основных средообразующих таксонов в ловушках Таубера за 2025 г. (Приложение 4). Характеристика выявленных спектров в разрезе модельных участков приводится ниже.

Кулундинская провинция.

Т-1: Кулундинская провинция, Шарбактинский район. Склоны озерных котловин пологие, местами слабо выраженные, с полынно-типчаковыми сухими степями на каштановых почвах (Ландшафтная карта, 2016).

Спорово-пыльцевой спектр (СПС) характеризуется наличием пыльцевых зерен (п.з.) древесных пород и кустарников (20 %) и травянистых таксонов (80 %). Основными доминирующими таксонами СПС среди древесных – *Betula* spp. (12 %), менее выражен процент участия п.з. *Salix* spp. (2 %), *Acer* spp. (2 %), *Populus* spp. (1 %), Rosaceae (2 %), низкое участие хвойных (*Pinus* spp. – 1 %).

Среди травянистых – Asteraceae (19 %) (в том числе из них *Artemisia* spp. (10 %), *Taraxacum* spp. (1 %)), Poaceae (16%), Portulacaceae (12 %), Chenopodiaceae (9 %), Caryophyllaceae (7 %), *Urtica* spp. (6 %), Brassicaceae (3 %), Malvaceae (3 %), *Plantago* spp. (3 %), Apiaceae (1 %), Boraginaceae (1 %).

Т-2: Кулундинская провинция, Нижнекулундинский район. Озерно-аллювиальные равнины слабоволнистые с разнотравно-типчаково-ковыльными и ковыльно-разнотравными засушливыми степями и типчаково-

ковыльными группировками на черноземах южных, солонцеватых и солонцах степных (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (20%) и травянистых таксонов (80 %). Основными доминирующими таксонами СПС среди древесных – *Betula* spp. (10 %), менее выражен процент участия п.з. *Populus* spp. (2 %), *Salix* spp. (1 %), низкое участие хвойных *Pinus* spp. – (2 %), *Rosaceae* (5 %).

Среди травянистых – *Asteraceae* (20 %) (в том числе из них *Artemisia* spp. (9 %), *Taraxacum* spp. (1 %)), *Poaceae* (13 %), *Chenopodiaceae* (17 %), *Portulacaceae* (6 %), *Urtica* spp. (6 %), *Cannabaceae* (3 %), *Caryophyllaceae* (3 %), *Brassicaceae* (3 %), *Limoniaceae* (3 %), *Malvaceae* (3 %), *Plantago* spp. (1 %), *Apiaceae* (1 %), *Fabaceae* (1 %).

Рецентный палинологический спектр Кулундинской провинции показывает значительное присутствие пыльцы недревесных таксонов. Спектр представлен злаковыми травами, сложноцветными, в том числе полыни, маревыми и др. разнотравьем. Характер спектра указывает на засушливые условия местообитания с выраженным засоленным компонентом. В части древесных пород очевидно минимальное участие их п.з. в спектре.

По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Кулундинской провинции составляет среди древесных и кустарников 15–18%, среди травянистых 44 –46%.

Южноприалейская провинция.

Т-3: Южноприалейская провинция, Среднеалейский район. Пологие слаборасчлененные склоны плато с разнотравно-типчаково-ковыльными степями на черноземах южных и типчаково-полынными группировками на солонцах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (25 %) и травянистых таксонов (75 %). Основными доминирующими таксонами СПС среди древесных и кустарников – *Betula* (16 %), менее

выражен процент участия п.з. *Salix* spp. (2 %), *Populus* spp. (2 %), *Acer* spp. (1 %), Rosaceae (4 %).

Среди травянистых – Poaceae (14 %), Asteraceae (33 %) (в том числе из них *Artemisia* spp. (13 %), *Taraxacum* spp. (3 %)), Portulacaceae (6 %), Chenopodiaceae (5 %), Caryophyllaceae (4 %), Cannabaceae (3 %), *Plantago* spp. (3 %), Malvaceae (2 %), *Urtica* spp. (2 %), Apiaceae (1 %), Brassicaceae (1 %), Fabaceae (1 %).

Т-4: Южноприалейская провинция, Бель-Агачский район. Равнины дельт ложбин древнего стока плоские с полынно-типчаково-ковыльными сухими степями на темно-каштановых и каштановых почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (28 %) и травянистых таксонов (72 %). Основными доминирующими таксонами СПС среди древесных и кустарников – *Betula* spp. (13 %), менее выражен процент участия п.з. *Populus* spp. (4 %), *Ulmus* spp. (3 %), *Salix* spp. (2 %), *Acer* spp. (1 %), Rosaceae (2 %), низкое участие хвойных (*Pinus* spp. – 3 %).

Среди травянистых – Chenopodiaceae (16 %), Poaceae (15 %), Asteraceae (13 %) (в том числе из них *Artemisia* spp. (9 %)), *Rumex* spp. (6 %), *Urtica* spp. (6 %), *Plantago* spp. (3 %), Malvaceae (3 %), Clusiaceae (2 %), Polygonaceae (1 %), Brassicaceae (1 %), Fabaceae (1 %), Papaveraceae (1 %), Portulacaceae (1 %), Euphorbiaceae (1 %), Polygalaceae (1 %), Boraginaceae (1 %).

Т-5: Южноприалейская провинция, Среднеалейский район. Первые надпойменные террасы больших и средних рек, выровненные с разнотравно-типчаково-ковыльными степями в сочетании с галофитными комплексами на черноземах южных, лугово-черноземных и луговых засоленных почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (29 %) и травянистых таксонов (71 %).

СПС среди древесных и кустарников – *Betula* spp. (17 %), менее выражен процент участия п.з. *Pinus* spp. (4 %), *Populus* spp. (2 %), *Ulmus* spp. (2 %), *Salix* spp. (1 %), *Acer* spp. (1 %), Rosaceae (2 %).

Среди травянистых – Chenopodiaceae (19 %), Poaceae (14 %), Asteraceae (14 %) (в том числе из них *Artemisia* spp. (11 %)), *Urtica* spp. (7 %), *Rumex* spp. (4%), *Plantago* spp. (4 %), Polygalaceae (2 %), Cannabaceae (1 %), Brassicaceae (1 %), Fabaceae (1 %), Clusiaceae (1 %), Boraginaceae (1 %), Campanulaceae (1 %).

Т-6: Южноприалейская провинция, Алейский район. Волнистые глубоко расчлененные склоны плато с разнотравно-типчачово-ковыльными степями на черноземах выщелоченных и обыкновенных (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (33 %) и травянистых таксонов (67 %). Основными доминирующими таксонами в СПС среди древесных и кустарников – *Pinus* spp. (3 %), *Betula* spp. (11 %), *Populus* spp. (6 %), *Salix* spp. (5 %), *Acer* spp. (3 %), Rosaceae (5 %).

Среди травянистых – Poaceae (12 %), Asteraceae (9 %) (в том числе из них *Artemisia* spp. (7 %), *Taraxacum* spp. (2 %)), Polygonaceae (7 %), Chenopodiaceae (6 %), *Urtica* spp. (5 %), Apiaceae (3 %), Portulacaceae (2 %), Clusiaceae (2 %), Polygalaceae (2 %), *Rumex* spp. (2 %), *Plantago* spp. (2 %), Cannabaceae (2 %), Brassicaceae (2 %), Ranunculaceae (2 %), Rubiaceae (2 %), Fabaceae (2 %), Elaeagnaceae (1 %), Boraginaceae (1 %), Lamiaceae (1 %).

Т-7: Южноприалейская провинция, Алейский район. Равнины дельт ложбин древнего стока пологогрядовые с остепненными сосновыми борами на дерново-боровых и дерново-слабоподзолистых почвах, местами с согрой (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (44 %) травянистых таксонов (56 %).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (10%), среди лиственных – *Betula* spp. (13 %), *Populus* spp. (8 %), *Acer* spp.

(2 %), *Salix* spp. (3 %), *Tilia* spp. (1 %), *Quercus* spp. (1 %), *Caprifoliaceae* (2 %), *Viburnaceae* (2 %), *Rosaceae* (2 %).

Среди травянистых – *Poaceae* (12 %), *Chenopodiaceae* (4 %), *Asteraceae* (7 %) (в том числе из них *Artemisia* spp. (3%)), *Plantago* spp. (4%), *Rumex* spp. (3%), *Urtica* spp. (3 %), *Apiaceae* (3 %), *Malvaceae* (3 %), *Convolvulaceae* (3 %), *Polygonaceae* (2 %), *Fabaceae* (2 %), *Boraginaceae* (2 %), *Brassicaceae* (1 %), *Ranunculaceae* (1 %), *Cannabaceae* (1 %), *Clusiaceae* (1%), *Elaeagnaceae* (1 %), *Lamiaceae* (1 %), *Campanulaceae* (1 %).

Рецентный палинологический спектр Южноприалейской провинции показывает значительное присутствие пыльцы недревесных таксонов. Спектр представлен злаковыми травами, сложноцветными, в том числе полыни, маревыми и др. разнотравьем. Характер спектра указывает на засушливые условия местообитания с выраженным засоленным компонентом. В части древесных пород содержание п.з. березы, тополя, ивы стабильно, появление хвойных п.з. в спектре с минимальным их участием.

По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Южноприалейской провинции составляет среди древесных и кустарников 21–27%, среди травянистых 34–55%.

Предалтайская провинция.

Т-8: Предалтайская провинция, Кировский район. Пологонаклонные пологоволнистые поверхности с разнотравно-типчаково-ковыльными степями на черноземах южных (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (39%), травянистых таксонов (58 %), споры (3 %).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (10 %), *Picea* spp. (2%), среди лиственных – *Betula* spp. (15 %), *Populus* spp. (3 %), *Acer* spp. (4 %), *Viburnaceae* (3 %), *Rosaceae* (2 %).

Среди травянистых – *Poaceae* (15 %), *Chenopodiaceae* (10 %), *Asteraceae* (16 %), (в том числе из них *Artemisia* spp. (9 %), *Taraxacum* spp. (1 %)), *Rumex* spp. (3 %), *Plantago* spp. (2 %), *Urtica* spp. (2 %), *Papaveraceae* (2 %),

Cannabaceae (1 %), Fabaceae (1 %), Apiaceae (1 %), Onagraceae (1 %), Polygalaceae (1 %), Solanaceae (1 %), Scrophulariaceae (1 %), Lamiaceae (1 %).
Споры – Equisetaceae (1 %), Polypodiaceae (1 %), Dryopteridaceae (1 %).

Т-9: Предалтайская провинция, Западнопредалтайский район. Крупноувалистые предгорные равнины с богаторазнотравно-красноковыльными степями на черноземах обыкновенных (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (53%) травянистых таксонов (46 %), споры (1 %).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (15 %), *Picea* spp. (2 %), среди лиственных – *Betula* spp. (15 %), *Populus* spp. (10 %), *Acer* spp. (4 %), *Salix* spp. (3 %), Rosaceae (4 %).

Среди травянистых – Poaceae (8 %), Chenopodiaceae (5 %), Asteraceae (8%) (в том числе из них *Artemisia* spp. (4 %)), *Urtica* spp. (6 %), *Rumex* spp. (3%), *Plantago* spp. (3%), Clusiaceae (2%), Malvaceae (2%), Polygalaceae (1%), Brassicaceae (1%), Fabaceae (1%), Apiaceae (1%), Papaveraceae (1%), Portulacaceae (1%), Euphorbiaceae (1%), Polygonaceae (1%), Boraginaceae (1%). Споры – Dryopteridaceae (1%).

Т-10: Предалтайская провинция, Восточнопредалтайский район. Скалистые глубоко врезанные долины малых рек и ручьев со ступенчатым продольным профилем, слаборазработанными днищами, со злаково-разнотравными закустаренными и осоково-злаковыми заболоченными лугами в сочетании с древесно-кустарниковыми зарослями на луговых, лугово-черноземных намывных, лугово-болотных и слоистых аллювиальных почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (63%), травянистых таксонов (37%). Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (12%), *Picea* spp. (6%), *Abies* spp. (4%), среди лиственных – *Betula* spp. (17%), *Populus* spp. (8%), *Acer* spp. (5%), *Salix* spp.

(4%), *Ulmus* spp. (3%), *Tilia* spp. (1%), *Quercus* spp. (1%), *Viburnaceae* (1%), *Rosaceae* (1%).

Среди травянистых – *Poaceae* (7%), *Chenopodiaceae* (5%), *Asteraceae* (5%) (в том числе из них *Artemisia* spp. (2%), *Taraxacum* spp. (2%)), *Plantago* spp. (3%), *Ranunculaceae* (2%), *Rumex* spp. (2%), *Fabaceae* (2%), *Elaeagnaceae* (2%), *Boraginaceae* (2%), *Polygalaceae* (1%), *Cannabaceae* (1%), *Brassicaceae* (1%), *Apiaceae* (1%), *Malvaceae* (1%), *Euphorbiaceae* (1%), *Lamiaceae* (1%).

Т-11: Предалтайская провинция, Красногорский район. Холмистовувалистые предгорные равнины с разнотравно-злаковыми лугами на черноземах оподзоленных в сочетании с березовыми широколиственными лесами на темно-серых и серых лесных почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (47%), травянистых таксонов (51%), споры (2%).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (10%), *Picea* spp. (2%), среди лиственных – *Betula* spp. (15%), *Populus* spp. (9%), *Acer* spp. (4%), *Viburnaceae* (3%), *Sambucus* spp. (2%), *Rosaceae* (2%).

Среди травянистых – *Poaceae* (10%), *Chenopodiaceae* (9%), *Asteraceae* (16%) (в том числе из них *Artemisia* spp. (9%), *Taraxacum* spp. (1%)), *Polygalaceae* (1%), *Rumex* spp. (2%), *Cannabaceae* (1%), *Urtica* spp. (2%), *Plantago* spp. (2%), *Fabaceae* (1%), *Apiaceae* (1%), *Papaveraceae* (1%), *Onagraceae* (1%), *Polygonaceae* (1%), *Solanaceae* (1%), *Scrophulariaceae* (1%), *Lamiaceae* (1%). Споры – *Equisetaceae* (1%), *Polypodiaceae* (1%).

Рецентный палинологический спектр Предалтайской провинции показывает увеличение как процентного, так и таксономического разнообразия пыльцы древесных таксонов. Появление спор в спектре. Спектр травянистых растений представлен злаковыми травами, сложноцветными, в том числе полыни, маревыми и др. разнотравьем.

По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Предалтайской провинции составляет среди древесных и кустарников 34–61%, среди травянистых 17–41%.

Верхнеобская провинция.

Т-12: Верхнеобская провинция, Приобский район. Долины малых рек ровные, осложненные старицами, со злаково-разнотравными, осоковыми закустаренными лугами на аллювиальных луговых и лугово-болотных почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (48%), травянистых таксонов (52%).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (6%), среди лиственных – *Betula* spp. (16%), *Populus* spp. (12%), *Acer* spp. (5%), *Salix* spp. (4%), *Ulmus* spp. (2%), Rosaceae (3%).

Среди травянистых – Poaceae (11%), *Plantago* spp. (6%), Polygalaceae (5%), Chenopodiaceae (4%), Asteraceae (4%) (в том числе из них *Artemisia* spp. (1%), *Taraxacum* spp. (1%)), *Rumex* spp. (3%), *Urtica* spp. (3%), Apiaceae (3%), Fabaceae (2%), Portulacaceae (2%), Polygalaceae (2%), Boraginaceae (2%), Cannabaceae (1%), Malvaceae (1%), Euphorbiaceae (1%), Convolvulaceae (1%), Lamiaceae (1%).

Т-13: Верхнеобская провинция, Приобский район. Поймы больших и средних рек, расчлененные протоками и старицами, со злаково-разнотравными и осоковыми, иногда закустаренными лугами и тополевыми рощами на аллювиальных луговых и болотных почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (62%), травянистых таксонов (38%). Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (10%), среди лиственных – *Betula* spp. (22%), *Populus* spp. (14%), *Salix* spp. (7%), *Acer* spp. (5%), *Ulmus* spp. (2%), Rosaceae (2%).

Среди травянистых – Poaceae (10%), Asteraceae (6%) (в том числе из них *Artemisia* spp. (4%), *Taraxacum* spp. (1%)), *Rumex* spp. (6%), Papaveraceae (5%), *Plantago* spp. (4%), Boraginaceae (2%), Chenopodiaceae (1%), *Urtica* spp. (1%), Apiaceae (1%), Clusiaceae (1%), Malvaceae (1%).

Т-14: Верхнеобская провинция, Верхнеобский район. Поймы больших и средних рек, расчлененные протоками и старицами, со злаково-разнотравными и осоковыми, иногда закустаренными лугами и тополевыми рощами на аллювиальных луговых и болотных почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (63%), травянистых таксонов (35%), споры (2%).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (16%), *Picea* spp. (3%), среди лиственных - *Betula* spp. (19%), *Populus* spp. (9%), *Acer* spp. (5%), Viburnaceae (5%), *Sambucus* spp. (2%), Rosaceae (4%).

Среди травянистых – Poaceae (7%), Chenopodiaceae (1%), Asteraceae (3%), (в том числе из них *Artemisia* spp. (1%), *Taraxacum* spp. (1%)), Polygalaceae (1%), *Rumex* spp. (5%), *Urtica* spp. (1%), *Plantago* spp. (4%), Brassicaceae (2%), Ranunculaceae (1%), Apiaceae (2%), Papaveraceae (1%), Clusiaceae (1%), Malvaceae (1%), Polygonaceae (1%), Boraginaceae (1%), Campanulaceae (2%), Lamiaceae (1%). Споры – *Lycopodium* L. (1%), Dryopteridaceae (1%).

Рецентный палинологический спектр Верхнеобской провинции показывает таксономическое разнообразие пыльцы древесных таксонов. Присутствие спор в спектре. Спектр травянистых растений представлен злаковыми травами, сложноцветными, в том числе полыни, маревыми и др. разнотравьем.

По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Верхнеобской провинции составляет среди древесных и кустарников 40–60%, среди травянистых 19–22%.

Предсалаирская провинция.

Т-15: Предсалаирская провинция. Холмисто-увалистые расчлененные поверхности со злаково-разнотравными луговыми степями и остепненными лугами на черноземах выщелоченных и оподзоленных в сочетании с березовыми и осиново-березовыми остепненными лесами и колками на серых и темно-серых лесных почвах (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (55%), травянистых таксонов (45%).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Picea* spp. (10%), *Pinus* (6%), *Abies* spp. (6%), среди лиственных – *Populus* spp. (12%), *Betula* spp. (8%), *Salix* spp. (3%), *Acer* spp. (2%), *Ulmus* spp. (2%), *Tilia* spp. (1%), *Quercus* spp. (1%), *Viburnaceae* (2%), *Rosaceae* (2%).

Среди травянистых – *Poaceae* (5%), *Chenopodiaceae* (2%), *Asteraceae* (5%), (в том числе из них *Artemisia* spp. (3%)), *Polygonaceae* (2%), *Rumex* spp. (5%), *Cannabaceae* (1%), *Urtica* spp. (3%), *Plantago* spp. (4%), *Brassicaceae* (1%), *Ranunculaceae* (1%), *Fabaceae* (2%), *Apiaceae* (3%), *Clusiaceae* (1%), *Malvaceae* (3%), *Onagraceae* (1%), *Elaeagnaceae* (1%), *Convolvulaceae* (1%), *Boraginaceae* (2%), *Lamiaceae* (1%), *Campanulaceae* (1%).

Рецентный палинологический спектр Предсалаирской провинции показывает таксономическое разнообразие пыльцы древесных таксонов. Спектр травянистых растений представлен разнотравьем.

Салаирская провинция.

Т-16: Салаирская провинция. Увалистые с широкими уплощенными вершинами поверхности с осиновыми и пихтово-осиновыми, с примесью березы, высокотравными закустаренными лесами на горно-лесных дерново-глубокооподзоленных почвах (350-400 м) (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (55%), травянистых таксонов (45%).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Picea* spp. (9%), *Abies* spp. (18%), среди лиственных – *Populus* spp. (11%), *Betula* spp.

(4%), *Salix* spp. (2%), *Viburnaceae* (2%), *Rosaceae* (2%). *Tilia* spp. (6%), *Quercus* spp. (1%).

Среди травянистых – *Poaceae* (5%), *Asteraceae* (5%), (в том числе из них *Artemisia* spp. (3%)), *Rumex* spp. (5%), *Plantago* spp. (4%), *Urtica* spp. (3%), *Apiaceae* (3%), *Fabaceae* (2%), *Malvaceae* (3%), *Chenopodiaceae* (2%), *Polygonaceae* (2%), *Cannabaceae* (1%), *Boraginaceae* (2%), *Brassicaceae* (1%), *Ranunculaceae* (1%), *Clusiaceae* (1%), *Onagraceae* (1%), *Elaeagnaceae* (1%), *Convolvulaceae* (1%), *Lamiaceae* (1%), *Campanulaceae* (1%).

Рецентный палинологический спектр Салаирской провинции показывает таксономическое разнообразие пыльцы древесных таксонов. Спектр травянистых растений представлен разнотравьем.

По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Салаирской провинции составляет среди древесных и кустарников 51 %, среди травянистых 17 %.

Северо-Западная Алтайская провинция.

Т-17: Северо-Западная Алтайская провинция. Пологонаклонные пологоволнистые предгорные равнины с богаторазнотравно-типчакково-ковыльными степями на черноземах обыкновенных (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (43 %), травянистых таксонов (54 %), споры (3 %).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных *Pinus* spp. (13%), *Picea* spp. (1%), среди лиственных – *Betula* spp. (15 %), *Acer* spp. (4%), *Populus* spp. (3%), *Viburnaceae* (3%), *Sambucus* (2%), *Rosaceae* (2%).

Среди травянистых – *Poaceae* (13%), *Chenopodiaceae* (10%), *Asteraceae* (15 %), (в том числе из них *Artemisia* spp. (8%), *Taraxacum* spp. (1%)), *Polygonaceae* (1%), *Rumex* spp. (3%), *Cannabaceae* (1%), *Urtica* spp. (2%), *Plantago* spp. (2%), *Fabaceae* (1%), *Apiaceae* (1%), *Papaveraceae* (1%), *Onagraceae* (1%), *Polygalaceae* (1%), *Solanaceae* (1%), *Scrophulariaceae* (1%). Споры – *Lycopodium* L. (1%), *Polypodiaceae* (1%), *Dryopteridaceae* (1%).

Рецентный палинологический спектр Северо-Западной Алтайской провинции показывает таксономическое разнообразие пыльцы древесных таксонов. Присутствие спор в спектре. Спектр травянистых растений представлен злаковыми травами, сложноцветными, в том числе полыни, маревыми и др. разнотравьем.

По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Северо-Западной Алтайской провинции составляет среди древесных и кустарников 36 %, среди травянистых – 38 %. Наблюдается баланс между содержанием п.з. древесных и кустарников, и травянистых аллергенных таксонов в спектре.

Североалтайская провинция.

Т-18: Североалтайская провинция. Холмисто-увалистые расчлененные поверхности с разнотравно-злаковыми луговыми степями в сочетании с остепненными лугами на черноземах выщелоченных (650–1000 м) (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (56%), травянистых таксонов (41 %), споры (3 %).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (16%), *Abies* spp. (10%), *Picea* spp. (2%), среди лиственных – *Betula* spp. (12%), *Acer* spp. (6%), *Populus* spp. (3%), *Salix* spp. (2%), *Ulmus* spp. (2%), *Viburnaceae* (1%), *Sambucus* spp. (1%), *Rosaceae* (1%).

Среди травянистых – *Poaceae* (8%), *Plantago* spp. (6%), *Chenopodiaceae* (3%), *Asteraceae* (4%), (в том числе из них *Artemisia* spp. (1%), *Taraxacum* spp. (1%)), *Apiaceae* (3%), *Polygonaceae* (2%), *Rumex* spp. (2%), *Cannabaceae* (2%), *Brassicaceae* (2%), *Urtica* spp. (1%), *Ranunculaceae* (1%), *Fabaceae* (1%), *Papaveraceae* (1%), *Clusiaceae* (1%), *Malvaceae* (1%), *Onagraceae* (1%), *Boraginaceae* (1%), *Campanulaceae* (1%). Споры – *Lycopodium* L. (1%), *Polypodiaceae* (1%), *Dryopteridaceae* (1%).

Рецентный палинологический спектр Североалтайской провинции показывает таксономическое разнообразие пыльцы древесных таксонов.

Присутствие спор в спектре. Спектр травянистых растений представлен разнотравьем.

По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Североалтайской провинции составляет среди древесных и кустарников 53%, среди травянистых 21%.

Северо-Восточная Алтайская провинция.

Т-19: Северо-Восточная Алтайская провинция. Пологоувалистые слаборасчлененные междуречные поверхности с березово-осиновыми, березово-сосновыми с участием пихты высокотравными лесами на горно-лесных серых и дерновых глубокоподзоленных почвах (450–650 м) (Ландшафтная карта, 2016).

СПС характеризуется наличием п.з. древесных пород и кустарников (55%), травянистых таксонов (44 %), споры (1 %).

Основными доминирующими таксонами СПС среди хвойных – *Pinus* spp. (25%), *Picea* spp. (1%), среди лиственных – *Betula* spp. (14 %), *Acer* spp. (6 %), *Populus* spp. (3 %), *Salix* spp. (2 %), *Ulmus* spp. (2 %), *Viburnaceae* (1%), *Rosaceae* (1%).

Среди травянистых – *Рoaceae* (11 %), *Asteraceae* (4%) (в том числе из них *Artemisia* spp. (1%), *Taraxacum* spp. (1%)), *Chenopodiaceae* (3%), *Polygonaceae* (2%), *Rumex* spp. (2%), *Cannabaceae* (2%), *Urtica* spp. (1%), *Plantago* spp. (6%), *Brassicaceae* (2%), *Ranunculaceae* (1%), *Fabaceae* (1%), *Apiaceae* (3%), *Papaveraceae* (1%), *Clusiaceae* (1%), *Malvaceae* (1%), *Onagraceae* (1%), *Boraginaceae* (1%), *Campanulaceae* (1%). Споры – *Dryopteridaceae* (1%).

Рецентный палинологический спектр Североалтайской провинции показывает таксономическое разнообразие пыльцы древесных таксонов, увеличение содержания п.з. хвойных Присутствие спор в спектре. Спектр травянистых растений представлен разнотравьем. По процентному содержанию количество п.з. аллергенных таксонов в рецентном спектре Североалтайской провинции составляет среди древесных и кустарников 53%, среди травянистых 26 %.

Таким образом, анализ рецентных спорово-пыльцевых спектров подтвердил присутствие выделенных аллергенных таксонов на всей территории Алтайского края и выявил четкую связь состава спектров с особенностями растительного покрова. Суммарная доля пыльцевых зерен аллергенных таксонов закономерно возрастает от 15–18 % в засушливых степях до 51–61 % в предгорьях, достигая максимума в травянистой группе в Южноприалейской провинции (55 %), а в древесной – в Предалтайской (61 %). Полученные результаты верифицируют данные стационарного мониторинга и служат основой для выявления пространственной дифференциации спорово-пыльцевых спектров на территории края, что необходимо учитывать при аэроаллергенной характеристике.

3.3 Влияние метеорологических условий на концентрацию пыльцы

Процессы пыления растений находятся в тесной зависимости от комплекса метеорологических факторов. Температура воздуха, количество осадков, скорость ветра и относительная влажность воздуха влияют как на сроки наступления фенологических фаз растений, так и на концентрацию пыльцы в атмосфере (Елькина, 2018; Zhang et al., 2015; Посевина, Северова, 2017; Кобзарь, 2018; Ziska et al., 2019; D'Amato, 2023; Frisk et al., 2024; Chico-Fernández et al., 2025). Кроме того, исследования показывают, что на пыльцевую продуктивность большинства древесных таксонов влияет сочетание метеорологических условий предыдущего вегетационного сезона. Так, летние температуры предыдущего летнего сезона положительно влияют на продуктивность хвойных и широколиственных древесных пород: высокие летние температуры благоприятно сказываются на пылении сосны, ели и лиственницы, тогда как холодное лето благоприятствует пылению пихты, ольхи. Количество осадков может иметь как прямую, так и обратную связь с пыльцевой продуктивностью таксонов (Nielsen et al., 2010; Knaap et al., 2010). В контексте современных климатических трендов особую актуальность

приобретает анализ взаимосвязи между метеорологическими параметрами и проявлением аллергических реакций. Согласно исследованиям (Назарова, 2020; Передельская и др., 2022), глобальное потепление ведет к увеличению продолжительности сезона пыления, росту концентрации пыльцы в атмосфере и повышению ее аллергенности, что способствует росту распространенности аллергопатологии. Наблюдаемое повышение средних температур трансформирует временные границы весенне-летнего периода, смещая даты начала пыления аллергенных таксонов на более ранние сроки (Шамгунова, Заклякова, 2010; Носова и др., 2013).

Современные климатические тренды для Алтайского края установлены Ю.И. Винокуровым и соавторами (2024). На основе данных метеостанций за 1961–2020 гг. авторами зафиксирован устойчивый рост температур, который сохранится до 2050 г., согласно прогнозным оценкам: Угловское, $+1,0^{\circ}\text{C}/30$ лет, Тогул, $+1,0^{\circ}\text{C}/30$ лет, Славгород $+0,9^{\circ}\text{C}/30$ лет при незначительном увеличении осадков ($+3,2$ мм/30 лет), Барнаул – $+0,7^{\circ}\text{C}/30$ лет с ростом осадков ($+9,2$ мм/30 лет). В предгорьях (Змеиногорск) потепление составит $+0,8^{\circ}\text{C}/30$ лет на фоне максимального прироста осадков ($+44,1$ мм/30 лет), тогда как в Бийске и Алейске при аналогичном потеплении возможно сокращение осадков ($-0,8$ мм/30 лет) (Винокуров и др., 2024). Выявленные тренды создают объективные предпосылки для трансформации сезона пыления: более раннее накопление эффективных температур смещает начало пыления, рост теплообеспеченности увеличивает его продолжительность, а в степных районах сочетание потепления и дефицита осадков усиливает аллергенную нагрузку. В связи с вышесказанным, для региона актуальным является выявление количественных закономерностей влияния метеорологических условий на пыление основных аллергенных таксонов.

Для выделения фаз весенне-летнего сезона и определения температурных границ, значимых для пыления растений, проведен статистический анализ многолетних метеорологических данных 2004–2025 гг. (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД») по метеостанциям Алтайского края.

Весенний период был разделён на три последовательные фазы. Первая – «снеготаяние» – начинается при устойчивом переходе среднесуточной температуры через -5°C и завершается при достижении 0°C . За ней следует «послезимье», ограниченное переходами через 0°C (начало) и $+5^{\circ}\text{C}$ (окончание). Завершает весну фаза «предлетье», которая длится от устойчивого перехода через $+5^{\circ}\text{C}$ до момента, когда температура стабильно превышает $+10^{\circ}\text{C}$. Летний сезон также разбит на три части. Его начало – «умеренно прохладное лето» – охватывает период от устойчивого превышения $+10^{\circ}\text{C}$ до достижения $+15^{\circ}\text{C}$. Далее идёт «умеренно теплое лето», в течение которого среднесуточная температура остаётся выше $+15^{\circ}\text{C}$. Завершает лето фаза «спад лета», начинающаяся при сохранении температуры выше $+15^{\circ}\text{C}$ и заканчивающаяся, когда она вновь опускается до $+10^{\circ}\text{C}$. Расчет дат устойчивого перехода температуры воздуха через различные пределы фиксировался по периоду превышения положительных (отрицательных) отклонений среднесуточной температуры от порогового значения (Стребкова и др, 2025б).

Ключевое значение для настоящего исследования имеет дата устойчивого перехода через $+5^{\circ}\text{C}$, маркирующая начало фазы «предлетье» (Стребкова и др., 2026а) (Рисунок 25, Приложение 5).

Согласно исследованиям (Garcia-Mozo, 2000; Galán et al., 2005; Ненашева, 2008; Mahura, 2008; Recio et al., 2018; Ščevková et al., 2021), именно этот порог рассматривается как биологический минимум для начала вегетации растений, а накопление сумм эффективных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ служит количественной мерой термических ресурсов, необходимых для наступления фенофаз, включая начало пыления (Мухаметова, 2022).

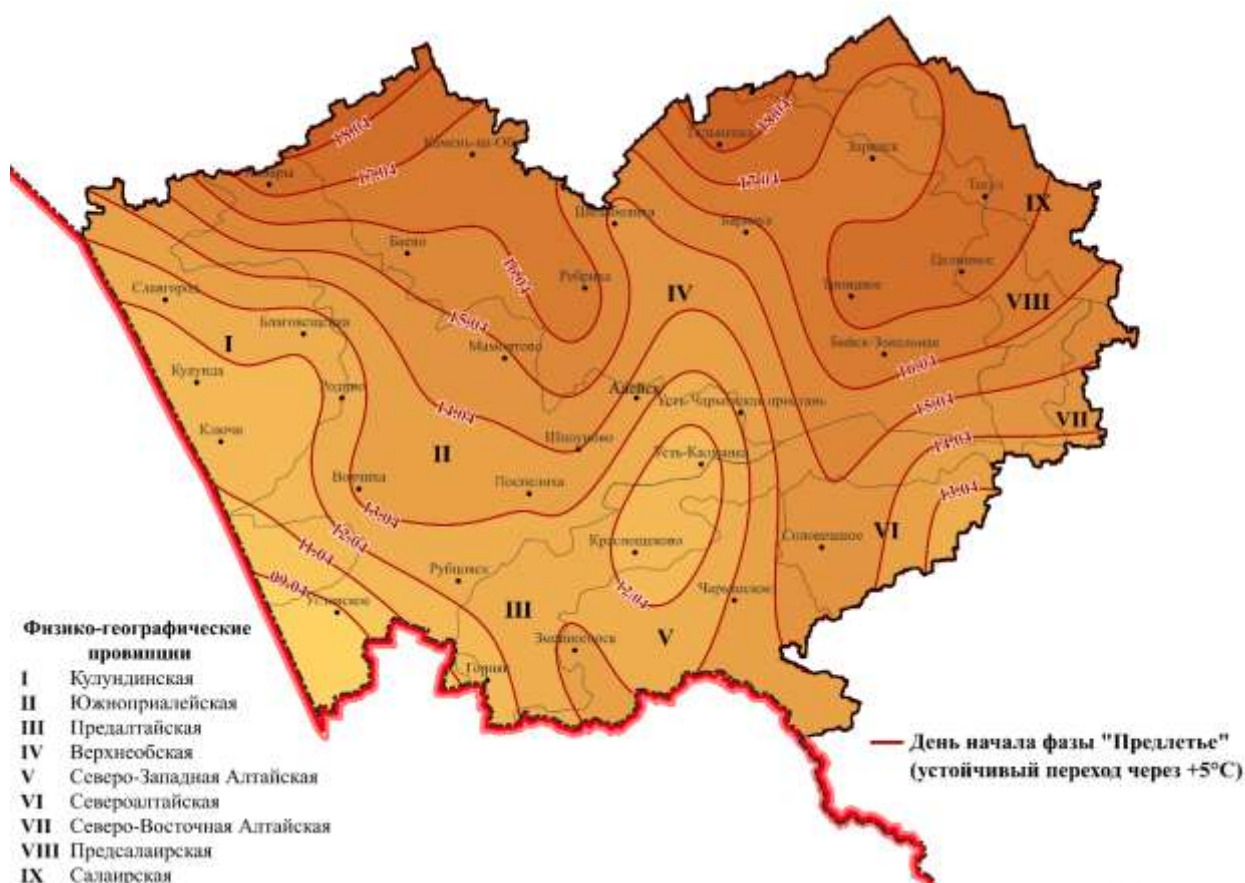


Рисунок 25 – Переход среднесуточной температуры через +5°C на территории Алтайского края

Пространственный анализ дат устойчивого перехода среднесуточных температур выявил устойчивый градиент смены сезонных фаз от юго-западных к северо-восточным районам Алтайского края. Районы на юго-западе региона характеризуются более ранним наступлением весны и более поздним – осени, что удлиняет вегетационный период на 5–10 дней по сравнению с северными территориями. Наибольшая межгодовая изменчивость характерна для дат перехода через +10°C и +15°C весной ($\sigma = 9$ –13 дней), что отражает неустойчивость весенних погодных условий в регионе.

Для уточнения дат начала пыления и выявления закономерностей их наступления проведен расчет сумм эффективных температур. Для каждого из 14 исследуемых таксонов за период 2004–2025 гг. фиксировалась дата начала пыления в г. Барнауле. Для этой даты рассчитывалась сумма эффективных

температур ($\Sigma t > 5^{\circ}\text{C}$), накопленная с момента устойчивого перехода через $+5^{\circ}\text{C}$.

В результате для каждого аллергенного таксона сформирована выборка сумм эффективных температур. В качестве порогового уровня, определяющего начало сезона пыления, использовалось среднее значение, полученное в ходе статистической обработки данных. Статистическая значимость полученных средних значений оценивалась по величине коэффициента вариации (CV), который для всех таксонов не превысил 12 %, что свидетельствует о возможности использования данных величин в качестве прогностических (Таблица 1).

Таблица 1 – Статистические параметры начала пыления аллергенных таксонов в г. Барнауле

Таксон	Средняя дата начала пыления	Стандартное отклонение (дни)	CV дат начала пыления, %	Средняя сумма $T_{эфф} > 5^{\circ}\text{C}$	Стандартное отклонение ($^{\circ}\text{C}$)	CV сумм $T_{эфф} > 5^{\circ}\text{C}$, %
<i>Salix</i> spp.	23.04	6,0	5,34	49,3	2,4	4,88
<i>Betula</i> spp.	24.04	6,6	5,8	54,6	3,3	6,2
<i>Populus</i> spp.	26.04	5,01	4,33	65,13	4,6	7,07
<i>Acer</i> spp.	30.04	6,6	5,44	74,3	8,9	12,0
<i>Ulmus</i> spp.	14.05	4,24	3,0	175,4	8,27	5,0
<i>Picea</i> spp.	18.05	2,53	1,84	189,7	8,12	4,28
<i>Pinus</i> spp.	22.05	4,0	2,69	217,6	12,6	5,7
<i>Tilia</i> spp.	17.06	8,3	4,9	601,3	10,4	1,72
Poaceae	04.06	7,3	4,7	488,1	9,15	1,87
<i>Rumex</i> spp.	22.06	8,0	4,7	648,6	11,5	1,79
<i>Plantago</i> spp.	18.06	3,0	1,89	600,95	13,3	2,23
<i>Urtica</i> spp.	29.06	8,0	4,38	672,0	13,1	1,96
<i>Artemisia</i> spp.	30.07	11,0	5,04	1108,9	10,1	0,91
Chenopodiaceae	07.07	7,23	3,86	762,05	13,5	1,77

Проведенный статистический анализ сроков начала пыления 14 основных аллергенных таксонов в г. Барнаул за период 2004 – 2025 гг. ($n = 22$) позволил установить следующие закономерности. Все исследуемые таксоны характеризуются высокой стабильностью сроков начала пыления:

коэффициенты вариации как для календарных дат (1,84–5,8 %), так и для сумм эффективных температур (0,91–12,0 %) находятся в пределах допустимых значений. Это свидетельствует о том, что многолетние ритмы развития растений в условиях Алтайского края подчиняются устойчивым климатическим закономерностям, а календарные даты и накопленная сумма эффективных температур представляют собой взаимосвязанные проявления единого процесса сезонного развития растений.

Накопление эффективных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ выступает ключевым фактором, определяющим начало пыления. Рассчитаны средние пороговые суммы температур – от $49,3^{\circ}\text{C}$ для раннецветущих ив (*Salix* spp.) до $1108,9^{\circ}\text{C}$ для поздноцветущей полыни (*Artemisia* spp.). Низкие значения коэффициентов вариации сумм температур (для 10 из 14 таксонов $\text{CV} < 6\%$) подтверждают, что температурный показатель является ведущим в инициации пыления. Для раннецветущих древесных пород (*Acer* spp., *Populus* spp., *Betula* spp.) несколько более высокая вариабельность сумм эффективных температур ($\text{CV} = 6,2\text{--}12,0\%$) по сравнению с календарными датами может объясняться зависимостью начала пыления не только от текущих температур воздуха, но и от условий предшествующего периода: глубины промерзания почвы, запасов влаги, интенсивности снеготаяния, так как эти факторы могут ускорять или замедлять поступление тепла к корневой системе и влиять на сроки начала сокодвижения. Для травянистых растений (*Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia* spp., *Urtica* spp.) и некоторых древесных (*Tilia* spp.) низкие коэффициенты вариации сумм эффективных температур (0,91–1,96%) указывают детерминацию сроков пыления именно теплообеспеченностью. К моменту их цветения (июнь–июль) почва полностью оттаяла и прогрелась, влияние ранневесенних условий нивелируется, что делает температуру воздуха главным лимитирующим фактором.

Выявленные средние суммы эффективных температур, являясь физиологически обоснованными порогами, в сочетании с установленным ранее пространственным градиентом нарастания температур с юго-запада на

северо-восток позволяют рассчитывать ожидаемые даты пыления для различных районов Алтайского края. При этом интенсивность пыления будет определяться комплексным учетом метеорологических показателей текущего года, которые вносят дополнительную вариабельность в динамику процессов пыления.

Для выявления статистических зависимостей между метеорологическими показателями и суточными концентрациями пыльцы различных таксонов применён коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s). Выбор данного непараметрического критерия обусловлен отсутствием нормального распределения в рядах данных по концентрации пыльцы. Для каждого сезона пыления с 2004 по 2025 гг. были отобраны основные суточные метеорологические показатели: температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), максимальная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), относительная влажность воздуха (%), количество осадков (мм), скорость ветра (м/с), максимальная скорость ветра (м/с), преобладающее направление ветра. Расчёт коэффициентов корреляции проводился отдельно для каждого из 14 аллергенных таксонов в пределах их основных периодов пыления. Анализ выявил дифференцированный характер взаимосвязей метеорологических показателей с концентрациями пыльцы различных таксонов. Из отобранных метеорологических показателей наиболее сильные взаимосвязи отражают: среднесуточная температура ($^{\circ}\text{C}$), относительная влажность воздуха (%), осадки (мм), максимальная скорость ветра (м/с) (Таблица 2).

Среднесуточная температура воздуха демонстрирует наиболее выраженные положительные корреляции со всеми изученными таксонами (0,33–0,68). Наиболее тесная связь установлена для *Betula* spp. ($r_s = 0,68$), *Ulmus* spp. ($r_s = 0,66$), *Tilia* spp. ($r_s = 0,68$), *Artemisia* spp. ($r_s = 0,67$). Статистически достоверные корреляции отмечены для *Ulmus* spp. ($r_s = 0,66$), *Picea* spp. ($r_s = 0,62$), *Rumex* spp. ($r_s = 0,64$), *Plantago* spp. ($r_s = 0,61$), *Urtica* spp. ($r_s = 0,54$), *Chenopodiaceae* ($r_s = 0,59$). Полученные результаты согласуются с фенологическими закономерностями: повышение температуры ускоряет

метаболические процессы в растениях, способствуя более раннему и интенсивному пылению (Zhang, Steiner, 2022).

Таблица 2 – Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r_s) между суточными концентрациями пыльцы и метеорологическими показателями в пределах основных периодов пыления в г. Барнауле (2004–2025 гг.)

Таксон	Среднесуточная температура, °C	Относительная влажность воздуха, %	Осадки, мм	Максимальная скорость ветра, м/с
<i>Salix</i> spp.	0,41	–0,44*	0,11	–0,23
<i>Betula</i> spp.	0,68***	–0,17	–0,41	–0,41
<i>Populus</i> spp.	0,33	–0,02	–0,32	0,17
<i>Acer</i> spp.	0,36	–0,02	–0,37	0,13
<i>Ulmus</i> spp.	0,66**	–0,50*	–0,61**	–0,22
<i>Picea</i> spp.	0,62**	–0,23	–0,33	–0,45*
<i>Pinus</i> spp.	0,44*	–0,37	0,16	–0,53*
<i>Tilia</i> spp.	0,68***	–0,49*	–0,58**	–0,11
Poaceae	0,51*	–0,29	–0,62**	–0,02
<i>Rumex</i> spp.	0,64**	–0,29	–0,59**	–0,02
<i>Plantago</i> spp.	0,61**	–0,36	–0,48*	–0,01
<i>Urtica</i> spp.	0,54**	–0,41	–0,63**	–0,04
<i>Artemisia</i> spp.	0,67***	–0,69***	–0,54**	–0,02
Chenopodiaceae	0,59**	–0,35	–0,60**	–0,08

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Относительная влажность воздуха преимущественно проявляет отрицательные корреляции с концентрациями пыльцы. Наиболее выраженные обратные связи зафиксированы для *Artemisia* spp. ($-0,69$; $p < 0,001$), *Salix* spp. ($r_s = -0,44$), *Ulmus* spp. ($r_s = -0,5$), *Tilia* spp. ($r_s = -0,49$). Высокая влажность препятствует раскрытию пыльников и высвобождению пыльцы; увлажнение пыльцевых зёрен увеличивает их массу и ускоряет оседание из атмосферы (Bunderson, Levetin, 2015; Chico-Fernández, Ayuga-Téllez, 2025). Для остальных аллергенных таксонов корреляционные связи с относительной влажностью воздуха статистически незначимы, что указывает на их меньшую чувствительность к данному фактору в период активного пыления.

Количество осадков оказывает преимущественно подавляющее влияние на концентрацию пыльцы. Статистически значимые отрицательные

корреляции выявлены для древесных пород: *Ulmus* spp. ($r_s = -0,61$), а также для большинства травянистых таксонов: *Urtica* spp. ($r_s = -0,63$), *Poaceae* ($r_s = -0,62$), *Chenopodiaceae* ($r_s = -0,60$), *Rumex* spp. ($r_s = -0,59$), *Artemisia* spp. ($r_s = -0,54$), *Plantago* spp. ($r_s = -0,48$). Данный эффект обусловлен «вымывающим» действием осадков, когда капли дождя захватывают пыльцевые зёрна и ускоряют их осаждение на поверхность (Лусс, 2002).

Максимальная скорость ветра проявляет менее выраженные корреляционные зависимости по сравнению с другими факторами. Отрицательные связи установлены для *Tilia* spp. ($r_s = -0,45$), *Pinus* spp. ($r_s = -0,53$). Для большинства травянистых таксонов корреляции со скоростью ветра статистически незначимы.

Таким образом, метеорологические показатели выступают одними из ключевых предикторов пространственно-временной дифференциации аллергенной нагрузки на территории Алтайского края в весенне-летний период.

Всё вышеизложенное свидетельствует о том, что аэропалинологический спектр Алтайского края подчинен сезонной цикличности, проявляющейся в виде трех последовательных волн пыления, каждая из которых маркируется палиноиндикаторами из числа 14 аллергенных таксонов. Результаты многолетнего аэропалинологического мониторинга показали, что календарные границы волн пыления варьируются и определяются накоплением эффективных температур выше $+ 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом у доминирующих аллергенных таксонов зафиксирован устойчивый рост максимальных суточных и суммарных концентраций пыльцевых зерен, формирующий тенденцию к повышению аллергенной нагрузки в регионе.

Пространственная дифференциация рецентных спорово-пыльцевых спектров, полученная с помощью седиментационных ловушек Таубера на 19 модельных участках, верифицирует данные стационарного аэропалинологического мониторинга. Доля пыльцевых зерен аллергенных

таксонов закономерно возрастает от 15 – 18 % в засушливых степях Кулундинской провинции до 51– 61 % в предгорных районах Предалтайской и Северо-Алтайской провинций.

Статистический анализ выявил, что возрастание среднесуточной температуры воздуха является основным положительным предиктором увеличения концентрации пыльцы в аэроспектре для всех аллергенных таксонов, тогда как осадки и относительная влажность воздуха оказывают подавляющее действие, а сильный ветер снижает локальные концентрации. Таким образом, пространственно-временная динамика пыльцы аллергенных таксонов в Алтайском крае детерминирована комплексным взаимодействием регионального состава растительности, сезонной цикличности развития растений и метеорологическими условиями конкретного года, при этом современные климатические тренды создают предпосылки для увеличения продолжительности сезона пыления и роста аллергенной нагрузки.

ГЛАВА 4. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ПО УРОВНЮ ПРОЯВЛЕНИЯ АЛЛЕРГОКОМФОРТНОСТИ

4.1 Оценка аллергокомфортности территории Алтайского края

Аллергокомфортность территории определяется комплексом природных и антропогенных факторов, влияющих на распространение, концентрацию, сезонную динамику аллергенных пылевых спектров. Взаимосвязь между характеристиками растительного покрова, метеорологическими показателями и потенциальной аллергенной нагрузкой проявляется в пространственной и сезонной неоднородности распределения аллергенной пыльцы. Например, в степных районах Алтайского края доминируют аллергенные сорные травы, тогда как в лесостепных и предгорных районах значительный вклад вносит пыльца деревьев. Метеорологические показатели – сумма активных температур, режим увлажнения, скорость ветра – модулируют сроки начала, интенсивность пыления. Изменение метеорологических условий в Алтайском крае может как усиливать, так и ослаблять аллергенную нагрузку, смещая фенологические фазы и увеличивая ОПП аллергенных таксонов.

Несмотря на актуальность проблемы, единого общепризнанного метода для количественной оценки аллергокомфортности территорий не существует. В мировой практике сложилось несколько подходов, которые ориентированы на характеристику отдельных видов или локальных объектов (парков, скверов) (Ogren, 2000; Hruska, 2003; Cariñanos, Marinangeli, 2021; Cariñanos et al., 2014, 2016, 2019; Zahradníková et al., 2024; Середа, 2024) (Таблица 3).

Представленные подходы не обеспечивают комплексной пространственной оценки территории с учетом совокупности факторов (состава и обилия растительности, метеорологических параметров, фенологических особенностей, данных аэроспектров и антропогенной трансформации). В связи с этим автором предложена и апробирована

методика оценки аллергокомфортности территории Алтайского края (Стребкова и др., 2026б).

Таблица 3 – Существующие подходы к оценке аллергенного потенциала территорий

Подход / Индекс	Назначение и краткая характеристика	Авторы
OPALS (Ogren Plant Allergy Scale)	Шкала аллергенности растений Огрена (от 1 до 10), основанная на биологических особенностях видов. Характеризует аллергенные свойства отдельных растений.	Ogren, 2000
A.I. (Allergen Index)	<i>Аллергенный индекс</i> , учитывающий жизненный цикл, длительность цветения и перекрестную реактивность. Применяется для оценки отдельных видов.	Hruska, 2003
VPA (Potential Allergenicity Scale)	<i>Шкала потенциальной аллергенности</i> (от 0 до 4), разработанная на основе молекулярных исследований белкового состава пыльцы.	Cariñanos, Marinangeli, 2021
IUGZA (Urban Green Zone Allergenicity Index)	<i>Индекс аллергенности городских зеленых зон</i> , предназначенный для оценки локальных объектов (парков, скверов). Требуется детальных данных о каждом таксоне, применяется для небольших площадей.	Carinanos et al., 2014, 2016, 2019
IISA (Individual-Specific Allergenic Potential Index)	<i>Индекс индивидуальной аллергенности</i> , учитывающий реальные размеры крон растений. Ориентирован на локальные урбанизированные объекты.	Zahradnikova et al., 2024
Исследования урбанофлоры	Анализ доли аллергенных видов в озеленении городов, фиксирующий представленность таксонов, но не дающий интегральной пространственной оценки.	Середа, 2024

Базовое понятие «аллергокомфортность» введено Г.И. Ненашевой (2013), под которым понимался «уровень концентрации пыльцы растений-аллергенов в воздухе, при котором человек не ощущает воздействия аллергенов на организм». В настоящей работе данное понятие получило дальнейшее развитие и операционализацию. Аллергокомфортность территории – это количественная интегральная характеристика, отражающая уровень благоприятности условий для лиц, страдающих поллинозом,

рассчитываемая на основе системы нормированных коэффициентов (Стребкова и др., 2026б).

Для количественной оценки аллергокомфортности территории Алтайского края автором предлагается интегральный индекс аллергокомфортности (Al), который рассчитывается как сумма нормированных коэффициентов (1):

$$Al = \sum K = K_{АП} + K_{начала} + K_{интенсив} \quad (1),$$

Все частные коэффициенты в составе индекса приведены к безразмерной нормированной шкале от 0 до 1. Интегральный индекс аллергокомфортности (Al) геометрически интерпретируется как расстояние Манхэттена ($Manhattan = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$) в многомерном пространстве факторов от минимальной точки уровня комфортности (0,0,0) до точки соответствующей фактическому расстоянию ($K_{АП}$, $K_{начала}$, $K_{интенсив}$), максимальное возможное расстояние равно 3. Такой подход подчеркивает равный и независимый вклад каждого из трёх факторов в общую оценку. Увеличение значения индекса соответствует росту благоприятности условий для пребывания людей, страдающих поллинозом.

Для практической реализации предложенного индекса необходимо определить методику вычисления каждого из трёх нормированных коэффициентов.

Коэффициент аллергенного потенциала территории ($K_{АП}$) предназначен для интегральной оценки суммарного влияния растительного покрова на формирование аллергенной нагрузки с учётом пространственной представленности различных типов растительности, аллергенных свойств таксонов и продолжительности их пыления. Показатель отражает потенциальную способность растительного покрова формировать аллергенный пылевой фон.

Расчёт $K_{АП}$ основан на учёте трёх характеристик для каждого аллергенного таксона: аллергенности, длительности пыления и площади распространения.

Для каждого i -го таксона определяется коэффициент аллергенности растений (K^a_i) по формуле (2):

$$K^a_i = \frac{Q_i - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \quad (2),$$

где, Q_i – аллергенная значимость i -го таксона по шкале OPALS (Ogren, 2000); Q_{max} , Q_{min} – максимальное и минимальное значение аллергенности среди 14 рассматриваемых аллергенных таксонов Алтайского края.

Для каждого i -го таксона рассчитывается коэффициент длительности пыления (K^D_i) по формуле (3):

$$K^D_i = \frac{T_{пыления\ i} - T_{пыления\ min}}{T_{пыления\ max} - T_{пыления\ min}} \quad (3),$$

где, $T_{пыления\ i}$ – средняя многолетняя продолжительность ОПП i -го таксона в днях; $T_{пыления\ max}$, $T_{пыления\ min}$ – максимальная и минимальная продолжительность ОПП среди 14 рассматриваемых аллергенных таксонов Алтайского края. Значение K^D_i равное 1 соответствует максимальной продолжительности ОПП, что увеличивает аллергенную нагрузку.

Для каждого аллергенного таксона (i) и каждого типа растительности (j), в котором этот таксон встречается, рассчитывается локальный аллергодинамический коэффициент ($K^{ад}_{ij}$) как произведение двух нормированных величин по формуле (4):

$$K^{ад}_{ij} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{K^a_{ij}}{K^a_{i\ max}} \times \frac{K^D_{ij}}{K^D_{i\ max}} \quad (4),$$

где, K^a_{ij} коэффициент аллергенности i -го таксона в j -м типе растительности, $K^a_{i\ max}$ – максимальное значение аллергенности для данного i -го таксона, K^D_{ij} коэффициент длительности пыления i -го таксона в j -м типе растительности, $K^D_{i\ max}$ – максимальная длительность пыления для данного

i -го таксона, p_i – число i -х таксонов в j -м типе растительности. Данное произведение показывает относительный вклад таксона в аллергенную нагрузку в конкретном типе растительности. Значение лежит в интервале [0; 1].

Итоговое значение *аллергенного потенциала территории* ($K_{АП}$) рассчитывается по формуле 5:

$$K_{АП} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^i S_i \times K_i^{ад}}{\sum_{j=1}^i S_i} \quad (5),$$

где, S_i – площадь, занимаемая i -м таксоном на оцениваемой территории (км^2 или доля от площади). Суммирование ведется по всем аллергенным таксонам.

$K_{АП}$ нормирован в диапазоне от 0 до 1 и приведён к логике аллергокомфортности, при которой увеличение значения соответствует снижению потенциальной аллергенной нагрузки. Более высокие значения коэффициента указывают на меньший суммарный аллергенный потенциал растительного покрова и, соответственно, более благоприятные условия для лиц, страдающих поллинозом. Таким образом, аллергенный потенциал и аллергокомфортность находятся в обратно пропорциональной зависимости: при увеличении потенциальной аллергенной активности таксонов уровень аллергокомфортности снижается.

Коэффициент начала пыления ($K_{начала i}$) отражает влияние сроков начала пыления аллергенных таксонов на аллергокомфортность территории. Более раннее начало пыления приводит к увеличению продолжительности контакта с аллергенами и снижению аллергокомфортности.

Для каждого i -го аллергенного таксона на основе многолетних данных аэропалинологического мониторинга определяется средняя дата начала пыления (в днях от начала года), затем вычисляется нормированный коэффициент $K_{начала i}$ по формуле (6):

$$K_{начала i} = 1 - \frac{D_{max} - D_i}{D_{max} - D_{min}} \quad (6),$$

где, D_i – средняя дата начала пыления i -го таксона на данной территории, D_{min} – самая ранняя дата начала пыления среди всех рассматриваемых таксонов (соответствует минимальному дню в году), D_{max} – самая поздняя дата начала пыления среди всех рассматриваемых таксонов (соответствует максимальному дню в году).

Для оценки территории необходимо учесть вклад каждого таксона в растительный покров. В данной работе применяется взвешенное по площади усреднение, аналогичное расчёту $K_{АП}$. Коэффициент $K_{начала}$ для территории рассчитывается по формуле (7):

$$K_{начала} = \sum_{i=1}^n w_i \times K_{начала i} \quad (7),$$

где, n – число аллергенных таксонов, присутствующих на территории, $K_{начала i}$ – коэффициент начала пыления i -го таксона, w_i – вес участия i -го таксона в растительном покрове, определяемый как доля площади, занятой данным таксоном, от общей площади территории (или от площади, занятой всеми аллергенными таксонами). Веса удовлетворяют условию $\sum w_i = 1$.

Значение $K_{начала}$ также находится в интервале $[0; 1]$.

Коэффициент интенсивности пыления ($K_{интенсив i}$) отражает фактическую пыльцевую нагрузку и рассчитывается на основе сезонных суммарных концентраций пыльцы аллергенных таксонов. Для обеспечения сопоставимости показатели нормируются по отношению к максимальному значению концентрации среди анализируемых таксонов. В связи со значительными различиями в пыльцевой продуктивности древесных и травянистых растений нормирование сезонных концентраций проводилось по этим группам в соответствии с методическими рекомендациями (Мейер-Меликян и др., 1999) расчет проводился по формуле (8):

$$K_{интенсив i} = \frac{C_i}{C_{max}} \quad (8),$$

где, C_i – сезонная концентрация пыльцы i -го таксона, C_{max} – максимальная концентрация среди всех таксонов (в пределах группы – древесных, травянистых).

Для получения обобщенной характеристики всей территории исследования $K_{интенсив}$ рассчитывается на основе индивидуальных коэффициентов по таксонам с учетом их доли в растительном покрове и поправочного коэффициента, учитывающего антропогенную трансформацию территории (9):

$$K_{интенсив} = 1 - \left(\left(\sum_{i=1}^n w_i \times K_{интенсив\ i} \right) \times K_{антр} \right) \quad (9),$$

где, n_i – число аллергенных таксонов; $K_{интенсив\ i}$ – коэффициент интенсивности i -го таксона (от 0 до 1); w_i – вес участия i -го таксона в растительном покрове (доля площади, занятая i -м таксоном), $K_{антр}$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние антропогенной трансформации территории.

Введение поправочного коэффициента $K_{антр}$ обусловлено необходимостью учета антропогенного фактора в формировании аллергенного аэроспектра территории, поскольку территории с высокой долей сельскохозяйственных угодий, селитебных и инфраструктурных объектов, как правило, отличаются снижением видового разнообразия, доминированием одного или нескольких видов и характеризуются значительным участием травянистой (прежде всего рудеральной) растительности, выступающей источником высоких концентраций пыльцевых зерен (Дикарева и др., 2023; Bernard-Verdier et al., 2022; Daelemans et al., 2025; Hrabovský et al., 2025). Однако из-за отсутствия данных, позволяющих количественно оценить, насколько меняется интенсивность пыления на антропогенно преобразованных территориях, нами используется поправочный коэффициент $K_{антр}$, рассчитанный по экспоненциальной зависимости: $K_{антр} = e^{S_{преобр}}$, где $S_{преобр}$ – доля преобразованных земель от общей площади физико-

географического района, провинции; $e = 2,718$ – основание натурального логарифма. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения поправочного коэффициента $K_{антр}$

Физико-географические районы и провинции территории Алтайского края (Ландшафтная карта ИВЭП СО РАН, 2016)	$S_{преобр}$, %	$K_{антр}$
Алейский	0,58	1,79
Бель-Агачский	0,41	1,50
Верхнеобский	0,20	1,22
Восточнопредалтайский	0,52	1,68
Западнопредалтайский	0,57	1,77
Знаменский	0,70	2,01
Кировский	0,64	1,89
Красногорский	0,20	1,22
Кулундинский	0,58	1,78
Нижнебурлинский	0,29	1,34
Нижнекулундинский	0,35	1,42
Предсалаирская	0,27	1,31
Приобский	0,49	1,63
Салаирская	0,02	1,02
Североалтайская	0,02	1,02
Северо-Восточная Алтайская	0,01	1,01
Северо-Западная Алтайская	0,05	1,05
Среднеалейский	0,57	1,76
Чумышский	0,44	1,55
Шарбактинский	0,03	1,03

Ниже приведены значения коэффициентов аллергенности, интенсивности и длительности пыления, рассчитанные по аллергенным таксонам.

Сравнительный анализ вклада отдельных таксонов в аллергенную нагрузку (Таблица 5) показал, что максимальные значения коэффициента аллергенности (1,00) характерны для *Salix* spp., *Рoaceae*, *Artemisia* spp., *Chenopodiaceae*. Однако их вклад в общую нагрузку дифференцирован. *Рoaceae* характеризуется также максимальными значениями интенсивности и длительности пыления, что делает аллергенный таксон лидером по формированию неблагоприятной аэропалинологической обстановки.

Artemisia spp., при высоком коэффициенте аллергенности имеет среднюю интенсивность (0,69) и длительность (0,51), что указывает на значительную, но менее продолжительную нагрузку в весенне-летний период. *Salix* spp. при высоком коэффициенте аллергенности отличается низкой интенсивностью и умеренной длительностью пыления, что снижает суммарный вклад ивы по сравнению со злаками и полынью.

Таблица 5 – Значения рассчитываемых коэффициентов для аллергенных таксонов

Таксон	$K_{интенсив\ i}$	$K_{i\ b}^a$	$K_{i\ b}^A$
<i>Salix</i> spp.	0,06	1,00	0,37
<i>Betula</i> spp.	1,00	0,57	0,55
<i>Populus</i> spp.	0,18	0,85	0,07
<i>Acer</i> spp.	0,21	0,71	0,00
<i>Ulmus</i> spp.	0,02	0,71	0,01
<i>Picea</i> spp.	0,02	0,00	0,24
<i>Pinus</i> spp.	0,53	0,14	0,11
<i>Tilia</i> spp.	0,01	0,71	0,14
Poaceae	1,00	1,00	1,00
<i>Rumex</i> spp.	0,19	0,71	0,39
<i>Plantago</i> spp.	0,22	0,42	0,73
<i>Urtica</i> spp.	0,24	0,71	0,38
<i>Artemisia</i> spp.	0,69	1,00	0,51
Chenopodiaceae	0,50	1,00	0,23

Betula spp. имеет максимальную интенсивность пыления, при этом коэффициент аллергенности (0,57) и длительности (0,55) – средние. Тем не менее, массовое распространение березы в лесостепной зоне Алтайского края обуславливает её ведущую роль в первой волне пыления.

Промежуточное положение занимают *Populus* spp., *Acer* spp., *Ulmus* spp., *Rumex* spp., *Urtica* spp., Chenopodiaceae – коэффициент аллергенности варьирует от 0,71 до 1,00, а коэффициенты интенсивности и длительности от низких значений до умеренных, что создает локальные пики аллергенной нагрузки, особенно на антропогенно преобразованных территориях.

Поскольку каждый из коэффициентов изменяется в диапазоне от 0 до 1, итоговое значение AI может варьироваться от 0 до 3. Увеличение значения

коэффициента соответствует росту благоприятности условий для пребывания людей, страдающих поллинозом.

На основе выполненных расчетов проведена дифференциация территории по аллергокомфортности в пределах физико-географических районов и провинций Алтайского края (Таблица 6, Рисунок 25).

Таблица 6 – Суммарная оценка аллергокомфортности физико-географических районов, провинций Алтайского края

Физико-географическое районирование Алтайского края (Ландшафтная карта ИВЭП СО РАН, 2016)			Коэффициент аллергенного потенциала территории и $K_{АП}$	Коэффициент начала пыления $K_{начала}$	Коэффициент интенсивности пыления $K_{интенсив}$	Индекс AI
Страна	Провинция	Районы				
Западно-Сибирская равнинная	Кулундинская	Шарбактинский	0,32	0,43	0,54	1,29
		Кулундинский	0,48	0,40	0,38	1,26
		Нижнебурлинский	0,44	0,48	0,39	1,32
		Нижнекулундинский	0,38	0,59	0,22	1,20
	Южноприалейская	Бель-Агачский	0,49	0,47	0,40	1,37
		Знаменский	0,48	0,62	0,30	1,39
		Среднеалейский	0,47	0,50	0,29	1,26
		Алейский	0,45	0,49	0,39	1,32
	Предалтайская	Кировский	0,53	0,32	0,56	1,41
		Западнопредалтайский	0,43	0,49	0,40	1,32
		Восточнопредалтайский	0,40	0,58	0,61	1,59
		Красногорский	0,47	0,59	0,61	1,67
	Верхнеобская	Приобский	0,56	0,49	0,53	1,58
		Верхнеобский	0,57	0,43	0,55	1,55
		Чумышский	0,48	0,54	0,50	1,52
Алтае-Саянская горная	Северо-Западная Алтайская	-	0,53	0,50	0,62	1,65
	Североалтайская	-	0,53	0,62	0,52	1,67
	Северо-Восточная Алтайская	-	0,52	0,49	0,67	1,68
	Предсалаирская	-	0,58	0,54	0,61	1,73
	Салаирская	-	0,76	0,38	0,75	1,90

Разработанная методика оценки аллергокомфортности территории позволила получить интегральную характеристику физико-географических районов и провинций Алтайского края по уровню благоприятности условий для проживания населения и обеспечения рекреационного потенциала региона. Интегральный индекс аллергокомфортности (AI), рассчитанный как сумма трех нормированных коэффициентов – аллергенного потенциала, начала и интенсивности пыления. Коэффициент аллергенного потенциала территории ($K_{АП}$) варьирует в пределах от 0,32 до 0,76. Минимальное значение зафиксировано в Шарбактинском районе (0,32), максимальное – в Салаирской провинции (0,76). Для равнинных территорий характерны значения преимущественно в диапазоне 0,38–0,49, тогда как в предгорьях наблюдается их увеличение до 0,52–0,76. Выявленные различия отражают неоднородность растительного покрова и соотношение различных групп аллергенных таксонов в его структуре.

Коэффициент начала пыления ($K_{начала}$) изменяется от 0,32 до 0,62. Минимальное значение отмечено в Кировском районе (0,32), максимальные значения – в Знаменском районе и Североалтайской провинции (0,62). Для большинства территорий характерен интервал 0,43–0,59, что указывает на относительную сглаженность пространственных различий данного показателя при наличии отдельных отклонений. Вклад данного коэффициента наиболее выражен в предгорных территориях, где фенологические различия существенно влияют на продолжительность пыльцевого сезона.

Коэффициент интенсивности пыления ($K_{интенсив}$) характеризуется наибольшей вариабельностью и варьирует от 0,22 до 0,75. Минимальное значение зафиксировано в Нижнекулундинском районе (0,22), максимальное – в Салаирской провинции (0,75). Наибольшие значения в провинциях с высоким разнообразием древесной растительности и наименьшие – с доминированием травянистых сообществ. Данный коэффициент вносит существенный вклад в дифференциацию территории, особенно в сочетании с коэффициентом начала пыления.

Итоговые значения индекса аллергокомфортности (Al) варьируют в пределах от 1,20 до 1,90, что отражает неоднородность условий формирования пылевой нагрузки. Анализ расчетных данных позволяет выделить три группы территорий, различающихся по уровню аллергокомфортности. К группе с низкими значениями ($Al < 1,43$) отнесено большинство районов равнинной части края: Шарбактинский (1,29), Кулундинский (1,26), Нижнебурлинский (1,32), Нижнекулундинский (1,20), Бель-Агачский (1,37), Знаменский (1,39), Среднеалейский (1,26), Алейский (1,32), Западнопредалтайский (1,32), а также Кировский (1,41). Для данной группы характерна вариативность значений отдельных коэффициентов при относительно узком диапазоне итогового индекса. При этом ограничивающим фактором выступает коэффициент интенсивности пыления, который в большинстве случаев сохраняется на пониженном уровне, что препятствует росту интегрального индекса (Стребкова и др., 2026б).

Средний уровень аллергокомфортности ($Al = 1,43–1,66$) характерен для Чумышского (1,52), Верхнеобского (1,55), Приобского (1,58), Восточнопредалтайского (1,59) районов, а также Северо-Западной Алтайской провинции (1,65). В пределах данной группы значения коэффициентов сбалансированы и не имеют резких отклонений, что обеспечивает средний уровень интегрального индекса.

К группе с высокими значениями индекса ($Al > 1,66$) относятся Красногорский район (1,67) и горные провинции Алтае-Саянской области: Североалтайская (1,67), Северо-Восточная Алтайская (1,68), Предсалаирская (1,73) и Салаирская (1,90). Для этих территорий характерно более сбалансированное сочетание коэффициентов при увеличении вклада интенсивности пыления. При этом значения коэффициента аллергенного потенциала и коэффициента начала пыления остаются в умеренных пределах, что в совокупности обеспечивает более высокие значения интегрального индекса.

Минимальное значение индекса аллергокомфортности (AI) зафиксировано в Нижнекулундинском районе (1,20) и обусловлено сочетанием пониженных значений коэффициента аллергенного потенциала (0,38) и особенно коэффициента интенсивности пыления (0,22). Максимальное значение (1,90), отмеченное в Салаирской провинции, формируется при одновременном увеличении коэффициента аллергенного потенциала (0,76) и коэффициента интенсивности пыления (0,75) (Стребкова и др., 2026б).

Таким образом, анализ пространственного распределения индекса аллергокомфортности (AI) позволил дифференцировать территорию Алтайского края по уровню аллергокомфортности (Рисунок 26).

Пространственная интерполяция значений аллергокомфортности выполнена с использованием геостатистического метода кригинга (ESRI, 2021). На первом этапе для каждого физико-географического района края были рассчитаны центроиды с помощью инструментов векторной геометрии ArcGIS. Полученные точки послужили опорными для интерполяции, поскольку содержат атрибутивные данные о рассчитанных значениях индекса аллергокомфортности. Выбор кригинга обусловлен его способностью учитывать пространственную автокорреляцию данных и обеспечивать статистически обоснованный прогноз значений между точками наблюдений, что позволяет создать непрерывную поверхность распределения индекса по всей территории края. Результаты пространственной интерполяции подтвердили высокую степень неоднородности территории Алтайского края по уровню аллергокомфортности. Выявленные различия между отдельными провинциями и внутри их границ свидетельствуют о сложном сочетании факторов, формирующих пылевой фон. Применение геостатистических методов, таким образом, является необходимым инструментом для корректной пространственной дифференциации территории и выявления зон, различающихся по степени аллергокомфортности.

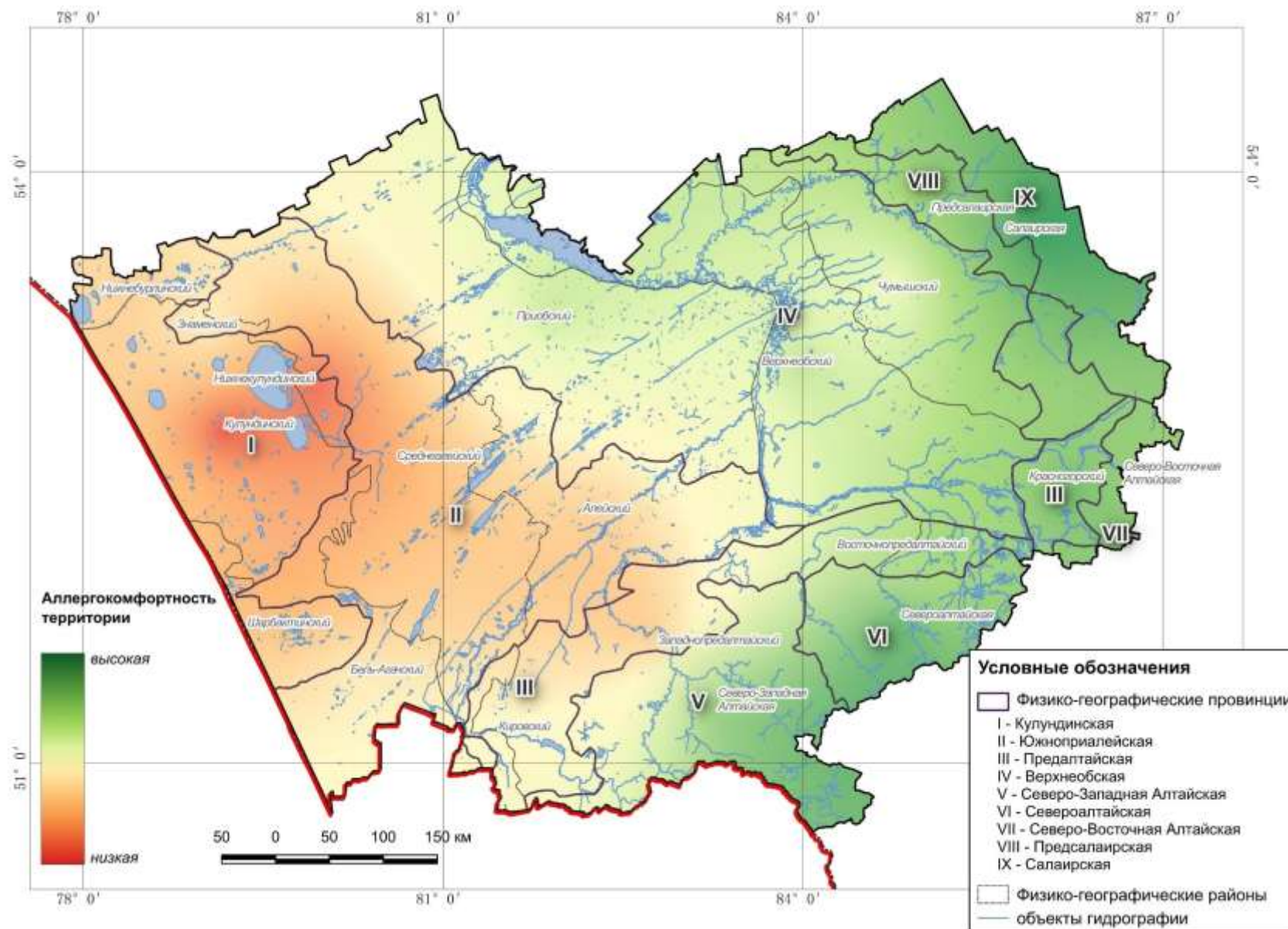


Рисунок 26 – Карта аллергокомфортности территории Алтайского края

Наиболее высокие значения аллергокомфортности характерны для предгорных территорий, где преобладают природные слаботрансформированные ландшафты. Для них типично доминирование древесной растительности при ограниченном участии высокоаллергенных травянистых таксонов. Более поздние сроки начала пыления и сглаженный характер сезонной пылевой нагрузки способствуют формированию относительно благоприятной аэроаллергенной обстановки и максимальные значения интегрального индекса.

Территории со средним уровнем аллергокомфортности занимают промежуточное положение и характеризуются более сбалансированным сочетанием природных и антропогенно-трансформированных ландшафтов. В их пределах наблюдается умеренная представленность как древесной, так и травянистой растительности, что определяет относительно равномерное формирование аллергенных таксонов. Отсутствие выраженного доминирования отдельных факторов обеспечивает согласованные значения коэффициентов и сглаженный уровень итогового индекса.

Территории с наиболее низким уровнем аллергокомфортности приурочены преимущественно к равнинной части края и характеризуются высокой степенью хозяйственного освоения и значительной долей сельскохозяйственных угодий. Это обуславливает трансформацию структуры растительного покрова и усиление роли травянистых сообществ, включая рудеральную растительность, формирующую интенсивный пылевой фон. Дополнительным фактором выступают более ранние сроки начала пыления, увеличивающие продолжительность воздействия аллергенов. Сочетание указанных условий приводит к формированию неблагоприятной аллергенной обстановки и снижению интегрального индекса.

Пространственные различия аллергокомфортности территории определяются не отдельными показателями, а их сочетанием. На равнинных территориях преобладают факторы, усиливающие пылевую нагрузку, тогда как для предгорий их совокупность формирует более благоприятные условия.

Волны пыления отражают последовательную смену доминирующих палиноиндикаторов и связанное с этим перераспределение аллергенной нагрузки по территории. Для учета временных изменений аэроаллергенной обстановки были проанализированы отдельные волны пыления; расчеты выполнены с учетом выделенных палиноиндикаторов, на основе чего представлен картографический материал (Рисунки 27–29).

Первая волна пыления связана с массовым пылением древесных аллергенных таксонов – ивы, березы, тополя, клёна, вяза. Благодаря широкому распространению этих пород как в природных, так и в антропогенно-трансформированных ландшафтах. В результате пространственная структура пыльцевого фона в этот период отличается слабой дифференциацией, территория характеризуется низким и средним уровнем аллергокомфортности. Для большинства древесных таксонов первой волны пыления характерен короткий ОПП до 10-12 дней. Исключение составляет береза, отличающаяся пролонгированным периодом пыления.

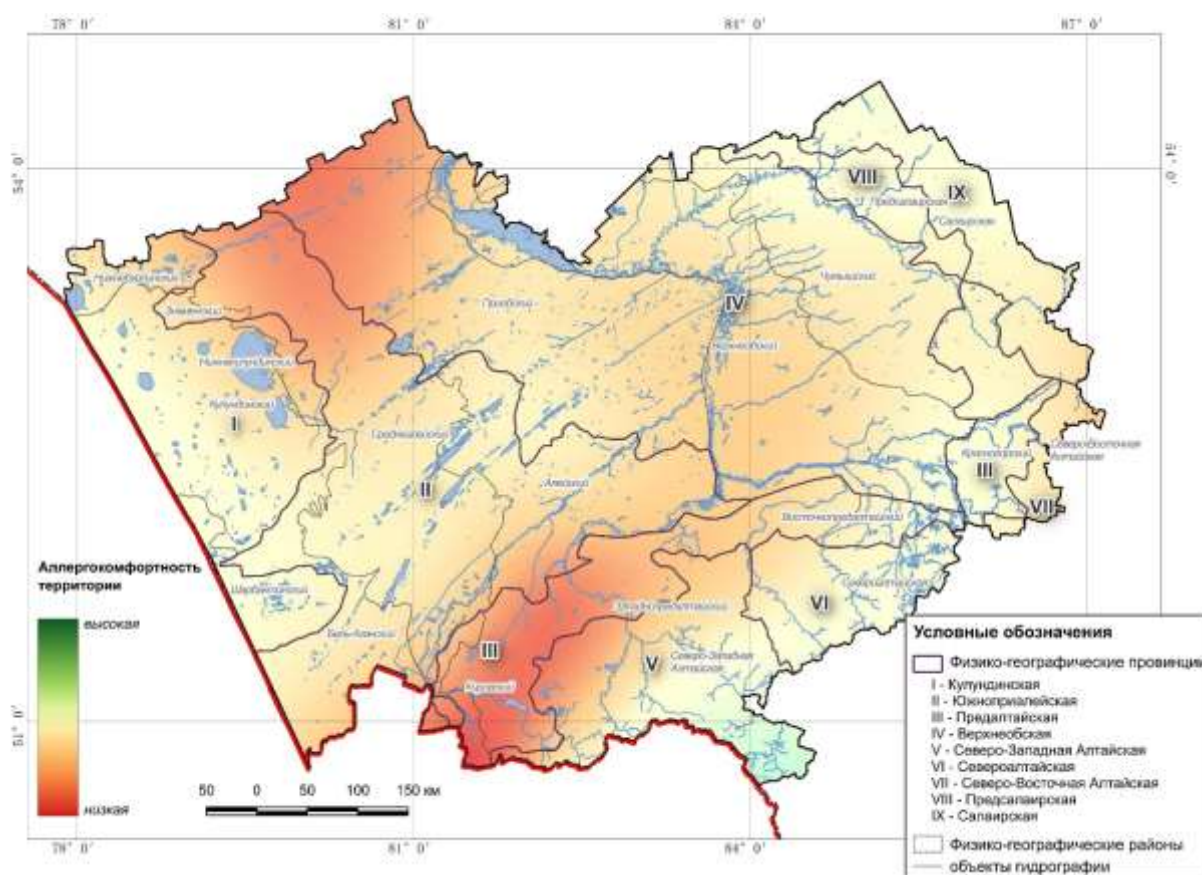


Рисунок 27 – Карта аллергокомфортности территории Алтайского края в I волну пыления

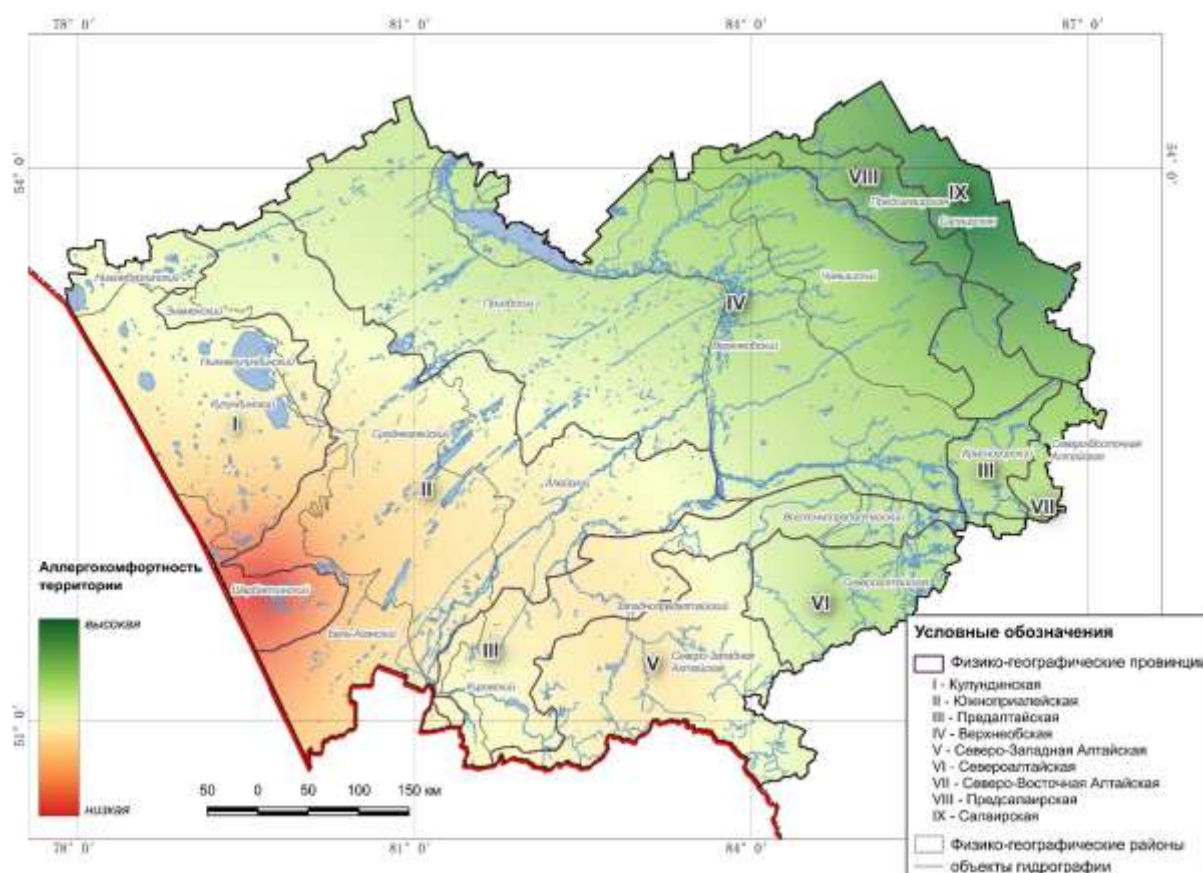


Рисунок 28 – Карта аллергокомфортности территории Алтайского края во II волну пыления

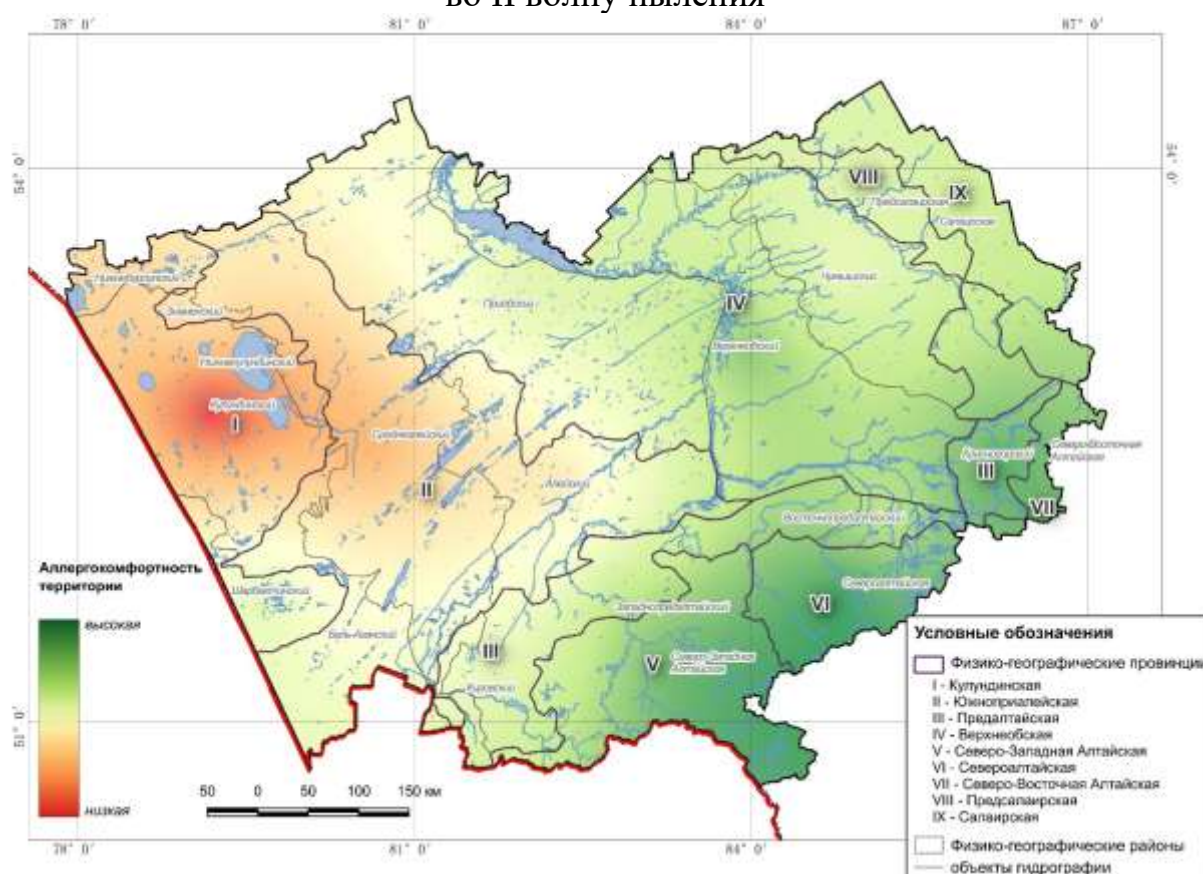


Рисунок 29 – Карта аллергокомфортности территории Алтайского края в III волну пыления

Во второй волне пыления структура пыльцевого фона изменяется: доминирование постепенно переходит к п.з. сосны (*Pinus* spp.), злаков (Poaceae). В отличие от первой волны, для которой характерен повсеместно высокий и равномерный уровень нагрузки, вторая волна пыления демонстрирует выраженную пространственную дифференциацию. В степных и лесостепных территориях Алтайского края с высокой долей открытых пространств и сельскохозяйственных угодий формируются очаги низкой аллергокомфортности. Напротив, в предгорных лесных территориях (Салаирская, Предсалаирская, Северо-Восточная Алтайская провинции) преобладают хвойные и лиственные породы, а площадь открытого травянистого покрова невелика. Аллергенный потенциал территории формируется п.з. сосны (*Pinus* spp.), создающей умеренную пыльцевую нагрузку ($K_{\text{интенсив}} 0,53$) и злаками (Poaceae), доминирующими на открытых участках и обеспечивающими максимальную интенсивность пыления ($K_{\text{интенсив}} 1,00$).

Третья волна пыления характеризуется доминированием травянистых аллергенных таксонов, прежде всего Poaceae, *Artemisia* spp., Chenopodiaceae. Согласно полученным данным, перечисленные таксоны обладают максимальной аллергенностью ($K^a = 1,00$) и высокой интенсивностью пыления (0,69 и 0,5 соответственно). П.з. *Rumex* spp., *Plantago* spp., *Urtica* spp. имеют умеренные значения коэффициента аллергенности (0,42-0,71) и интенсивности (0,19-0,24), создавая локальные пики аллергенной нагрузки. Аллергокомфортность снижается в пределах степной зоны и территорий с высокой степенью антропогенной трансформации. Одновременно в предгорных территориях, где преобладает древесная растительность и сохраняется более высокая доля естественных ландшафтов, интенсивность пыления снижается, что приводит к относительному повышению уровня аллергокомфортности. Промежуточное положение занимают лесостепные территории, где сочетаются лесные массивы и открытые пространства.

Таким образом, разработанная методика оценки аллергокомфортности позволила впервые для территории Алтайского края провести количественное ранжирование физико-географических районов и провинций по степени благоприятности условий для лиц, страдающих поллинозом, с учетом как пространственной дифференциации, так и сезонной динамики пыльцевой нагрузки. Полученные результаты могут быть использованы при планировании рекреационной деятельности, организации санаторно-курортного лечения и информировании населения о пространственно-временных особенностях аллергенной обстановки в крае, что формирует основу для перехода к разработке практико-ориентированных рекомендаций.

4.2 Рекомендации по снижению аэроаллергенной нагрузки

В стратегических документах Российской Федерации (Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации», Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 № 1640 (ред. от 29.12.2025) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»») определены ключевые направления совершенствования управления в сфере охраны здоровья, включающие развитие системы мониторинга факторов среды обитания, внедрение цифровых платформ информирования населения, научное обоснование управленческих решений с учётом региональных особенностей, а также укрепление методической базы управления рекреационным потенциалом территории. Поллиноз, характеризующийся выраженной региональной спецификой видового состава пыльцы и сроков её присутствия в атмосфере, требует организации планового введения аэропаллинологического мониторинга. Однако в настоящее время в Российской Федерации отсутствует единая государственная программа аэропаллинологического мониторинга, что существенно ограничивает возможности объективной оценки пространственно-временной динамики пыльцевого спектра и разработки

эффективных профилактических мероприятий. Между тем аэропалинологический мониторинг выступает базовым инструментом, обеспечивающим как оценку среды обитания человека, так и возможность своевременного реагирования на осложнение аэропалинологической обстановки для минимизации негативных проявлений поллиноза.

Решение данной задачи требует создания национальной сети аэропалинологического мониторинга с унифицированными стандартами сбора и обработки данных, их интеграции с метеорологическими службами и гидрометеорологическими наблюдениями, а также внедрения персонализированных подходов к информированию населения, прежде всего лиц, страдающих сезонной аллергией, и представителей туристско-рекреационной сферы.

Для территории Алтайского края, обладающей высоким рекреационным потенциалом и выступающей в качестве здравницы общероссийского значения (Закон Алтайского края от 06.09.2021 № 86 – ЗС «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Алтайского края до 2035 года»), решение данной задачи приобретает особую значимость. Лечебно-оздоровительные объекты и туристские маршруты региона расположены в условиях высокой природной дифференциации, что обуславливает значительную вариабельность аллергокомфортности в пределах отдельных рекреационных территорий (Стребкова, 2026). Для посетителей, страдающих поллинозом, выбор оптимального времени отдыха и маршрутов является фактором, непосредственно влияющим на качество пребывания и безопасность оздоровительного процесса.

Предлагаемая в настоящем исследовании модель оптимизации управленческих мероприятий по снижению аэроаллергенной нагрузки базируется на результатах проведенной дифференциации территории Алтайского края по уровню благоприятности аэропалинологических условий и представляет собой замкнутый цикл, включающий блок научного

обоснования, блок управленческих механизмов, блок целевых групп (Рисунок 30).

Блок научного обоснования опирается на результаты аэропалинологического мониторинга, создает основу для интерпретации сезонной динами аэроаллергенной нагрузки. Включает выделенные уровни аллергокомфортности, три последовательные волны пыления с соответствующими палиноиндикаторами. Служит обоснованием для выбора управленческих механизмов.

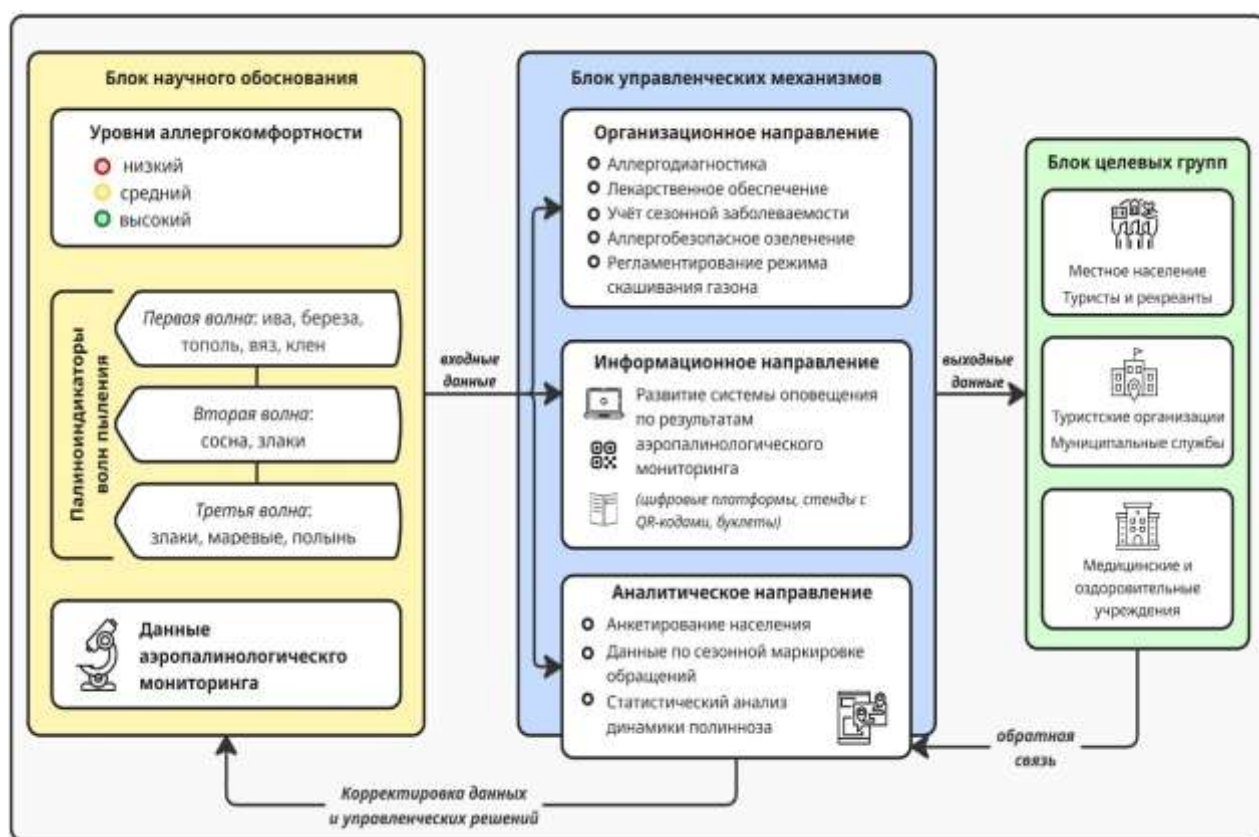


Рисунок 30 – Модель оптимизации управленческих мероприятий по снижению аэроаллергенной нагрузки

Блок управленческих механизмов интегрирует три взаимосвязанных направления, составляющие основу практической реализации предложенной модели. Рассмотрим содержание каждого из направлений.

В рамках *организационного направления* первостепенное значение приобретают превентивные меры аллергодиагностики, включающей

постановку кожных проб, определение специфических IgE-антител, далее сезонное планирование лекарственного обеспечения в регионе с учетом, выявленной зональной специфики. Основой фармакотерапии поллиноза выступают антигистаминные препараты II поколения (левоцетиризин, цетиризин), рассматриваемые как стратегия первого выбора для достижения и поддержания контроля симптомов (Терехова и др., 2019, 2021; Ненашева, и др., 2020; Малышева, Ненашева, 2022). В периоды, соответствующие трем волнам пыления, необходимо формирование сезонных резервов препаратов в медицинских и аптечных организациях, расположенных на территориях с различным уровнем аллергокомфортности, что позволит обеспечить своевременную доступность лекарственной помощи для населения.

Не менее значимым представляется совершенствование учета сезонной заболеваемости. Для повышения качества регистрации обострений поллиноза и оценки реальной нагрузки на первичное звено здравоохранения рекомендуется внедрение в медицинских организациях Алтайского края в период с 1 апреля по 30 сентября специальной маркировки (временного кода) для случаев обращений, связанных с сезонными аллергическими реакциями. Пометка «сезонное обострение поллиноза» (или «сезонная аллергия») может фиксироваться в амбулаторных картах, а также вноситься в электронные системы учета при наличии технической возможности. Данная мера позволит отслеживать динамику обращаемости в течение сезона, своевременно сигнализировать о начале процесса пыления, а также получать объективные данные о географии обострений для их сопоставления с фенологическими наблюдениями, уточнения уровней аллергокомфортности территории и планов закупок антигистаминных препаратов на следующий сезон.

Долгосрочным фактором снижения аллергенной нагрузки выступает внедрение принципов аллергобезопасного озеленения в градостроительную политику муниципальных образований: значимым долгосрочным фактором снижения аллергенной нагрузки является формирование зеленых насаждений с учетом их потенциальной опасности для лиц, страдающих поллинозом. При

плановой реконструкции и обновлении зеленого фонда рекомендуется замена аллергенных видов на растения, опыляемые насекомыми: яблоню, рябину, черемуху, сирень. В структуре газонных покрытий целесообразна замена злаковых смесей на почвопокровные многолетние растения, не продуцирующие аллергенную пыльцу (Бочкова, Хохлачева, 2021; Фомина, 2024). Кроме того, рекомендуется расширение присутствия в озеленении хвойных древесных таксонов (Александрюк, 2025), способных выполнять функцию естественных барьеров, снижающих поступление пыльцы сорных трав с прилегающих территорий.

Дополнительной мерой, направленной на предотвращение цветения злаковых трав и минимизацию их вклада в пыльцевую нагрузку, выступает регламентация режима скашивания газонов: для предотвращения цветения злаковых трав и, соответственно, минимизации их вклада в пыльцевую нагрузку рекомендуется установление для муниципальных служб регламента, предписывающего обязательное скашивание газонов в период второй и третьей волн пыления с периодичностью не реже одного раза в 10–14 дней.

Информационное направление базируется на развитии системы аэропалинологического мониторинга и обеспечение населения актуальными данными о пыльцевой обстановке. При разработке системы информирования необходимо учитывать методические рекомендации Федеральной службы РФ по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в области профилактики сезонных аллергических заболеваний. Основой системы выступает плановый аэропалинологический мониторинг, охватывающий ключевые рекреационные территории Алтайского края, а также территории с низким уровнем аллергокомфортности, выделенные по результатам проведенной дифференциации территории. Получаемая в ходе мониторинга информация о концентрации пыльцы основных аллергенных таксонов подлежит интеграции в общедоступные цифровые платформы и представлению на информационных стендах, размещаемых на популярных туристских маршрутах. Существующие цифровые платформы, в частности

сервис «Яндекс.Погода»: «Карта пыльцы», осуществляют прогнозирование пылевой нагрузки на основе данных по 6 аллергенным таксонам. Однако для территории Алтайского края, характеризующейся высоким разнообразием растительности, такой охват является недостаточным. Проведенные стационарные аэропалинологические наблюдения выявили расхождения с данными указанного сервиса: в ряде случаев при отсутствии фиксации пыльцы березы в результатах наземного мониторинга онлайн-платформы продолжали демонстрировать высокий уровень пылевой нагрузки. Полученные результаты обосновывают необходимость проведения регионального аэропалинологического мониторинга, с учетом определенного в ходе данного исследования аэроспектра из 14 аллергенных таксонов, формирующих пылевой фон Алтайского края.

Учитывая высокий рекреационный потенциал Алтайского края и необходимость обеспечения безопасности отдыхающих, включая туристов, не знакомых с местными видами растительности, особое внимание уделяется специализированному информированию на рекреационных территориях. На официальных туристских порталах края, сайтах туристских организаций, а также на информационных стендах в крупных рекреационных объектах размещаются сведения о сезонных рисках для аллергиков, сроках пыления основных растений-аллергенов, перекрестных реакциях и местонахождении ближайших медицинских пунктов. Для оперативного доступа к актуальным данным о текущей аэропалинологической обстановке на информационных стендах используются QR-коды.

В санаторно-курортных учреждениях, особенно расположенных в зонах с низким уровнем аллергокомфортности (степные и лесостепные районы), целесообразно внедрение персонализированных рекомендаций и индивидуальных планов пребывания для отдыхающих с поллинозом. Такие рекомендации включают советы по выбору времени и маршрутов прогулок: предпочтение следует отдавать участкам с сомкнутым древостоем (хвойные породы) в периоды пикового пыления, тогда как пребывание на открытых

степных пространствах в сухую ветреную погоду рекомендуется ограничивать. Для персонала санаториев и туристских организаций проводятся обучающие семинары по вопросам информирования гостей об аллергенных рисках. Дополнительно разрабатываются краткие информационные буклеты для распространения в санаториях, базах отдыха и гостиницах, содержание которых отражает специфику конкретной местности с учетом ее принадлежности к той или иной зоне аллергокомфортности.

Аналитическое направление и обратная связь реализуются через систему ежегодного анкетирования населения и отдыхающих. Официальная медицинская статистика отражает преимущественно случаи обращаемости за медицинской помощью, тогда как значительная часть лиц, страдающих поллинозом, реализует практики самолечения, приобретая безрецептурные антигистаминные препараты в аптечной сети без врачебного наблюдения и, соответственно, без фиксации в медицинских учреждениях в качестве пациентов. Данный феномен формирует проблему так называемой «скрытой заболеваемости», которая не позволяет объективно оценить масштабы распространения поллиноза, эффективность проводимых профилактических и информационных мероприятий, а также пространственную дифференциацию обострений в разрезе выделенных зон аллергокомфортности.

Существующая система статистического учета не позволяет на основе только официальных данных оценить пространственное распределение обострений и сопоставить его с показателями аэропаллинологической нагрузки на территории Алтайского края. Восполнить данный пробел позволяют методы активного выявления, в частности анкетирование населения, которое дает возможность получить репрезентативные данные непосредственно от респондентов, проживающих в различных зонах аллергокомфортности. Анкетирование рекомендуется проводить ежегодно для отслеживания динамики, используя многоканальную стратегию распространения: на базе медицинских организаций (размещение ссылок на онлайн-анкеты в регистратурах поликлиник, на сайтах центральных районных больниц,

распространение QR-кодов на приемах), в аптечных сетях (особенно в периоды сезонного спроса на антигистаминные препараты), а также в рекреационных зонах (размещение QR-кодов на информационных стендах, в гостиницах, санаториях и базах отдыха). Особое внимание при проведении анкетирования следует уделять медицинским организациям и рекреационным объектам, расположенным в зонах низкого уровня аллергокомфортности.

Целями анкетирования выступают: оценка фактической распространенности симптомов поллиноза среди населения в различных зонах аллергокомфортности; верификация выделенных трех волн пыления и соответствующих палиноиндикаторов на основе субъективных ощущений респондентов; выявление частоты и структуры перекрестной пищевой аллергии в привязке к конкретным волнам пыления; оценка уровня информированности населения о рисках и методах профилактики; получение обратной связи для корректировки информационных материалов и управленческих решений. Пример разработанной анкеты представлен в приложении 6.

Приоритетность и конкретное наполнение управленческих мероприятий дифференцируется в зависимости от уровня аллергокомфортности территории: низкого, среднего, высокого. Обобщенный перечень мероприятий в разрезе выделенных уровней аллергокомфортности представлен в приложении 7.

Блок целевых групп аккумулирует всех ключевых участников процесса: местное население, туристов и рекреантов, туристские организации, муниципальные службы, медицинские и оздоровительные учреждения. Через целевые группы реализуется канал обратной связи, по которому поступают сигналы о фактической эффективности принятых мер, что обеспечивает корректировку исходных данных и управленческих решений, формируя адаптивный и практикоориентированный характер модели.

Реализация предложенного комплекса мероприятий, дифференцированного по уровням аллергокомфортности, обеспечит

повышение точности информирования населения о пыльцевой нагрузке на основе данных аэропалинологического мониторинга, снижение аллергенных рисков за счет внедрения принципов аллергобезопасного озеленения и регламентации скашивания газонов, а также улучшение качества медицинской помощи лицам с поллинозом благодаря совершенствованию учета сезонной заболеваемости и планирования лекарственных резервов. Позиционирование территорий с высоким уровнем аллергокомфортности как благоприятных для лиц с сезонной аллергией, создает предпосылки для развития специализированных направлений лечебно-оздоровительного туризма и повышения туристской привлекательности Алтайского края.

Реализация указанных мер позволит привести региональную практику оздоровительного туризма в соответствие с требованиями ГОСТ Р 57854-2017 «Услуги оздоровительного туризма. Общие требования», обеспечив тем самым снижение рисков аллергических реакций у лиц, страдающих поллинозом (Стребкова и др., 2026б). Научно обоснованную основу для реализации предложенных рекомендаций составляют результаты настоящего исследования, поддержанного Российским научным фондом (проект № 24-27-20087 «Аллергокомфортность природной среды и аттрактивность рекреационных территорий юга Западной Сибири как основа развития лечебно-оздоровительного туризма», 2024–2025) и Правительством Алтайского края.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Проанализированы теоретико-методические подходы в области аэропалинологических исследований: установлено, что пыльца растений в аэроспектрах отражает структуру растительного покрова, его изменения под воздействием антропогенных факторов и служит значимым индикатором качества среды обитания человека. Обобщение зарубежного и отечественного опыта показало, что существующая практика аэропалинологических исследований, ориентирована преимущественно на прогноз сроков, интенсивность пыления, не позволяет в полной мере оценить изменения пространственно-временной динамики пыльцевых спектров, поскольку не учитывает совокупное влияние природных предпосылок и антропогенных факторов. Поэтому для объективной характеристики территории по уровню аллергокомфортности необходимо применение комплексного подхода, интегрирующего данные о таксономическом составе аллергенных растений, динамике пыльцевых спектров, метеорологических условий и антропогенной трансформации территории. Такой подход позволяет перейти от фрагментарной регистрации пыльцевых спектров к системной оценке среды обитания.

2. Пространственно-временная динамика пыльцевого спектра проанализирована на основе многолетних данных стационарного аэропалинологического мониторинга в г. Барнауле, а также палинологических исследований седиментационным методом с использованием 57 ловушек Таубера, установленных на 19 модельных участках, охватывающих все физико-географические районы и провинции Алтайского края:

– впервые для г. Барнаула проанализированы особенности пыления 14 аллергенных таксонов (*Salix* spp., *Betula* spp., *Populus* spp., *Acer* spp., *Ulmus* spp., *Picea* spp., *Pinus* spp., *Tilia* spp., Poaceae, *Rumex* spp., *Plantago* spp.,

Urtica spp., *Artemisia* spp., *Chenopodiaceae*). В фазах весенне-летнего сезона выделены три волны пыления. Палиноиндикаторами первой волны пыления являются *Salix* spp., *Betula* spp., *Populus* spp., *Acer* spp., *Ulmus* spp.; второй волны пыления – *Pinus* spp., *Roaceae*; третьей волны пыления – *Roaceae*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia* spp. В пыльцевом спектре доминируют в древесной группе – *Betula* spp. (62,8%), *Pinus* spp. (18,7%), в травянистой группе – *Roaceae* (35,3 %), *Artemisia* spp. (24,2 %), *Chenopodiaceae* (17,5 %);

– выявлена значительная межгодовая изменчивость количественных параметров пыления. Для большинства таксонов не обнаружено устойчивого тренда сроков начала и завершения основного периода пыления, однако у таксонов травянистой группы зафиксировано статистически значимое увеличение продолжительности ОПП: *Roaceae* (с 21 – 32 дней с 2004 – 2008 гг. до 50 – 73 дней в последние годы), *Plantago* spp. (с 11–26 до 52–72 дней), *Urtica* spp. (14–27 до 46–60 дней). У ряда таксонов отмечен рост максимальных суточных и суммарных сезонных концентраций пыльцы, что указывает на увеличение пылевой нагрузки в весенне-летний сезон: *Betula* spp. максимальные суточные концентрации с 100 – 300 до 3000 – 3700 п.з./м³; концентрации п.з. *Populus* spp. рост пиковых значений с 30 – 260 до 350 – 950 п.з./м³; рост максимальных суточных концентраций п.з. *Acer* spp. с 50 – 200 до 300 – 750 п.з./м³; п.з. *Roaceae* и *Plantago* spp. демонстрируют умеренный положительный тренд с высокими пиками в отдельные годы (2016, 2019).

– анализ рецентных спорово-пыльцевых спектров подтвердил присутствие выделенных аллергенных таксонов на всей территории Алтайского края и выявил четкую связь состава спектров с растительным покровом. Суммарная доля пылевых зерен аллергенных таксонов закономерно возрастает от 15–18 % в засушливых степях до 51–61 % в предгорьях, достигая максимума в травянистой группе в Южноприалейской провинции (55 %), а в древесной – в Предалтайской (61 %). Полученные результаты верифицируют данные стационарного аэропалинологического мониторинга в г. Барнауле.

3. Установлено, что метеорологические показатели выступают одним из ключевых предикторов пространственно-временной дифференциации аллергенной нагрузки на территории Алтайского края в весенне-летний период:

– ведущим фактором является накопление суммы эффективных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$. Средние пороговые значения варьируют от $49,3^{\circ}\text{C}$ для *Salix* spp. до $1108,9^{\circ}\text{C}$ для *Artemisia* spp. при коэффициенте вариации (CV менее 6 %); для *Acer* spp., *Populus* spp., *Betula* spp. вариабельность сумм эффективных температур выше (CV до 12 %) за счёт дополнительного влияния предвесенних условий (глубина промерзания почвы, влагозапас), тогда как для *Рoaceae*, *Artemisia* spp., *Chenopodiaceae* температурный фактор становится практически единственным детерминантом (CV < 2 %);

– корреляционный анализ суточных концентраций пыльцы в пределах ОПП показал, что среднесуточная температура положительно связана со всеми аллергенными таксонами; наиболее тесные связи ($r_s > 0,66$) характерны для *Betula* spp., *Ulmus* spp., *Tilia* spp., *Artemisia* spp.; осадки и относительная влажность воздуха выступают универсальными подавляющими факторами: *Urtica* spp., *Рoaceae*, *Chenopodiaceae* (r_s от $-0,60$ до $-0,63$), высокая относительная влажность – *Artemisia* spp. ($r_s = -0,69$); максимальная скорость ветра статистически значима для *Pinus* spp., *Picea* spp., *Tilia* spp.

4. На основе разработанного интегрального индекса аллергокомфортности (AI) впервые проведено количественное ранжирование физико-географических районов и провинций Алтайского края. Выделено три уровня аллергокомфортности:

– *низкий уровень* (AI < 1,43) – наименее благоприятные условия. Объединяет большинство равнинных физико-географических районов: Шарбактинский (1,29), Кулундинский (1,26), Нижнебурлинский (1,32), Нижнекулундинский (1,20), Бель-Агачский (1,37), Знаменский (1,39), Среднеалейский (1,26), Алейский (1,32), Западнопредалтайский (1,32), Кировский (1,41). Лимитирующий фактор – коэффициент интенсивности пыления (доминирование *Рoaceae* и *Artemisia* spp.).

– *средний уровень* ($AI = 1,43–1,66$) – умеренно благоприятные условия. Характерен для Чумышского (1,52), Верхнеобского (1,55), Приобского (1,58), Восточнопредалтайского (1,59) физико-географических районов и Северо-Западной Алтайской провинции (1,65). Отличается сбалансированным сочетанием коэффициентов.

– *высокий уровень* ($AI > 1,66$) – наиболее благоприятные условия. Включает Красногорский район (1,67) и горные провинции Алтае-Саянской области: Североалтайскую (1,67), Северо-Восточную Алтайскую (1,68), Предсалаирскую (1,73) и Салаирскую (1,90). Формируется за счёт преобладания слаботрансформированных ландшафтов, древесной растительности (*Pinus spp.* с умеренной нагрузкой) и более поздних сроков пыления.

Для практической реализации результатов предложена модель оптимизации управленческих мероприятий по снижению аэроаллергенной нагрузки. В рамках данной модели блок управленческих механизмов предполагает:

– *организационное направление*: сезонное планирование лекарственных резервов (антигистаминные II поколения), маркировку обращений по поллинозу в медицинских информационных системах, внедрение аллергобезопасного озеленения (замена аллергенных видов на энтомофильные и хвойные породы) и регламентацию скашивания газонов в период второй-третьей волн пыления;

– *информационное направление*: создание регионального аэропалинологического мониторинга (не менее 14 таксонов), интеграцию данных в цифровые платформы, размещение QR-кодов и буклетов на рекреационных объектах, персонализированные рекомендации для отдыхающих;

– *аналитическое направление и обратную связь*: ежегодное анкетирование населения и туристов для оценки «скрытой заболеваемости» и верификации зон комфортности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Алтайского края (без Горно-Алтайской автономной области). – Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1971. – 155 с.
2. Александрова В.Д., Гуричева Н.П., Иванина Л.И. Растительный покров и природные кормовые угодья Алтайского края // Природное районирование Алтайского края. – М., 1958. С. 135–202.
3. Александрюк, Ю. А. Основные тенденции ландшафтной архитектуры в Волгоградской области / Ю. А. Александрюк, Р. В. Шиманский. – Текст : непосредственный. // Природные системы и ресурсы = Natural Systems and Resources. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 29–35.
4. Антонов С.А., Скрипчинский А.В. Использование данных дистанционного зондирования для многолетнего мониторинга за состоянием агроландшафтов // Наука. Инновации. Технологии. 2018. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-dlya-mnogoletnego-monitoringa-za-sostoyaniem-agrolandshaftov> (дата обращения: 18.02.2026).
5. Аралова В. С., Алване К. Х., Лущик М. В. [и др.]. Сравнительная характеристика проявлений аллергических заболеваний среди школьников и студентов // European journal of natural history, 2023. № 1. – С. 40–44.
6. Архив погоды [Электронный ресурс] // RP5. – Режим доступа: <https://rp5.ru> (дата обращения: 18.02.2026).
7. Астафьева Н.Г., Горячкина Л.А. Поллиноз – пыльцевая аллергия // Аллергология. -1998. - № 2. – С. 34–40.
8. Атлас пыльцевых зерен (Pollen atlas) / И. В. Карпович, Е. С. Дребезгина, Е. Н. Еловикова [и др.]. – Екатеринбург : Уральский рабочий, 2015. – 318 с. – ISBN 978-5-85383-605-1.

9. Бабошкина С. В., Пузанов А. В. Химический состав почв и растений различных по антропогенной нагрузке территорий г. Барнаула // МНКО. 2008. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-pochv-i-rasteniy-razlichnyh-po-antropogennoy-nagruzke-territoriy-g-barnaula> (дата обращения: 13.01.2026).
10. Барнаул : научно-справочный атлас / [авт. коллектив: В. Б. Бородаев и др. ; Алтайский государственный университет и др. ; редкол.: И. П. Перемазов и др.]. – [2-е изд.]. – Новосибирск : ПО Инжгеодезия, 2007. – 112 с.
11. Барычева Л.Ю., Душина Л.В., Масальский С.С. Оценка эффективности подкожной иммунотерапии пыльцевыми аллергенами сорных трав. Аллергология и иммунология в педиатрии. 2022. № 1. – С. 16–26. <https://doi.org/10.53529/2500-1175-2022-1-16-26>
12. Барышникова О.Н., Неприятель Р.С. Временная структура сезонов годового цикла приокеанических районов Севера России // Известия АлтГУ. 2011. № 3. – С. 95–99.
13. Барышникова О.Н., Окишева Л.Н., Неприятель Р.С., Зяблицкая А.Г. Многолетние изменения структуры климатических сезонов годового цикла по данным метеостанций Северной Евразии // Известия АлтГУ. 2014. №3 (83). С. 139–144.
14. Бережанский П.В., Татаурщикова Н.С., Мельникова И.М. и др. Распространенность аллергического ринита среди детей, проживающих в Центральном федеральном округе (метаанализ)// Эффективная фармакотерапия. 2022. № 18 (48). С. 8–17. DOI: 10.33978/2307-3586-2022-18-48-8-17.
15. Боголюбов, А.С. Методы геоботанических исследований. М.: Экосистема, 1996. – 21 с.
16. Бортников В.Ю., Букатый В.И. Исследование элементного состава атмосферного аэрозоля г. Барнаула в летний период 2007 г // Известия АлтГУ. 2008. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-elementnogo->

sostava-atmosfernogo-aerozolya-g-barnaula-v-letniy-period-2007-g (дата обращения: 16.02.2026).

17. Бочкова, И.Ю., Хохлачева Ю. А. Исследование почвопокровных растений в целях их использования на объектах ландшафтной архитектуры // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-pochvopokrovnyh-rasteniy-v-tselyah-ih-ispolzovaniya-na-obektah-landshaftnoy-arhitektury> (дата обращения: 18.02.2026).

18. Букатый В.И., Самойлов А.С., Суторихин И.А. Микрофизические характеристики городского приземного аэрозоля // Ползуновский вестник. 2004. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrofizicheskie-harakteristiki-gorodskogo-prizemnogo-aerozolya> (дата обращения: 16.02.2026).

19. Бурлакова Л.М., Пудовкина Т.А. Почвы. Земельные ресурсы // Энциклопедия Алтайского края: В 2 т. - Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1995. – Т. 1. – С. 53–57.

20. Винокуров Ю.И., Краснаярова Б.А., Харламова Н.Ф., Плуталова Н.Г., Шарабарина С.Н. Районирование территории Алтайского края по степени проявления климатических рисков // Вестн. ЗабГУ. 2024. № 2. С. 8–20. EDN: DPHGJS. <https://doi.org/10.2109/2227-9245-2024-30-2-8-20>

21. Винокуров, Ю.И. Ландшафтная индикация в эколого-географических исследованиях / Ю.В. Винокуров, Ю.М. Цимбалей ; Рос.акад. наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т водных и экологических проблем. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2016. – 258 с. – ISBN 978-5-906284-96-9

22. Галахов, Н.Н. Изучение структуры климатических сезонов года. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 183 с.

23. Головки В.В. Исследование пылевой компоненты атмосферного аэрозоля юга Западной Сибири // Автореф. дис.канд. биол. наук. Новосибирск, 2001. – 16 с.

24. Головки В.В. Экологические аспекты аэропалинологии: Аналитический обзор. Вып. 73. - Серия «Экология» - Новосибирск, 2004. – 105 с.
25. Голоднова Д. А., Благовещенская Н. В., Маркевич М. П. Аэропалинологические исследования аллергенных растений в целях прогнозирования и профилактики поллинозов в г. Ульяновск // Ульяновский медико-биологический журнал. 2021. № 1. С. 143–156. DOI: 10.34014/2227-1848-2021-1-143-156
26. ГОСТ Р 57854-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Услуги оздоровительного туризма. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200157398> (дата обращения: 18.02.2026).
27. Гричук В.П., Заклинская Е.Д Анализ ископаемых и пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. – М.: ОГИЗ, География, 1948. 223 с.
28. Дзюба О.Ф. Атлас пыльцевых зерен. – М., 2005. – 68 с.
29. Дзюба О.Ф., Кочубей О.В., Леунова В.М., Мещеряков М. А. Морфологические особенности пыльцевых зерен вида *Chenopodium album* L. в связи с оценкой качества окружающей среды. // Проблемы современной палинологии: матер. XIII Рос. палинологической конференции. Т. 2. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. – С. 248–253.
30. Дзюба, О.Ф. Палиноморфология как звено в цепи экологического мониторинга // Экология нормативно-методические и правовые основы создания постоянно действующих служб нефтегазового экологического мониторинга и принципы ее финансового обеспечения. СПб: ВНИГРИ, 1999а. – С 57–79.
31. Дзюба, О.Ф. Растения Санкт-Петербурга, вызывающие пыльцевую аллергию (поллинозы) // Жизнь и безопасность. 1999б. № 3–4. – С. 614–619.
32. Дзюба, О.Ф. Тератоморфные пыльцевые зерна в современных и палеопалинологических спектрах и некоторые проблемы палиностратиграфии

// Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teratomorfnye-pyltsevye-zerna-v-sovremennyh-i-paleopalinologicheskikh-spektrah-i-nekotorye-problemy-palinostratigrafii> (дата обращения: 22.03.2026).

33. Дикарева Т.В., Румянцев В.Ю. Картографический анализ распространения растений-аллергенов в России. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015;(6):34-40.

34. Дикарева, Т. В., Румянцев В. Ю., Солдатов М. С., Малхазова С. М. Закономерности распространения аллергенных растений в равнинных биомех России // Аридные экосистемы. 2023. №3 (96). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zakonomernosti-rasprostraneniya-allergennyh-rasteniy-v-ravninnyh-biomah-rossii> (дата обращения: 17.03.2026).

35. Егорова, А.В. Барьерный фактор в развитии природной среды гор. Барнаул: Алтайский гос. ун-т, 2003. 342 с.

36. Елисютина О.Г., Смольников Е.В., Литовкина А.О., Чернушевич Д.Д., Феденко Е.С. «Роль сенсibilизации к аллергенам пыльцы березы в развитии обострений атопического дерматита у пациентов, проживающих в Москве и Московской области» // Медицинская иммунология, 2025. Т. 27, № 1. С. 225–232. doi: 10.15789/1563-0625-TRO-16801.

37. Елькина Н. А. Календарь пыления аллергенных растений г. Петрозаводска // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. Общая биология № 8 (177). Петрозаводск, 2018. С. 78 –82. DOI: 10.15393/исБ^аИ.2018.255.

38. Емелина С.В., Набокова Е.В., Рубинштейн К.Г. Сравнение фенологических моделей определения начала пыления березы для численного прогнозирования переноса аллергенов // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. Вып. 3(373). С. 151–160.

39. Закон Алтайского края от 06.09.2021 № 86-ЗС «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Алтайского края до 2035 года» // Официальный интернет-портал правовой информации. 08.09.2021.

URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2200202109080001> (дата обращения: 19.03.2026).

40. Золотов, Д.В. Конспект флоры бассейна реки Барнаулки. Новосибирск: Наука, 2009. 186 с.

41. Ильина И.С. Растительный покров Западно-Сибирской равнины / И.С. Ильина, Б.П. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др. – Новосибирск: Наука, 1985. – 251 с.

42. Ильина Н.И., Богова А.В., Лусс Л.В. Тенденции в изучении эпидемиологии аллергических заболеваний в России за последние 10 лет // Российский аллергологический журнал. 2008. № 6. С. 3–14.

43. Ильина, Н. И. Окружающая среда и аллергия / Н. И. Ильина, Л. В. Лусс, Е. В. Назарова // Медицинский оппонент. – 2019. – № 2(6). – С. 12–17. – EDN GFUCSA.

44. Ильина, Н.И. Аллергия в России сегодня: проблемы и решения // Российский аллергологический журнал. 2022. Т. 19. № 3. С. 285–288. doi: 10.36691/RJA1566.

45. Как работает инструмент Кригинг // ArcGIS Desktop: документация. Версия ArcMap 10.8. / Esri, 2021. URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm> (дата обращения: 12.12.2025).

46. Карасева, В.С. Анализ динамики пыления раннецветущих сережкоцветных на примере *Alnus* и *Corylus* в Г. Рязани / В. С. Карасева, Ю. М. Селезнева // Актуальные проблемы современной палинологии : Материалы XV Всероссийской палинологической конференции, посвященной памяти доктора геолого-минералогических наук В.С. Волковой и доктора геолого-минералогических наук М.В. Ошурковой , Москва, 01–03 июня 2022 года / Отв. редактор Н.С. Болиховская. Редактор-составитель Д.А. Мамонтов. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство ГЕОС», 2022. – С. 156-159. – DOI 10.54896/9785891188532_2022_32. – EDN BTKGDI.

47. Кельчевская, Л.С. Методы обработки наблюдений в агроклиматологии. Методическое пособие / Л.С. Кельчевская. – Л.: Гидрометеониз-дат, 1971. – 216 с.

48. Кистерный Г.А., Паничева Д.М. Жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной из насаждений, подверженных хроническому воздействию щелочных и фтористых промвыбросов // Лесной вестник. 2012. №1 С 145-147. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznesposobnost-pyltsy-sosny-obyknovennoy-iz-nasazhdeniy-podverzhennyh-hronicheskomu-vozdeystviyu-schelochnyh-i-ftoraistykh> (дата обращения: 16.02.2026).

49. Климатические параметры России [Электронный ресурс] // ВИК.РФ. – Режим доступа: <https://vik.by/instruments/climatology/russia/city> (дата обращения: 18.02.2026).

50. Клименко Я.В., Мороз А.Н., Павлюченко И.И. Актуальность аэропалинологического мониторинга воздушной среды г. Краснодара // Здоровье нации в XXI веке. 2021. № 2. С. 53–59. doi:10.24412/cl-36019-2021-53-59

51. Клименко Я.В., Столярова А.П., Павлюченко И.И., Баутина А.Д., Романов Е.Ю. Динамический аэропалинологический мониторинг семейства Роасеае в Краснодаре // Врач. 2025. Т. 36, № 2. С. 67–70. <https://doi.org/10.29296/25877305-2025-02-15>.

52. Клинг И. В., Зимина Ю. А., Профессиональные и экологические аспекты развития пыльцевой аллергии у обучающихся естественно-научных направлений подготовки // «Живые и биокосные системы». – 2023. – № 44; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-44/article-10>; DOI: 10.18522/2308-9709-2023-44-10.

53. Коба В.П., Макаров Н.А. Фенология пыления *Juniperus excelsa* M. Bieb. в условиях Горного Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2024. № 1(153). С. 7–12.

54. Кобзарь В.Н. Моделирование процесса загрязнения пыльцы // Медицина Кыргызстана. 2015. №4 С. 39–41. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-protssessa-zagryazneniya-pyltsy>
(дата обращения: 17.02.2026).

55. Кобзарь В.Н. Морфологические изменения аллергенной пыльцы как биоиндикатор // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10, № 9. С. 23–43. doi:10.33619/2414-2948/106/03.

56. Кобзарь, В.Н. Аллергенная пыльца как индикатор изменения климата // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4, № 11. С. 23–30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/allergennaya-pyltsa-kak-indikator-izmeneniya-klimata> (дата обращения: 17.02.2026).

57. Корсакова С.П., Корсаков П.Б., Багрикова Н.А. Климатогенные изменения и прогноз сроков пыления *Juniperus deltoides* (Cupressaceae) // Наука Юга России. 2020. Т. 16, № 3. С. 40–52. <https://doi.org/10.7868/S25000640200305>.

58. Кулыгин, А.А. Влияние температурных условий на ход цветения древесных и кустарниковых пород // Лесной журнал. 1986. № 5. С. 107–108.

59. Куминова А.В. Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири. Новосибирск: СО АН СССР, 1963. 360 с.

60. Куминова А.В., Вагина Т.В., Лапишна Е.И. Геоботаническое районирование юго-востока Западно-Сибирской низменности. – В кн.: Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири (Новосибирская область и Алтайский край)/Отв. ред. А.В. Куминова. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963. – С. 35–62.

61. Куминова, А.В. Растительный покров Алтая. Новосибирск, 1960. 450 с.

62. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Lamiaceae–Zygophyllaceae. Л.: Наука, 1978. 183 с.

63. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 172 с. https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_941bf7ad40b161c9c1fc983349bcbbfa/

64. Курятникова, Н. А. Пыльца полыни (*Artemisia* sp.) в твердых атмосферных осадках Алтайского края и районы ее поступления / Н. А. Курятникова, Н. С. Малыгина, Д. В. Золотов. – Текст : электронный // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2022. – Т. 32, № 1. – С. 21–30. – URL: cyberleninka.ru (дата обращения: 30.03.2026).
65. Ландшафтная карта Алтайского края. М 1:1 500 000 / под ред. Ю. И. Винокурова, Ю.М. Цимбалея. Барнаул: Изд-во ИЭВП СО РАН, 2016.
66. Лапшина Е.И. Березовые леса лесостепи юго-востока Западной Сибири. – В кн.: Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири (Новосибирская область и Алтайский край) Отв. ред. А.В. Куминова. Новосибирск: Изд во СО АН СССР, 1963. – С. 103–130.
67. Лапшина Е.И. Подтаежные и лесостепные сосновые леса и производные сообщества на их месте // Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. – С. 120–125.
68. Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. Степная растительность // Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. – С. 161–177.
69. Лебедев Г. С., Юхновская Ю. Д., Гостеева Е. А. Международный опыт применения систем пыльцевого мониторинга / Г. С. Лебедев, Ю. Д. Юхновская, Е. А. Гостеева [и др.] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2025. – № 5 (86). – С. 99–103.
70. Литвинова О.С., Гуляева Н.В. Структура фаз летнего сезона на юго-востоке Западной Сибири // Геогр. вестн. 2016. № 4 (39). С. 57–69. EDN: XUXLOD. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-4-57-69>.
71. Литвинова, О.С. Климатическая структура зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири // Электр. науч.-метод. журн. Омского ГАУ. 2017. № 4 (11). URL: <http://ejournal.omgau.ru/images/issues/2017/4/00474.pdf>. (дата обращения: 14.06.2025). EDN: YLBJXS.
72. Лозовская С.А., Изергина Е.В., Латышева Л.А., Григорьева Н.В. Влияние природных и экологических факторов на формирование заболеваний

поллинозами детей дошкольного возраста в районах Приморского края // Успехи современного естествознания. 2025. №8. С. 28–33. DOI: 10.17513/use.38418.

73. Лукманова, Ф. Ф. Пыльца как причина аллергических заболеваний / Ф.Ф. Лукманова // Растительные ресурсы. – 1967. – № 2. – С. 225.

74. Лусс Л.В. Аллергия – болезнь цивилизации: эпидемиология, факторы риска, этиология, классификация, механизмы развития // Аллергия. – 2002. – Т. 2., № 2 – С. 21 – 40.

75. Мазей, Н. Г. Применение пропионового ангидрида при подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа / Н. Г. Мазей, Е. Ю. Новенко // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021. Т. 6, № 3. – С. 110-112. – DOI 10.24189/ncr.2021.036. – EDN LBNPWV.

76. Макаров В.З., Гусев В.А., Шлапак П.А., Решетарова Д.А. Выбор оптимального метода распознавания сельскохозяйственных культур по космоснимкам высокого разрешения (на примере Саратовского Заволжья) // Изв. Сарат. ун-та Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 3. С. 162-170. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-3-162-170>.

77. Максимова Н. Б., Люцигер А. О., Арнаут Д. В., Морковкин Г. Г. Состояние и динамика агроклиматических показателей Алтайского края: монография. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. 84 с.

78. Максимова Н.Б., Морковкин Г.Г., Ненашева Г.И. Динамика сроков наступления вегетационного периода по природно-почвенным зонам Алтайского края за 1955–2020 годы // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2023. № 4 (220). С. 110–117. EDN: AHISQK. <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2023-4-110-117>.

79. Малолетко А.М. Структура Алтайской горной системы и номинация её частей // География и природопользование Сибири. – Вып. 3. – Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 1999. – С. 23-45.

80. Малышева М. В., Ненашева Н. М. Обзор новых препаратов для лечения аллергических болезней с позиции персонализированной терапии //

Астма и аллергия. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-novyh-preparatov-dlya-lecheniya-allergicheskikh-bolezney-s-pozitsii-personalizirovannoy-terapii> (дата обращения: 18.03.2026).

81. Манжос М. В. Власова Н. В., Мазоха К. С., Кавеленова Л. М., Хабибулина Л. Р. Аэропалинологический мониторинг как условие оценки экологического риска развития аллергических заболеваний у населения // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Сб. тр. XVII Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Киров, 26–27 апреля 2022 года). Кн. 1. Киров: Вятский гос. ун-т, 2022. С. 306–310. EDN AOWRLA.

82. Мигачёва, Н.Б. Пыльцевая аллергия и пыльцевая сенсibilизация: новый взгляд на старую проблему //Аллергология и иммунология в педиатрии. 2022. № 1. С. 4–15. <https://doi.org/10.53529/2500-1175-2022-1-4-15>.

83. Минаева Н.В., Новоселова Л.В., Плахина К.В., Ширяева Д.М. Пыльцевая сенсibilизация и аэропалинологический мониторинг в определении значимых аллергенов при раннем весеннем поллинозе // Российский Аллергологический Журнал. 2015. Т. 12, № 2. С. 19–24. doi: 10.36691/RJA442.

84. Мухаметова С.В. Метеорологические условия теплого периода на территории Ботанического сада-института ПГТУ // Hortus bot. 2022. Т. 17, 2022, стр. 262 – 273. DOI: 10.15393/j4.art.2022.8146.

85. Назарова Е.В. Изменение климата и его воздействие на развитие аллергических заболеваний // Российский Аллергологический Журнал. 2020. Т. 17. № 4. С. 7–18. DOI: <https://doi.org/10.36691/RJA1386>.

86. Назарова Е.В., Хаитов М.Р. Особенности структуры аллергических заболеваний и спектра сенсibilизации в Российской Федерации с учетом климатогеографических особенностей регионов // Российский Аллергологический Журнал. – 2024. – Т. 21. – №4. – С. 440–450. doi: 10.36691/RJA16967.

87. 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: электронный научный журнал. 2024. № 4(80). Номер статьи: 8009. URL: <https://eee-region.ru/article/8009>.

88. Ненашева, Г. И. Аллергенные растения Алтайского края и г. Барнаула : монография / Г. И. Ненашева, П. А. Косачев, Ю. В. Козырева ; Алтайский государственный университет. – Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2024. – 49 с.

89. Ненашева, Г. И. Прикладные аспекты аэропалинологических исследований на примере Алтайского края / Г. И. Ненашева, Н. В. Репин, К. Н. Репина // Известия Алтайского государственного университета. 2011. – № 3-1(71). – С. 84-87. – EDN OFAQVD.

90. Ненашева, Г.И. Аэропалинологический мониторинг аллергенных растений Барнаула: монография / Ин-т водн. и экол. Проблем СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 132 с.

91. Ненашева, Г.И. Процесс пыления растений и его взаимосвязь с метеорологическими показателями окружающей среды (на примере г. Барнаула) // Палинология: стратиграфия и геоэкология: Сб. науч. тр. XII Всерос. палинологической конф. СПб.: ВНИГРИ, 2008. – С. 163–166.

92. Ненашева, Н.М., Шартанова Н.В., Овчинников А.Ю., Осипова Г.Л., Жестков А.В., Павлова Н.В. Сезонный аллергический ринит и его контроль антигистаминными препаратами в условиях амбулаторной практики. Российский Аллергологический Журнал. 2020;17(2):44-52. DOI: <https://doi.org/10.36691/RJA1370>.

93. Нестерова А.В., Потатуркина-Нестерова Н.И., Нестеров А.С. Современное состояние проблемы аллергического ринита у детей. Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. – С. 226–35.

94. Носова М. Б. Северова Е. Э., Волкова О. А. Многолетние исследования современных палинологических спектров в средней полосе европейской части России // Бюллетень Бюл. МОИП. Отдел Биологический.

2015. №Т. 120, вып. 6. – С. 42-50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoletnie-issledovaniya-sovremennyh-palinologicheskikh-spektrov-v-sredney-polose-evropeyskoy-chasti-rossii> (дата обращения: 22.02.2026).

95. Носова, М. Б. Воздействие экстремально высоких летних температур на скорость аккумуляции пыльцы в средней полосе европейской России / М. Б. Носова, Е. Э. Северова, О. А. Волкова // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2013. – Т. 118, № 4. – С. 55–63.

96. Носова, М. Б. Современные спорово-пыльцевые спектры зоны широколиственных лесов и лесостепного экотона // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2019. Вып № 3. С. 94-108. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sporovo-pyltsevyie-spektry-zony-shirokolistvennyh-lesov-i-lesostepnogo-ekotona> (дата обращения: 22.02.2026).

97. Носова, М.Б. Исследования современных пыльцевых спектров: инструменты, подходы, современные направления / М.Б. Носова // Ботанический журнал. – 2020. – Т. 105, № 12. – С. 1147-1168. – DOI 10.31857/S0006813620120145. – EDN CUQHGY.

98. Огуреева Г.Н. Ботаническая география Алтая. – М.: Наука, 1980. – 192 с.

99. Определитель растений Алтайского края / М. Н. Ломоносова, Д. Н. Шауло, М. Г. Куцев [и др.] ; ответственный редактор: И. М. Красноборов; Российская академия наук, Сибирское отделение, Центральный сибирский ботанический сад. – Новосибирск : Издательство Сибирского отделения РАН, 2003. – 635 с. – ISBN 5-7692-0477-X. – EDN QKMSDF.

100. Павлова Г.Г. Сосновые леса в степной и лесостепной зонах Приобья. – В кн.: Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири (Новосибирская область и Алтайский край)/Отв. ред. А.В. Куминова. – Новосибирск: Изд во СО АН СССР, 1963. – С. 131-162.

101. Павлюченко И.И., Клименко Я.В., Федотова Н.В. и др. Аэропалинологический мониторинг состояния окружающей среды в отдельно взятом регионе как фактор профилактики поллиноза // Инновационная медицина Кубани. 2023. (№ 3):6. С. 2– 70. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-62-70>.
102. Папина Т. С., Малыгина Н. С., Бляхарчук Т. А., Ненашева Г. И., Рябчинская Н. А., Эйрих А. Н. Изотопный состав и палиноспектры атмосферных осадков и краевых частей ледника Корумду (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) // Лёд и Снег. 2015. Т. 55, № (1). С. 40-48. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2015-1-40-48>.
103. Передельская М.Ю., Ненашева Н.М., Кижаяев Ю.Е. Глобальное потепление и аллергия в рамках врачебного диспута // Астма и аллергия. 2022. № 1. С. 3-8. DOI: 10.24412/2308-3190-2022-12695.
104. Передкова Е.В. Пыльцевая аллергия // Астма и аллергия. 2013. № 1. С. 3-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pyltsevaya-allergiya> (дата обращения: 11.02.2026).
105. Пирогова М. Е., Беляева С. Н., Савченко В. М., Говорун М. И. Аэропалинологическая характеристика климатического курорта Ялта в 2011-2013 годах // Вестник физиотерапии и курортологии. 2018. № 2. С. 10-18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aeropalinologicheskaya-harakteristika-klimaticheskogo-kurorta-yalta-v-2011-2013-godah> (дата обращения: 27.02.2026).
106. Пирогова М.Е., Беляева С.Н., Савченко В.М. Аэропалинологические риски на климатическом курорте Ялта в 2011-2013 годах // Российский Аллергологический Журнал. 2018. Т. 15, № 5. С. 29-33. doi: 10.36691/RJA123.
107. Посевина Ю.М., Иванов Е.С., Северова Е.Э. Палиноэкологическая оценка качества атмосферного воздуха // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/palinoekologicheskaya-otsenka-kachestva-atmosfernogo-vozduha> (дата обращения: 22.03.2026).

108. Посевина Ю.М., Северова Е.Э. Динамика пыльцевого дождя в Рязани: первые волюметрические данные // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2017. Т. 122, № 4. С. 102–108.
109. Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 № 1640 (ред. от 29.12.2025) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2026) // Консультант Плюс: справочно-правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286834/ (дата обращения: 19.03.2026).
110. Принципы и методы аэропалинологических исследований // Н. Р. Мейер–Меликян, Е. Э. Северова, Г. П. Гапочка, С. В. Полевова, П. И. Токарев, И. Ю. Бовина. – М.: 1999. – 48 с.
111. Пудовкина, Т.А. Почвенный покров / Т.А. Пудовкина. – Барнаул: Энциклопедия. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2000. – С. 44–50.
112. Ревякин, В.С. География Алтайского края / В.С. Ревякин. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1989. – 128с.
113. Ревякин, В.С. Особенности атмосферных процессов в условиях внутриконтинентального орографического барьера юго-западного Алтая / В.С. Ревякин, А.В. Егорина // География и природопользование Сибири. – Вып. 6. – Барнаул, 2003.
114. Ронгинская А.В. Степи юго-востока Западно-Сибирской низменности (Новосибирская область и Алтайский край)/Отв. ред. А.В. Куминова. – Новосибирск: Изд во СО АН СССР, 1963. – С. 77–102.
115. Рутковская, Н.В. Климатическая характеристика сезонов года Томской области. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1979. 116 с.
116. Савина Л.Н., Буренина Т.А. Сохранность пыльцы лиственницы в лесных почвах и отражение состава лиственничных лесов Монголии в рецентных спектрах // Палеоботанические исследования в лесах Северной Азии. – Новосибирск:Наука, 1981. – С. 62–83.

117. Садчикова Т.Л., Белан Э.Б., Желтова А.А., и др. Распространенность аллергического ринита у дошкольников Волгограда //Российский аллергологический журнал. — 2016. — № 3–2 — С. 30–31. [Sadchikova TL, Belan EB, Zheltova AA, et al. The prevalence of the allergic rhinitis in preschool children in Volgograd. Rossiiskii allergologicheskii zhurnal. 2016;(3–2):30–31. (In Russ).]
118. Северова, Е. Э. Таксономический состав аэропалинологического спектра г. Москвы [Текст] / Е. Э. Северова, С. В. Полевова, Н. Р. Мейер-Меликян, И. Ю. Бовина // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2000. – Т.105, вып.1. – С. 44–50.
119. Северова, Е.Э. Анализ особенностей пыления некоторых таксонов аэропалинологического спектра / Е.Э. Северова, О.В. Кувыкина, С.В. Полевова // Материалы I Междунар. семинара «Пыльца как индикатор состояния окружающей среды и палеоэкологические конструкции». СПб. – 2001. – С. 177–181.
120. Седельников В.П. Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1988. – 223 с.
121. Середа, М.М. Оценка аллергенного потенциала древесной урбанофлоры города Ростова-на-Дону / М.М. Середа // Безопасность техногенных и природных систем. – 2024. – Т. 8, № 2. – С. 17-25. – DOI 10.23947/2541-9129-2024-8-2-17-25. – EDN SNXQGS.
122. Силантьева, М. М. Конспект флоры Алтайского края : монография / М. М. Силантьева ; АлтГУ. – [2-е изд., доп. и перераб.]. – Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2013. – 520 с.
123. Силантьева, М.М. Конспект флоры Алтайского края: монография / М.М. Силантьева. - Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. - 392 с.
124. Слабкая, Е. В. Аэропалинологический контроль окружающей среды и результаты пыльцевого мониторинга в Г. Смоленске в 2009-2010 гг / Е. В. Слабкая, Р. Я. Мешкова, С. А. Аксенова // Вестник Смоленской

государственной медицинской академии. – 2012. – Т. 11, № 2. – С. 40-42. – EDN PBSVIB.

125. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. – М.: Наука, 1967. – 270 с.

126. Сляднев А.П., Фельдман Я.И. Важнейшие черты климата Алтайского края // Природное районирование Алтайского края. – М., 1958. Т. 1. С. 9-61.

127. Сляднев, А.П. Очерки климата Алтайского края / А.П. Сляднев. – Барнаул: Алтайское кн. изд-во, 1958. – 139 с.

128. Сляднев, А.П. Тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода сельскохозяйственных культур на юго-востоке Западной Сибири (лесостепь и степь) / А.П. Сляднев, В.А. Сенников // География Западной Сибири. Климатология. – Новосибирск, 1969. – Вып. 42. – С. 21 – 34.

129. Сляднев, Я.И. Фельдман // Природное районирование Алтайского края: Труды особой комплексной экспедиции по землям нового сельскохозяйственного освоения. – Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 9-62.

130. Соколова Г.Г. Антропогенная трансформация растительности степной и лесостепной зон Алтайского края: Монография. – Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 2003. – 155 с.

131. Соколова Г.Г., Сапронова О.Н. Характеристика ленточного соснового бора окрестностей города Барнаула // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – Барнаул: Изд-во АГУ, 1996. – Вып. 2. – С. 164–172.

132. Соколова, Г.Г. Разнообразие лесных экосистем лесостепной и степной зон Алтайского края// Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: Тезисы докладов II Международной конференции (18-19 апреля 2002 г., Баранул). – Барнаул: Изд-во АГУ, 2002а. – С. 124–125.

133. Соколова, Г.Г. Растительность степной и лесостепной зон Алтайского края: Монография. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002б. – 210 с.

134. Справочник по климату СССР: справочное издание. – Вып.20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край. Ч. 2. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 396 с.
135. Справочник по климату СССР: справочное издание. Вып.20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край. Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 332 с.
136. Стребкова А. С. Аллергокомфортность санаторно-курортных зон Алтайского края // Проблемы региональной экологии. – 2026. – № 2. – С. 55–59.
137. Стребкова А. С., Ненашева Г. И., Карманова М. В. Результаты аэропалинологического мониторинга города Барнаула за 2025 год // Успехи современного естествознания. – 2026а. – № 4. – С. 42–49.
138. Стребкова А. С., Карманова М.В., Ненашева Г.И. Характеристика фаз весеннелетнего сезона года на примере территории Алтайского края // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2025б. № 4. С. 103–111. <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2025-4-103-111>.
139. Стребкова А. С., Ненашева Г. И., Антюфеева Т. В. Оценка аллергокомфортности и рекомендации по снижению аэроаллергенной нагрузки на территорию (на примере Алтайского края) [Электронный ресурс] // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2026б. – № 2 (86). – Номер статьи: 8602. – URL: <https://eee-region.ru/article/8602/> (дата обращения 20.07.2026).
140. Стребкова, А. С. Временные характеристики весенне-летнего сезона года в городе Барнауле / А. С. Стребкова, Г. И. Ненашева, Ю. В. Козырева // Географические исследования Сибири и Алтае-Саянского трансграничного региона : сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.г.н., профессора В. С. Ревякина (Барнаул, 26 марта 2025 г.) / Министерство науки и высшего

образования РФ, Алтайский государственный университет. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2025а. – С. 395–400.

141. Суторихин И. А., Самойлов А. С. Динамика приземного аэрозоля Барнаула // Известия АлтГУ. 2004. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-prizemnogo-aerolya-barnaula> (дата обращения: 16.02.2026).

142. Тарасова Л. В., Курбанов Э. А., Воробьёв О. Н., Лежнин С. А. Оценка разнотемных изображений Sentinel-2 для классификации лесного покрова водоохранных зон рек Марийского Заволжья // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2023. №2 (58). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-raznosezonnyh-izobrazheniy-sentinel-2-dlya-klassifikatsii-lesnogo-pokrova-vodoohrannyh-zon-rek-mariyskogo-zavolzhyia> (дата обращения: 18.02.2026).

143. Терехина, Т. А. Антропогенные фитосистемы / Т.А. Терехина. – Барнаул: из-во АлтГУ, 2000. – 250 с.

144. Терехова Е. П., Терехов Д. В., Себекина О. В. Применение препарата Рузам в лечении и профилактике аллергических заболеваний // Практическая аллергология. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-preparata-ruzam-v-lechenii-i-profilaktike-allergicheskikh-zabolevaniy> (дата обращения: 18.03.2026).

145. Терехова Е. П., Ненашева Н. М., Осипова Г. Л., Терехов Д. В. Поллиноз: выбор антигистаминного препарата // Эффективная фармакотерапия. 2019. Т. 15. № 15. С. 34–45. DOI 10.33978/2307-3586-2019-15-15-34-45.

146. Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (дата обращения 19.03.2025 г.).

147. Уханова О. П., Богданова М. А., Желтова И. В., Юдин А. А., Щербинин Ф.А. Аэропаллинологический мониторинг пыльцы сорных трав и

плесневых грибов. РМЖ. Медицинское обозрение. 2020;4(1):48-51. DOI: 10.32364/2587-6821-2020-4-1-48-51.

148. Филандышева Л. Б., Окишева Л. Н. Сезонные ритмы природы Западно-Сибирской равнины. Томск: Пеленг, 2002. 402 с. EDN: SYPZST.

149. Филандышева Л. Б., Ромашова Т. В., Юркова К. Д. Многолетние изменения временных характеристик сезонов года в подтайге Западно-Сибирской равнины // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Томск, 16–19 октября 2017 г.). Томск: Нац. исслед. Томский гос. ун-т, 2017. Т. 1. С. 472–475.

150. Филандышева, Л. Б. Временные характеристики и структура вегетационной части цикла жизнедеятельности растений / Л.Б.Филандышева. – М.: Мир, 1989 - 239 с.

151. Флора Салаирского кряжа / Отв. редактор Н.Н. Лашинский ; Центральный сибирский ботанический сад СО РАН. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. - 252 с., [8] с. цв. ил. - ISBN 978-5-9747-0093-4.

152. Фомина Т. И. Оценка ассортимента почвопокровных многолетников по хозяйственно ценным признакам на юге Западной Сибири // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2024. № 4 (52). С. 38–50. URL: http://vestospu.ru/archive/2024/articles/52/3_52_2024.pdf. DOI: 10.32516/2303-9922.2024.52.3.

153. Харламова, Н. Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула: монография / Н. Ф. Харламова; АлтГУ. - Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2013. - 132 с. <http://elibrary.asu.ru/handle/asu/153>.

154. Харламова, Н.Ф. Долговременные климатические изменения на внутриконтинентальной территории России (Алтайский регион) // Известия Алтайского университета. – 2010. – №3/1(67).

155. Харламова, Н.Ф. Климат / Н.Ф. Харламова // Энциклопедия Алтайского края: в 2 т. – Т. 1. – Барнаул: Алтайское книжное издательство, 1995. – С. 32–38.
156. Харламова, Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула / Н.Ф. Харламова, В.С. Ревякин, Б.А. Леконцев. – Барнаул: Изд. АлтГУ, 2005 – 144 с.
157. 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.
158. Шаврыгин П. И. Почвы зоны лесостепи // Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 66–75.
159. Шаймухаметова, Л. Х. Качественный и количественный состав пыльцы в атмосфере г. Уфа (2011-2012 гг.) [Текст] / Л. Х. Шаймухаметова, Э. И. Гандалипова // Экологический сборник : труды молодых ученых Поволжья : [доклады молодежной научной конференции «Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна», Тольятти, 11-12 марта 2015 г.]. Вып. 5 / РАН, Ин-т экологии Волж. бассейна [и др] ; под ред. С. А. Сенатора, О. В. Мухортовой, С. В. Саксонова. – Тольятти : ИЭВБ РАН : Кассандра, 2015. – С. 396–399.
160. Шамгунова Б. А., Заклякова Л. В., Аэропалинологические аспекты поллинозов // Астраханский медицинский журнал. 2010. №1. С 27-35 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aeropalinologicheskie-aspekty-pollinozov> (дата обращения: 14.01.2026).
161. Шахова Н. В., Камалтынова Е. М., Лобанов Ю. Ф., Ардатова Т. С. Аллергический ринит у детей дошкольного возраста, проживающих в городских условиях Алтайского края: популяционное одномоментное исследование. Вопросы современной педиатрии. 2018. № 17 (3). С. 228–235. doi: 10.15690/vsp.v17i3.1893)

162. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учеб. пособие / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2020. 191с. [Электронное издание]. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchuk-perminova-tematicheskoe-deshifrovanie-i-interpretaciya-kosmicheskikh-snimkov.pdf>. (дата обращения: 31.01.2022).

163. Энциклопедия Алтайского края / под ред. В.А. Скубневского. – Барнаул: Изд-во АГУ, 2000. – 408 с.

164. Эрдтман, Г. Морфология пыльцы и систематика растений. М.: ИЛ, 1956. 486 с.

165. Ямских, Г. Ю. Аэропалинологические исследования в Г. Красноярске, как средство борьбы с поллинозами / Г. Ю. Ямских, Н. В. Лебедева, Л. С. Копендакова // Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки : Материалы 7 молодёжной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Санкт-Петербург, 18–19 марта 2015 года. – Санкт-Петербург: CreateSpace, 2015. – С. 32–35.

166. Ямских, Г. Ю. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры - основа реконструкций палинологических данных (на примере территории Красноярской котловины и ее горного обрамления) / Г. Ю. Ямских, Д. Е. Макачук // Эволюция жизни на Земле : Материалы V Международного симпозиума, Томск, 12–16 ноября 2018 года / Ответственный редактор В.М. Подобина. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – С. 229-230.

167. Air Pollution and Climate Change Effects on Allergies in the Anthropocene : Abundance, Interaction, and Modification of Allergens and Adjuvants / K. Reinmuth-Selzle, C. J. Kampf, K. Lucas [et al.] // Environmental

Science & Technology. – 2017. – Vol. 51, № 8. – P. 4119–4141. – DOI: 10.1021/acs.est.6b04908.

168. Akyalçın H., Tosunoğlu A. & Bıçakçı A. Analysis of Atmospheric Pollen Grains in Dursunbey (Balıkesir), Turkey. *Trakya Univ J Nat Sci.* – 2018. № 19(2): 137–146, DOI: 10.23902/trkjnat.402912

169. Allergome: A platform for allergen knowledge. – URL: <https://www.allergome.org/index.php> (дата обращения: 10.02.2026).

170. An updated proposal of the Potential Allergenicity of 150 ornamental Trees and shrubs in Mediterranean Cities / P. Cariñanos, F. Marinangeli // *Urban Forestry & Urban Greening.* –2021. – Vol. 63. – 127218. – ISSN 1618-8667. – DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127218

171. Assessing and controlling the spread and the effects of common ragweed in Europe : final report: ENV.B2/ETU/2010/0037 / J. M. Bullock, D. Chapman, S. Schafer [et al.]. – 2011. – 456 p. – URL: europa.eu (дата обращения: 31.01.2026).

172. Bernard-Verdier, M. Grassland allergenicity increases with urbanisation and plant invasions / M. Bernard-Verdier, B. Seitz, S. Buchholz [et al.] // *Ambio.* – 2022. – Vol. 51, iss. 11. – P. 2261–2277. – DOI: 10.1007/s13280-022-01741-z.

173. Bunderson, L. D. Hygroscopic weight gain of pollen grains from *Juniperus* species / L. D. Bunderson, E. Levetin // *International Journal of Biometeorology.* – 2015. – Vol. 59, № 5. – P. 533–540. – DOI: 10.1007/s00484-014-0866-9. – PMID: 25008113.

174. Chico-Fernández, J. Relationship of Meteorological Variables with the Concentration of Various Tree Pollen Types in Madrid (Spain) / J. Chico-Fernández, E. Ayuga-Téllez // *Applied Sciences.* – 2025. – Vol. 15, № 2. – 692. – DOI: 10.3390/app15020692

175. D’Amato G. Climate change, air pollution, pollen allergy and extreme atmospheric events / G. D’Amato, M. D’Amato // *Curr Opin Pediatr.* 2023. Vol. 35, № 3. P. 356–361. DOI: 10.1097/MOP.0000000000001237.

176. Daelemans, R. The impact of ecosystem nitrogen enrichment on pollen allergy: a cross-sectional paired comparison study / R. Daelemans, P. Verscheure, T. Rombouts [et al.] // *The Lancet Planetary Health*. – 2025. – Vol. 9, iss. 4. – P. e294–e303. – DOI: 10.1016/S2542-5196(25)00060-9. – PMID: 40252676.
177. De Weger, L. A. Klimaatverandering en pollenallergie in Nederland [The effect of climate change on pollen allergy in the Netherlands] / L. A. De Weger, P. S. Hiemstra // *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. — 2009. — Vol. 153. — A1410. — PMID: 20025786.
178. Emberlin J, Detandt M, Gehrig R, Jaeger S, Nolard N, Rantio-Lehtimäki A. Responses in the start of Betula (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. *Int J Biometeorol*. 2002 Sep;46(4):159-70. doi: 10.1007/s00484-002-0139-x. Epub 2002 Jul 26. Erratum in: *Int J Biometeorol*. 2003 Mar;47(2):113-5. PMID: 12242471.
179. Erdtman, G. An Introduction to Pollen Analysis / G. Erdtman. – Waltham, Mass. : Chronica Botanica Company, 1943. – 239 p. – (A new series of plant science books ; vol. 12).
180. Estimating the allergenic potential of urban green spaces : a case-study in Granada, Spain / P. Cariñanos, M. Casares-Porcel, J.-M. Quesada-Rubio // *Landscape and Urban Planning*. – 2014. – Vol. 123. – P. 134–144. – DOI: 10.1016/j.landurbplan.2013.12.009.
181. Estimation of the Allergenic Potential of Urban Trees and Urban Parks: Towards the Healthy Design of Urban Green Spaces of the Future / P. Cariñanos, F. Grilo, P. Pinho [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Vol. 16, iss. 8. – P. 1357. – DOI: 10.3390/ijerph16081357. – PMID: 30991765.
182. European Pollen Monitoring Programme : project description and guidelines / edited by S. Hicks, B. Ammann, M. Latalowa [et al.]. – Oulu : University of Oulu, 1996. – 28 p.

183. European Pollen Monitoring Programme : supplement to the Guidelines / edited by S. Hicks, H. Tinsley, H. S. Pardoe [et al.]. – Oulu : University of Oulu, 1999. – 43 p.
184. Galán, C.; Garcia-Mozo, H.; Vázquez, L.; Ruiz, L.; De La Guardia, C.D.; Trigo, M.M. Heat Requirement for the Onset of the *Olea europaea* L. Pollen Season in Several Sites in Andalusia and the Effect of the Expected Future Climate Change. *Int. J. Biometeorol.* 2005, 49, 184–188.
185. Garcia-Mozo, H.; Galán, C.; Gomez-Casero, M.T.; Dominguez, E. A Comparative Study of Different Temperature Accumulation Methods for Predicting the Start of the *Quercus* Pollen Season in Córdoba (South West Spain). *Grana* 2000, 39, 194–199.
186. Hrabovský, M. Long-term changes in the allergenic potential of ruderal vegetation in a Central European urban area / M. Hrabovský, J. Ščevková, A. Rendeková [et al.] // *Regional Environmental Change*. – 2025. – Vol. 25. – Art. 35 (11 p.). – DOI: 10.1007/s10113-025-02372-2.
187. Hruska, K. Assessment of urban allergophytes using an allergen index / K. Hruska // *Aerobiologia*. – 2003. – Vol. 19, № 2. – P. 107–111. – DOI: 10.1023/A:1024467026402.
188. Hwang, H. Spatiotemporal prediction of aeropollen concentration using tree-based machine learning / H. Hwang, M. S. Ragettli, M. Eeftens, J. Y. Lee // *Environmental Research*. – 2026. – Vol. 292. – Art. 123657. – DOI 10.1016/j.envres.2025.123657.
189. Influence of spatiotemporal and meteorological variation on Norwegian atmospheric pollen seasonality / C. A. Frisk, T. E. Brobakk, J. Rizzi [et al.] // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2024. – Vol. 353. – 110059. – ISSN 0168-1923. – DOI: 10.1016/j.agrformet.2024.110059.
190. Intensity and Temporality of Airborne *Quercus* Pollen in the Southwest Mediterranean Area : Correlation with Meteorological and Phenoclimatic Variables, Trends and Possible Adaptation to Climate Change / M. Recio, A. Picornell, M. M.

Trigo [et al.] // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2018. – Vol. 250–251. – P. 308–318. – DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.12.082.

191. Kasprzyk, I. The occurrence of Ambrosia pollen in Rzeszów, Kraków and Poznań, Poland: investigation of trends and possible transport of Ambrosia pollen from Ukraine / I. Kasprzyk, D. Myszkowska, Ł. Grewling, [et. al.] // *International Journal of Biometeorology*. – 2011. – V. 55. – P. 633.

192. Knaap W.O., van Leeuwen J.F., Svitavská-Svobodová H., Pidek I.A., Kvavadze E., Chichinadze M., ... et Pardoe H.S. 2010. Annual pollen traps reveal the complexity of climatic control on pollen productivity in Europe and the Caucasus. – *Veget. Hist. Archaeobot.* 19 (4): 285–307.

193. Kremenska, L., Rodinkova, V., Bobrowska, O. et al. Correspondence between tree pollen emissions sources and pollen content of the ambient air. *Aerobiologia* 35, 511–521 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09579-x>.

194. Li, J. D. Characteristics of pollen-related food allergy based on individual pollen allergy profiles in the Chinese population / J. D. Li, Z. R. Du, J. Liu [et. al.] // *World Allergy Organization Journal*. – 2020. – V. 13. – №. 5. – P. doi: 10.1016/j.waojou.2020.100120.

195. Lucas, R. W. A review of pollen counting networks: from the nineteenth century into the twenty-first century / R. W. Lucas, L. Bunderson // *Current Allergy and Asthma Reports*. – 2024. – V. 24. – №. 1. – P. 1–9. doi: 10.1007/s11882-023-01119-5.

196. Mahura, A. Diurnal Cycle of Birch Pollen: Parameterization for Operational Modelling / A. Mahura, A. Rasmussen, A. Baklanov // *The 4th European Symposium on Aerobiology*. – 12-16 August. – 2008. – P. 162.

197. Maruyama N., Components of plant-derived food allergens: Structure, diagnostics, and immunotherapy // *Allergol Int*, Vol 70(3). – P. 291–302. doi: 10.1016/j.alit.2021.05.001.

198. Nielsen A.B., Møller P.F., Giesecke T., Stavngaard B., Fontana S.L., Bradshaw R.H. 2010. The effect of cli- 1166 БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ том 105 № 12 mate conditions on inter-annual flowering variability monitored by pollen

traps below the canopy in Draved Forest, Denmark. – *Veget. Hist. Archaeobot.* 19 (4): 309–323.

199. Nilsson, S. Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden), 1973–1980 / S. Nilsson, S. Persson // *Grana.* – 1981. – Vol. 20, № 3. – P. 179–182. – DOI: 10.1080/00173138109427661.

200. Nosova M.B., Severova O.V., Volkova O.A., Kosenko Ya.V. 2015. Representation of *Picea* pollen in modern and surface samples from Central European Russia. – *Veget. Hist. Archaeobot.* 24 (2): 319–330.

201. Ogren, T.L. Allergy-Free Gardening. The Revolutionary Guide to Healthy Landscaping; Ten Speed Press: Berkeley, CA, USA, 2000, ISBN 1580081665.

202. Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, Kew, 2024. URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата обращения: 19.03.2026).

203. PollenLibrary.com [Electronic resource]. – URL: <https://www.pollenlibrary.com/> (date of the application: 19.06.2025).

204. Port A., Hein J., Wollf A. [et al.]. Aeroallergen prevalence in the northern New Jersey-New York City metropolitan area: a 15-year summary // *Ann. Allergy. Asthma Immunol.* – 2006. – Vol. 96, № 5. – P. 687– 691.

205. Puc, M. Artificial neural network model of the relationship between *Betula* pollen and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 56, 395–401 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0446-1>

206. Ribeiro H., Oliveira M., Abreu I. Intradiurnal variation of allergenic pollen in the city Porto (Portugal) // *Aerobiologia.* – 2008. – Vol. 24, № 3. – P. 173–177.

207. Rieux C., Personnaz M. B., Thribaudon M. Spatial variation of airborne pollen over south- east France: characterization and implications for monitoring networks management // *Aerobiologia.* – 2008. – № 24. – P. 43–52.

208. Ščevková, J., Dušička, J., Hrabovský, M. et al. Trends in pollen season characteristics of *Alnus*, *Poaceae* and *Artemisia* allergenic taxa in Bratislava, central

Europe. *Aerobiologia* 37, 707–717 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09717-4>.

209. Schmidt, C. W. Pollen Overload: Seasonal Allergies in a Changing Climate / C. W. Schmidt // *Environmental Health Perspectives*. – 2016. – Vol. 124, № 4. – P. A70–A75. – DOI: 10.1289/ehp.124-A70. – PMID: 27035881.

210. Severova, E. Sampling height in aerobiological monitoring / E. Severova, O. Volkova // *Proceedings of the 11th International Congress on Aerobiology, Parma, Italy*. –2018. – P. 3.

211. Shokouhi, B. V. Estimation of historical daily airborne pollen concentrations across Switzerland using a spatio temporal random forest model / B. V. Shokouhi, K. de Hoogh, R. Gehrig, M. Eeftens // *Science of The Total Environment*. – 2024. – Vol. 906. – Art. 167286. – DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.167286.

212. Singh A.B., Shahi S. Aeroallergens in clinical practice of allergy in India-ARIA Asia Pacific Workshop report // *Asian. Pac. J. Allergy. Immunol.* – 2008. – Vol. 26, № 4. – P. 245-256.

213. Sofiev M. A dispersion modelling system SILAM and its evaluation against ETEX data / M. Sofiev, P. Siljamo, I. Valkama [et al.] // *Atmospheric Environment*. – 2006. – Vol. 40, № 4. – P. 674-685.

214. Stach A., Garcia-Mozo H., Prieto-Baena J.C. [et al.]. Prevalence of *Artemisia* species pollinosis in western Poland: impact of climate change on aerobiological trends // *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.* – 2007. – Vol 17, № 1. – P.39-47.

215. Stein, A.F., Draxler, R.R, Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., and Ngan, F., (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 96, 2059-2077, <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>.

216. Subiza Garrido-Lestache J. Pólenes alergénicos en España [Allergenic pollens in Spain]. *Allergol Immunopathol (Madr)*. 2004 May-Jun;32(3):121-4. Spanish. doi: 10.1016/s0301-0546(04)79297-6. PMID: 15120027.

217. Thompson C. P, Silvers S., Shapiro M. A. Intralymphatic immunotherapy for mountain cedar pollinosis: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial // *Ann Allergy Asthma Immunol*, 2020. V. 125(3). – 311–318.e2. doi: 10.1016/j.anai.2020.04.030.
218. Yin, J. High-resolution mapping of allergenic pollen risk across China using ensemble machine learning / J. Yin, Y. Zhang, Y. Du [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2026. – Vol. 309. – Art. 119659. – DOI 10.1016/j.ecoenv.2025.119659.
219. Yli-Panula E., Fekendulegn D.B., Green B.J. [et al.]. Analysis of airborne *Betula* pollen in Finland: a 31-year perspective // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2009. – № 6. – P. 1706-1723.
220. Zahradníková, E. Temporal variation of allergenic potential in urban parks during the vegetation period: a case study from Bratislava, Slovakia / E. Zahradníková, A. Rendeková, J. Ščevková // *Environmental Science and Pollution Research International*. – 2024. – Vol. 31, iss. 2. – P. 2026–2041. – DOI: 10.1007/s11356-023-31137-9. – PMID: 38052730.
221. Zhang Y, Bielory L, Mi Z, Cai T, Robock A, Georgopoulos P. Allergenic pollen season variations in the past two decades under changing climate in the United States. *Glob Chang Biol*. 2015 Apr;21(4):1581-9. doi: 10.1111/gcb.12755. Epub 2014 Nov 7. PMID: 25266307; PMCID: PMC4356643.
222. Zhang, Y. Projected climate-driven changes in pollen emission season length and magnitude over the continental United States / Y. Zhang, A. L. Steiner // *Nature Communications*. – 2022. – Vol. 13, no. 1234. – DOI: 10.1038/s41467-022-28764-0.
223. Ziska, L. H. Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis / L. H. Ziska, L. Makra, S. K. Harry [et. al.] // *The Lancet Planetary Health*. – 2019. – V. 3. – №. 3. –P. 124 - 131. doi: 10.1016/S2542-5196(19)30015-4.

ПРИЛОЖЕНИЯ

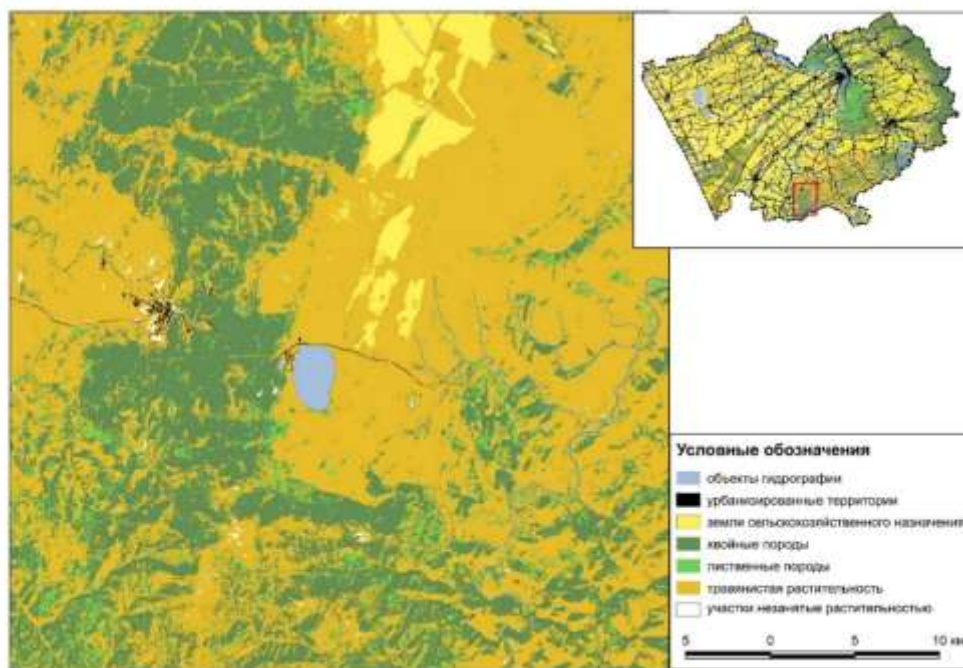


Рисунок – Пространственное распределение основных типов растительности и категорий земель (по данным спутниковой съемки) (Курьинский район, оз. Белое)

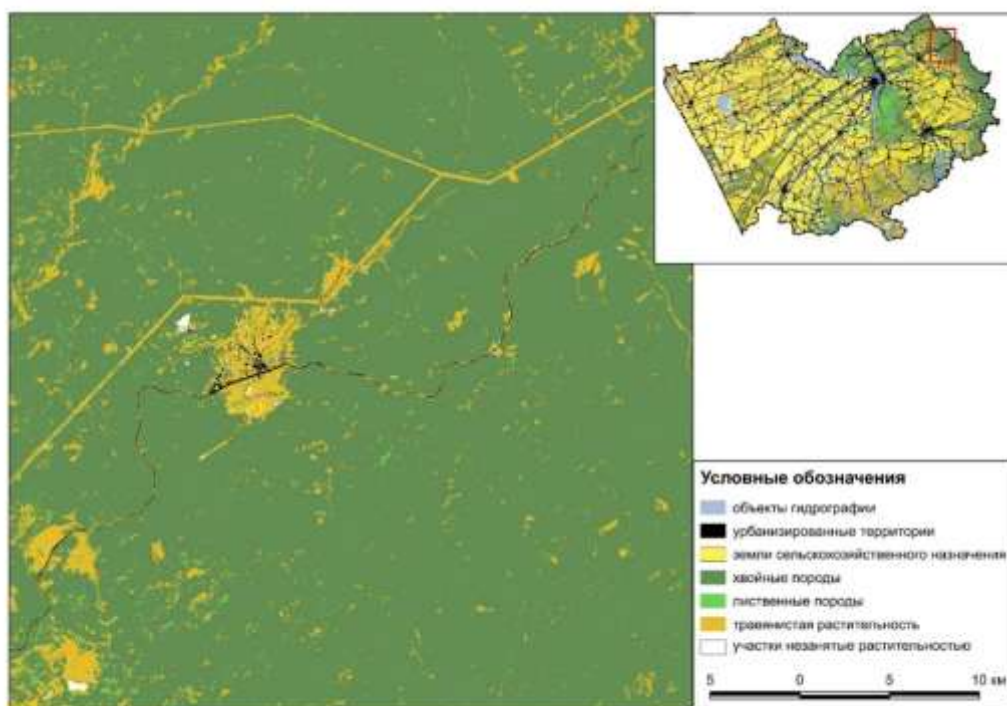


Рисунок – Пространственное распределение основных типов растительности и категорий земель (по данным спутниковой съемки) (Заринский район, пос. Тягун)

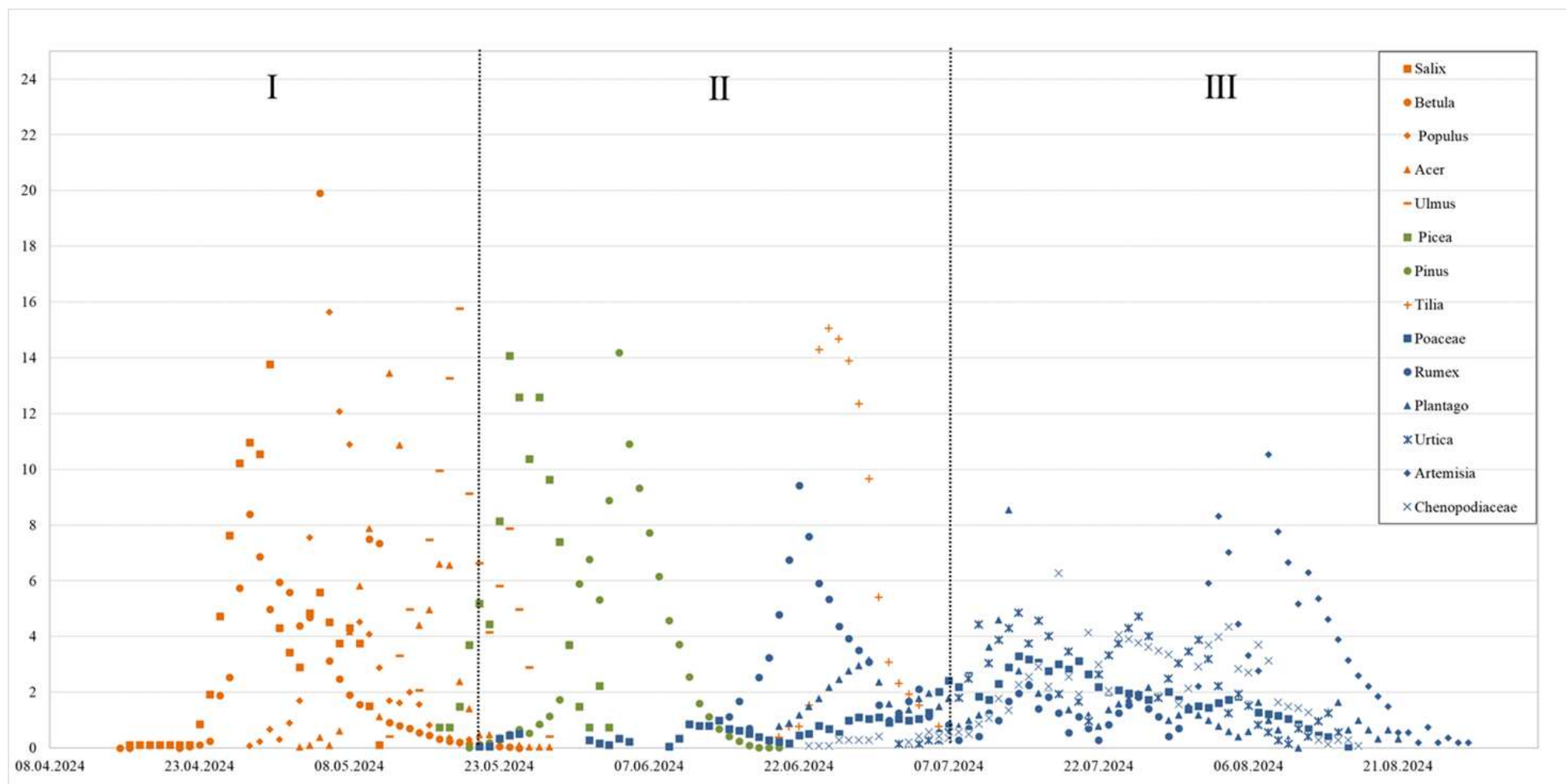


Рисунок – Содержание пыли в воздухе в 2024 г., %

Пунктирными линиями выделены три волны пыления (I, II и III)

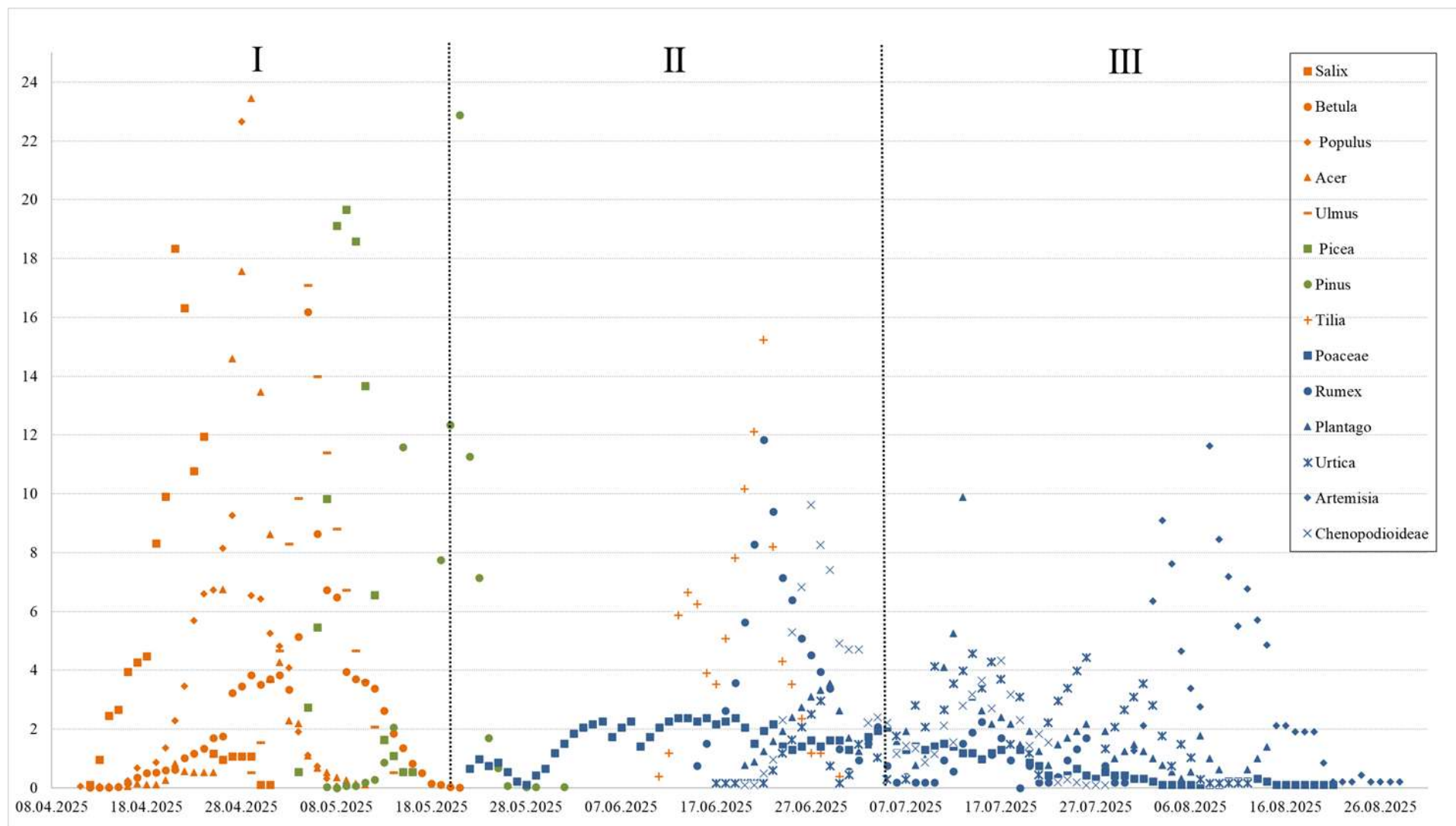


Рисунок – Содержание пыльцы в воздухе в 2025 г., %

Пунктирными линиями выделены три волны пыления (I, II и III)

Таблица – Характеристика пыления основных аллергенных таксонов
аэропалинологического спектра г. Барнаул (2004-2025 гг.)

Год	Первое появление пыльцы (дата)	ОПП начало	ОПП окончание	Продолжительность ОПП (дни)	Пик пыления (дата)	Максимальное суточное содержание (п.з./м3)	Сумма за сезон
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Salix spp.</i>							
2004	05.05.2004	06.05.2004	11.05.2004	6	08.05.2004	32	56
2005	20.05.2005	20.05.2005	28.05.2005	9	23.05.2005	21	110
2006	06.05.2006	10.05.2006	19.05.2006	10	19.05.2006	60	597
2007	21.04.2007	22.04.2007	04.05.2007	13	29.04.2007	49	483
2008	28.04.2008	09.05.2008	17.05.2008	9	10.05.2008	16	78
2009	19.04.2009	12.04.2009	29.04.2009	18	20.04.2009	79	692
2010	23.04.2010	23.04.2010	04.05.2010	12	01.05.2010	27	169
2011	13.04.2011	18.04.2011	27.04.2011	10	22.04.2011	126	611
2012	11.04.2012	12.04.2012	06.05.2012	25	29.04.2012	155	1038
2013	29.04.2013	07.05.2013	10.05.2013	4	08.05.2013	136	308
2014	19.04.2014	20.04.2014	08.05.2014	19	26.04.2014	115	717
2015	23.04.2015	25.04.2015	07.05.2015	13	01.05.2015	148	525
2016	20.04.2016	21.04.2016	07.05.2016	17	27.04.2016	156	598
2017	25.04.2017	26.04.2017	09.05.2017	14	28.04.2017	158	618
2018	30.04.2018	01.05.2018	14.05.2018	14	11.05.2018	124	441
2019	29.04.2019	09.05.2019	21.05.2019	13	12.05.2019	161	706
2020	17.04.2020	24.04.2020	03.05.2020	10	29.04.2020	157	667
2021	30.04.2021	01.05.2021	15.05.2021	15	07.05.2021	144	914
2022	17.04.2022	27.04.2022	08.05.2022	12	29.04.2022	146	702
2023	28.04.2023	30.04.2023	14.05.2023	15	09.05.2023	108	616
2024	16.04.2024	23.04.2024	10.05.2024	18	30.04.2024	128	930
2025	12.04.2025	13.04.2025	29.04.2025	17	21.04.2025	172	938
<i>Betula spp.</i>							
2004	03.05.2004	08.05.2004	18.05.2004	11	17.05.2004	2449	16830
2005	04.05.2005	04.05.2005	12.05.2005	9	07.05.2005	118	349
2006	25.04.2006	10.05.2006	28.05.2006	18	19.05.2006	1333	8225
2007	23.04.2007	23.04.2007	09.05.2007	17	26.04.2007	329	1787
2008	26.04.2008	06.05.2008	12.05.2008	7	12.05.2008	157	919
2009	23.04.2009	04.05.2009	21.05.2009	18	13.05.2009	265	1308
2010	25.04.2010	29.04.2010	28.05.2010	30	01.05.2010	361	1661
2011	13.04.2011	23.04.2011	07.05.2011	15	27.04.2011	1000	5728
2012	11.04.2012	15.04.2012	18.05.2012	34	29.04.2012	1404	7525
2013	29.04.2013	04.05.2013	25.05.2013	22	09.05.2013	1590	9872
2014	06.04.2014	23.04.2014	10.05.2014	18	03.05.2014	1589	10347

2015	21.04.2015	29.04.2015	12.05.2015	14	06.05.2015	3220	10358
2016	21.04.2016	24.04.2016	02.05.2016	9	01.05.2016	2145	8362
2017	20.04.2017	03.05.2017	09.05.2017	7	05.05.2017	2398	8230
2018	22.04.2018	09.05.2018	19.05.2018	11	12.05.2018	2356	9091
2019	06.05.2019	17.05.2019	29.05.2019	13	19.05.2019	2321	10765
2020	22.04.2020	25.04.2020	01.05.2020	7	29.04.2020	3398	10709
2021	28.04.2021	03.05.2021	13.05.2021	11	07.05.2021	3716	12796
2022	18.04.2022	01.05.2022	15.05.2022	15	07.05.2022	3478	15434
2023	28.04.2023	10.05.2023	02.06.2023	24	16.05.2023	2625	13164
2024	15.04.2024	25.04.2024	11.05.2024	17	05.05.2024	3198	16058
2025	12.04.2025	22.04.2025	16.05.2025	25	05.05.2025	2808	17345
<i>Populus spp.</i>							
2004	03.05.2004	03.05.2004	12.05.2004	10	05.05.2004	267	1466
2005	20.05.2005	21.05.2005	29.05.2005	9	23.05.2005	134	911
2006	08.05.2006	12.05.2006	17.05.2006	5	15.05.2006	383	986
2007	24.04.2007	24.04.2006	07.05.2007	14	03.05.2007	111	202
2008	26.04.2008	26.04.2008	12.05.2008	17	03.05.2008	28	179
2009	14.04.2009	04.05.2009	21.05.2009	18	29.04.2009	18	216
2010	13.04.2010	14.04.2010	29.04.2010	16	01.05.2010	146	470
2011	12.04.2011	14.04.2011	27.04.2011	14	20.04.2011	487	1906
2012	11.04.2012	18.04.2012	04.05.2012	17	29.04.2012	956	3895
2013	30.04.2013	02.05.2013	16.05.2013	15	08.05.2013	520	2706
2014	21.04.2014	24.04.2014	12.05.2014	19	03.05.2014	514	2559
2015	25.04.2015	30.04.2015	10.05.2015	11	06.05.2015	368	1368
2016	22.04.2016	26.04.2016	11.05.2016	16	07.05.2016	334	2304
2017	27.04.2017	02.05.2017	10.05.2017	9	05.05.2017	485	1999
2018	29.04.2018	09.05.2018	14.05.2018	6	12.05.2018	1519	2853
2019	06.05.2019	11.05.2019	22.05.2019	12	18.05.2019	342	1181
2020	23.04.2020	26.04.2020	12.05.2020	17	03.05.2020	282	1605
2021	04.05.2021	07.05.2021	17.05.2021	11	10.05.2021	385	1612
2022	27.04.2022	05.05.2022	19.05.2022	15	13.05.2022	347	1655
2023	29.04.2023	10.05.2023	21.05.2023	12	17.05.2023	398	1555
2024	18.04.2024	03.05.2024	15.05.2024	13	05.05.2024	391	1350
2025	11.04.2025	20.04.2025	05.05.2025	16	28.04.2025	367	1620
<i>Acer spp.</i>							
2004	09.05.2004	09.05.2004	22.05.2004	14	12.05.2004	230	1305
2005	20.05.2005	20.05.2005	01.06.2005	13	21.05.2005	51	146
2006	16.05.2006	16.05.2006	26.05.2006	11	18.05.2006	124	658
2007	23.04.2007	23.04.2007	27.04.2007	5	25.04.2007	140	481
2008	26.04.2008	04.05.2008	12.05.2008	9	08.05.2008	56	196
2009	22.04.2009	01.05.2009	14.05.2009	14	07.05.2009	36	308
2010	29.04.2010	15.05.2010	23.05.2010	9	17.05.2010	426	1285
2011	18.04.2011	23.04.2011	30.04.2011	8	25.04.2011	756	1792
2012	17.04.2012	23.04.2012	03.05.2012	11	29.04.2012	1576	4699
2013	03.05.2013	07.05.2013	10.05.2013	4	09.05.2013	829	1842

2014	22.04.2014	28.04.2014	08.05.2014	11	03.05.2014	791	3280
2015	28.04.2015	04.05.2015	15.05.2015	12	10.05.2015	724	2251
2016	25.04.2016	30.04.2016	09.05.2016	10	02.05.2016	800	2272
2017	30.04.2017	13.05.2017	27.05.2017	15	13.05.2017	415	1580
2018	05.05.2018	09.05.2018	19.05.2018	11	12.05.2018	294	1144
2019	09.05.2019	17.05.2019	22.05.2019	6	20.05.2019	578	1370
2020	25.04.2020	28.04.2020	14.05.2020	17	01.05.2020	371	2203
2021	05.05.2021	09.05.2021	17.05.2021	9	16.05.2021	643	2690
2022	04.05.2022	13.05.2022	19.05.2022	7	17.05.2022	754	1917
2023	07.05.2023	16.05.2023	09.06.2023	25	21.05.2023	298	2635
2024	03.05.2024	08.05.2024	20.05.2024	13	12.05.2024	287	2134
2025	16.04.2025	26.04.2025	05.05.2025	10	29.04.2025	451	1924
<i>Ulmus</i> spp.							
2004	05.05.2004	05.05.2004	11.05.2004	7	05.05.2004	36	98
2005	22.05.2005	22.05.2005	30.05.2005	9	25.05.2005	20	85
2006	25.04.2006	11.05.2006	21.05.2006	11	18.05.2006	12	58
2007	01.05.2007	03.05.2007	08.05.2007	6	06.05.2007	11	18
2008	17.05.2008	17.05.2008	21.05.2008	5	20.05.2008	2	12
2009	10.05.2009	17.05.2009	21.05.2009	5	18.05.2009	32	162
2010	17.05.2010	17.05.2010	21.05.2010	5	20.05.2010	2	16
2011	05.05.2011	05.05.2011	16.05.2011	12	08.05.2011	10	71
2012	15.04.2012	23.04.2012	30.04.2012	8	29.04.2012	263	683
2013	08.05.2013	08.05.2013	24.05.2013	17	09.05.2013	35	124
2014	16.05.2014	19.05.2014	24.05.2014	6	23.05.2014	174	334
2015	16.05.2015	16.05.2015	29.05.2015	14	21.05.2015	22	103
2016	22.05.2016	22.05.2016	04.06.2016	14	28.05.2016	18	96
2017	12.05.2017	12.05.2017	26.05.2017	15	20.05.2017	15	101
2018	11.05.2018	11.05.2018	26.05.2018	16	14.05.2018	18	67
2019	19.05.2019	20.05.2019	31.05.2019	12	25.05.2019	42	206
2020	12.05.2020	12.05.2020	24.05.2020	13	17.05.2020	42	287
2021	09.05.2021	11.05.2021	24.05.2021	14	16.05.2021	40	198
2022	12.05.2022	13.05.2022	25.05.2022	13	17.05.2022	45	274
2023	16.05.2023	18.05.2023	03.06.2023	17	23.05.2023	58	408
2024	12.05.2024	13.05.2024	27.05.2024	15	19.05.2024	38	241
2025	29.04.2025	30.04.2025	13.05.2025	14	05.05.2025	33	192
<i>Picea</i> spp.							
2004	23.05.2004	27.05.2004	01.06.2004	6	28.05.2004	9	44
2005	20.05.2005	22.05.2005	31.05.2005	10	27.05.2005	7	43
2006	22.05.2006	23.05.2006	26.05.2006	4	30.05.2006	11	72
2007	12.05.2007	12.05.2007	25.05.2007	14	20.05.2007	6	38
2008	09.05.2008	22.05.2008	26.05.2008	5	28.05.2008	4	22
2009	13.05.2009	13.05.2009	19.05.2009	7	18.05.2009	11	44
2010	10.06.2010	11.06.2010	18.06.2010	8	07.06.2010	79	123
2011	13.05.2011	14.05.2011	26.05.2011	13	21.05.2011	50	284
2012	04.05.2012	04.05.2012	31.05.2012	28	19.05.2012	14	111

2013	07.05.2013	14.05.2013	28.05.2013	15	21.05.2013	50	305
2014	17.05.2014	17.05.2014	02.06.2014	17	24.05.2014	50	350
2015	08.05.2015	08.05.2015	26.05.2015	19	16.05.2015	49	348
2016	15.05.2016	15.05.2016	29.05.2016	15	21.05.2016	50	317
2017	11.05.2017	15.05.2017	26.05.2017	12	21.05.2017	50	272
2018	22.05.2018	22.05.2018	05.06.2018	15	29.05.2018	50	262
2019	09.05.2019	11.05.2019	28.05.2019	18	19.05.2019	48	400
2020	06.05.2020	07.05.2020	23.05.2020	17	15.05.2020	50	329
2021	12.05.2021	13.05.2021	28.05.2021	16	16.05.2021	48	299
2022	01.05.2022	05.05.2022	23.05.2022	19	11.05.2022	45	352
2023	17.05.2023	17.05.2023	01.06.2023	16	24.05.2023	18	147
2024	17.05.2024	17.05.2024	03.06.2024	18	24.05.2024	19	135
2025	04.05.2025	05.05.2025	14.05.2025	10	09.05.2025	36	182
<i>Pinus spp.</i>							
2004	05.05.2004	17.05.2004	29.05.2004	13	24.05.2004	937	3612
2005	21.05.2005	22.05.2005	07.06.2005	17	23.05.2005	674	4058
2006	24.05.2006	25.05.2006	07.06.2006	14	04.06.2006	449	1946
2007	01.05.2007	15.05.2007	22.05.2007	8	17.05.2007	109	443
2008	03.05.2008	08.05.2008	07.06.2008	31	16.05.2008	163	795
2009	12.05.2009	27.05.2009	02.06.2009	7	05.06.2009	24	81
2010	25.05.2010	01.06.2010	18.06.2010	18	10.06.2010	831	2031
2011	07.05.2011	19.05.2011	04.06.2011	17	24.05.2011	320	1344
2012	03.05.2012	20.05.2012	26.05.2012	7	23.05.2012	3797	11050
2013	22.05.2013	05.06.2013	16.06.2013	12	08.06.2013	680	2629
2014	13.05.2014	03.06.2014	11.06.2014	9	04.06.2014	980	4942
2015	17.05.2015	23.05.2015	02.06.2015	11	27.05.2015	1990	7463
2016	21.05.2016	03.06.2016	13.06.2016	11	03.06.2016	1985	7832
2017	19.05.2017	25.05.2017	05.06.2017	12	29.05.2017	1800	5260
2018	27.05.2018	01.06.2018	09.06.2018	9	02.06.2018	1746	4611
2019	25.05.2019	28.05.2019	31.05.2019	4	30.05.2019	1675	3835
2020	10.05.2020	18.05.2020	29.05.2020	12	19.05.2020	1548	5954
2021	18.05.2021	24.05.2021	31.05.2021	8	24.05.2021	1639	7982
2022	14.05.2022	16.05.2022	01.06.2022	17	19.05.2022	633	2351
2023	22.05.2023	30.05.2023	07.06.2023	9	03.06.2023	1209	6823
2024	20.05.2024	27.05.2024	13.06.2024	18	04.06.2024	1098	7734
2025	07.05.2025	15.05.2025	23.05.2025	9	18.05.2025	1277	5170
<i>Tilia spp.</i>							
2004	09.06.2004	22.06.2004	06.07.2004	15	05.07.2004	10	69
2005	25.06.2005	26.06.2005	09.07.2005	14	02.07.2005	11	26
2006	02.06.2006	29.06.2006	07.07.2006	9	05.07.2006	36	104
2007	24.06.2007	26.06.2007	04.07.2007	9	03.07.2007	17	64
2008	02.06.2008	27.06.2008	07.07.2008	11	01.07.2008	8	76
2009	08.06.2009	09.06.2009	18.06.2009	10	15.06.2009	6	21
2010	26.06.2010	09.07.2010	18.07.2010	10	16.07.2010	12	98
2011	25.06.2011	25.06.2011	10.07.2011	16	29.06.2011	16	112

2012	22.06.2012	22.06.2012	04.07.2012	13	22.06.2012	14	49
2013	28.05.2013	28.05.2013	29.06.2013	33	15.06.2013	9	100
2014	26.06.2014	28.06.2014	17.07.2014	20	07.07.2014	35	148
2015	18.06.2015	18.06.2015	09.07.2015	22	24.06.2015	26	179
2016	16.06.2016	23.06.2016	01.07.2016	9	23.06.2016	36	168
2017	19.06.2017	19.06.2017	10.07.2017	22	30.06.2017	27	113
2018	27.06.2018	28.06.2018	14.07.2018	17	02.07.2018	44	179
2019	24.06.2019	25.06.2019	11.07.2019	17	04.07.2019	37	121
2020	07.06.2020	07.06.2020	27.06.2020	21	17.06.2020	23	112
2021	18.06.2021	21.06.2021	02.07.2021	12	27.06.2021	32	123
2022	12.06.2022	13.06.2022	27.06.2022	15	23.06.2022	38	181
2023	17.06.2023	18.06.2023	28.06.2023	11	20.06.2023	35	172
2024	20.06.2024	21.06.2024	06.07.2024	16	25.06.2024	39	259
2025	11.06.2025	12.06.2025	29.06.2025	18	22.06.2025	39	256
Poaceae							
2004	06.06.2004	09.06.2004	29.06.2004	21	20.06.2004	40	343
2005	30.05.2005	10.06.2005	02.07.2005	23	23.06.2005	57	446
2006	30.05.2006	13.06.2006	14.07.2006	32	06.07.2006	24	194
2007	14.05.2007	15.06.2007	13.07.2007	29	24.06.2007	24	262
2008	26.05.2008	20.06.2008	18.07.2008	29	20.06.2008	41	910
2009	04.06.2009	12.06.2009	15.07.2009	34	05.07.2009	42	164
2010	01.06.2010	09.06.2010	19.07.2010	41	20.06.2010	79	253
2011	31.05.2011	02.06.2011	08.07.2011	37	29.06.2011	85	938
2012	15.05.2012	18.05.2012	28.06.2012	42	20.06.2012	100	655
2013	12.06.2013	13.06.2013	20.07.2013	38	29.06.2013	56	899
2014	15.06.2014	17.06.2014	28.07.2014	42	27.06.2014	50	1291
2015	02.06.2015	02.06.2015	13.08.2015	73	03.06.2015	45	1516
2016	05.06.2016	08.06.2016	16.07.2016	39	03.07.2016	195	1661
2017	20.05.2017	21.05.2017	16.07.2017	57	03.07.2017	96	2022
2018	13.06.2018	18.06.2018	27.07.2018	40	08.07.2018	98	1753
2019	31.05.2019	25.06.2019	29.07.2019	35	27.06.2019	197	1854
2020	31.05.2020	14.06.2020	25.07.2020	42	24.06.2020	99	1931
2021	01.06.2021	06.06.2021	29.07.2021	54	28.06.2021	78	1487
2022	22.05.2022	30.05.2022	18.07.2022	50	23.06.2022	90	2096
2023	07.06.2023	12.06.2023	08.08.2023	58	20.06.2023	100	1526
2024	21.05.2024	10.06.2024	15.08.2024	67	14.07.2024	57	1730
2025	22.05.2025	22.05.2025	02.08.2025	73	14.06.2025	32	934
Rumex spp.							
2004	20.07.2004	22.07.2004	16.08.2004	26	03.08.2004	28	105
2005	02.07.2005	02.07.2005	15.07.2005	14	09.07.2005	31	194
2006	29.06.2006	07.07.2006	22.07.2006	16	14.07.2006	25	115
2007	01.07.2007	06.07.2007	23.07.2007	18	13.07.2007	31	186
2008	15.06.2008	21.06.2008	11.07.2008	21	03.07.2008	29	203
2009	03.06.2009	16.06.2009	05.07.2009	20	22.06.2009	30	211
2010	09.06.2010	28.06.2010	20.07.2010	23	05.07.2010	35	278

2011	29.06.2011	29.06.2011	15.07.2011	17	06.07.2011	32	176
2012	20.06.2012	20.06.2012	07.07.2012	18	27.06.2012	35	242
2013	14.06.2013	14.06.2013	02.07.2013	19	19.06.2013	35	252
2014	26.06.2014	26.06.2014	14.07.2014	19	07.07.2014	35	246
2015	20.06.2015	21.06.2015	04.07.2015	14	28.06.2015	35	244
2016	16.06.2016	17.06.2016	01.07.2016	15	26.06.2016	35	199
2017	29.06.2017	29.06.2017	18.07.2017	20	08.07.2017	35	199
2018	25.06.2018	25.06.2018	10.07.2018	16	02.07.2018	31	198
2019	03.07.2019	03.07.2019	17.07.2019	15	09.07.2019	32	239
2020	01.07.2020	02.07.2020	23.07.2020	22	12.07.2020	35	246
2021	28.06.2021	28.06.2021	21.07.2021	24	07.07.2021	32	235
2022	07.06.2022	12.06.2022	12.07.2022	31	26.06.2022	28	266
2023	04.06.2023	04.06.2023	28.06.2023	25	08.06.2023	59	371
2024	15.06.2024	15.06.2024	30.07.2024	46	22.06.2024	67	711
2025	15.06.2025	18.06.2025	05.07.2025	18	22.06.2025	53	522
<i>Plantago</i> spp.							
2004	15.06.2004	15.06.2004	27.07.2004	43	22.07.2014	25	309
2005	18.06.2005	18.06.2005	25.07.2005	38	20.07.2015	24	326
2006	17.06.2006	21.06.2006	16.07.2006	26	29.06.2016	35	311
2007	14.05.2007	16.06.2007	26.06.2007	11	19.06.2007	6	38
2008	13.06.2008	23.06.2008	04.07.2008	12	23.06.2008	14	192
2009	09.06.2009	14.06.2009	30.06.2009	17	17.06.2009	22	106
2010	22.06.2010	25.06.2010	02.08.2010	39	18.07.2010	30	341
2011	27.07.2011	27.07.2011	18.08.2011	23	05.08.2011	30	261
2012	15.06.2012	19.06.2012	12.07.2012	24	30.06.2012	20	223
2013	18.06.2013	18.06.2013	09.07.2013	22	24.06.2013	35	261
2014	15.06.2014	15.06.2014	09.08.2014	56	22.07.2014	25	309
2015	18.06.2015	18.06.2015	15.08.2015	59	20.07.2015	24	326
2016	17.06.2016	21.06.2016	16.07.2016	26	29.06.2016	35	311
2017	09.06.2017	12.06.2017	17.07.2017	36	19.06.2017	32	292
2018	06.06.2018	06.06.2018	20.07.2018	45	13.06.2018	25	291
2019	04.06.2019	04.06.2019	14.08.2019	72	15.07.2019	22	291
2020	15.06.2020	15.06.2020	27.07.2020	43	03.07.2020	27	309
2021	18.06.2021	26.06.2021	02.08.2021	38	02.07.2021	35	300
2022	25.06.2022	28.06.2022	01.08.2022	35	09.07.2022	31	298
2023	16.06.2023	16.06.2023	10.08.2023	56	13.07.2023	29	401
2024	20.06.2024	20.06.2024	21.08.2024	63	13.07.2024	26	303
2025	20.06.2025	20.06.2025	10.08.2025	52	13.07.2025	26	259
<i>Urtica</i> spp.							
1	2	3	4	5	6	7	8
2004	18.07.2004	20.07.2004	11.08.2004	23	01.08.2004	56	186
2005	16.06.2005	28.06.2005	06.08.2005	40	26.07.2005	58	194
2006	30.06.2006	02.07.2006	28.07.2006	27	09.07.2006	6	39
2007	26.06.2007	26.06.2007	13.07.2007	18	09.07.2007	4	43
2008	21.06.2008	21.06.2008	04.07.2008	14	24.06.2008	43	267

2009	18.06.2009	24.06.2009	26.07.2009	33	05.07.2009	17	29
2010	05.07.2010	05.07.2010	10.08.2010	37	14.07.2010	27	280
2011	14.07.2011	14.07.2011	03.08.2011	21	20.07.2011	33	240
2012	30.06.2012	14.07.2012	08.08.2012	26	24.07.2012	23	257
2013	07.07.2013	07.07.2013	07.08.2013	32	15.07.2013	16	298
2014	24.06.2014	24.06.2014	07.08.2014	45	22.07.2014	25	360
2015	29.06.2015	29.06.2015	07.08.2015	40	14.07.2015	25	283
2016	26.06.2016	26.06.2016	20.08.2016	56	14.07.2016	18	326
2017	17.06.2017	17.06.2017	27.07.2017	41	14.07.2017	15	238
2018	27.06.2018	27.06.2018	21.07.2018	25	12.07.2018	24	267
2019	07.07.2019	07.07.2019	30.07.2019	24	20.07.2019	24	288
2020	29.06.2020	29.06.2020	31.07.2020	33	17.07.2020	25	296
2021	04.07.2021	04.07.2021	10.08.2021	38	22.07.2021	15	294
2022	09.07.2022	09.07.2022	14.08.2022	37	29.07.2022	20	296
2023	28.06.2023	28.06.2023	26.08.2023	60	13.07.2023	22	497
2024	02.07.2024	05.07.2024	09.08.2024	36	14.07.2024	35	721
2025	17.06.2025	23.06.2025	07.08.2025	46	14.07.2025	31	678
<i>Artemisia</i> spp.							
2004	27.07.2004	30.07.2004	23.08.2004	25	08.08.2004	80	961
2005	23.07.2005	25.07.2005	26.08.2005	33	09.08.2005	80	984
2006	18.06.2006	21.07.2006	03.08.2006	14	03.08.2006	73	309
2007	04.07.2007	02.08.2007	19.08.2007	18	19.08.2007	49	329
2008	18.07.2008	02.08.2008	16.08.2008	15	08.08.2008	110	878
2009	26.07.2009	26.07.2009	15.08.2009	21	01.08.2009	100	791
2010	30.07.2010	31.07.2010	21.08.2010	22	07.08.2010	94	867
2011	25.07.2011	27.07.2011	13.08.2011	18	02.08.2011	97	793
2012	15.07.2012	19.07.2012	11.08.2012	24	01.08.2012	83	767
2013	24.07.2013	26.07.2013	18.08.2013	24	02.08.2013	100	789
2014	25.07.2014	31.07.2014	26.08.2014	27	13.08.2014	90	962
2015	27.07.2015	27.07.2015	24.08.2015	29	04.08.2015	100	901
2016	23.07.2016	27.07.2016	21.08.2016	26	06.08.2016	100	947
2017	24.07.2017	24.07.2017	11.08.2017	19	30.07.2017	100	717
2018	07.07.2018	13.07.2018	20.08.2018	39	10.08.2018	67	1057
2019	26.07.2019	26.07.2019	27.08.2019	33	09.08.2019	80	975
2020	27.07.2020	30.07.2020	23.08.2020	25	08.08.2020	80	961
2021	23.07.2021	25.07.2021	26.08.2021	33	09.08.2021	80	984
2022	15.06.2022	27.07.2022	18.08.2022	23	05.08.2022	100	974
2023	22.07.2023	22.07.2023	10.08.2023	20	26.07.2023	42	352
2024	31.07.2024	31.07.2024	22.08.2024	23	09.08.2024	42	541
2025	17.07.2025	01.08.2025	20.08.2025	20	03.08.2025	43	473
Chenopodiaceae							
2017	19.06.2004	22.06.2004	13.07.2004	22	27.06.2017	98	417
2018	16.07.2005	18.07.2005	23.08.2005	37	16.08.2018	48	603
2006	28.06.2006	24.07.2006	03.08.2006	11	02.08.2006	26	128
2007	31.07.2007	02.08.2007	19.08.2007	18	19.08.2007	18	146

2008	07.07.2008	02.08.2008	16.08.2008	15	15.08.2008	25	415
2009	17.07.2009	17.07.2009	10.08.2009	25	27.07.2009	100	1002
2010	04.08.2010	04.08.2010	06.09.2010	34	22.08.2010	48	702
2011	15.07.2011	15.07.2011	13.08.2011	30	25.07.2011	48	446
2012	28.07.2012	01.08.2012	20.08.2012	20	12.08.2012	33	314
2013	04.07.2013	05.07.2013	24.07.2013	20	12.07.2013	48	480
2014	27.06.2014	29.06.2014	19.07.2014	21	09.07.2014	48	344
2015	02.07.2015	07.07.2015	05.08.2015	30	25.07.2015	100	900
2016	22.06.2016	22.06.2016	22.07.2016	31	01.07.2016	48	413
2017	19.06.2017	22.06.2017	13.07.2017	22	27.06.2017	98	498
2018	16.07.2018	18.07.2018	23.08.2018	37	16.08.2018	48	653
2019	06.07.2019	08.07.2019	24.08.2019	48	14.08.2019	48	797
2020	11.06.2020	14.06.2020	24.07.2020	41	09.07.2020	48	499
2021	21.06.2021	01.07.2021	30.08.2021	61	01.08.2021	41	901
2022	27.07.2022	26.07.2022	20.08.2022	26	06.08.2022	48	537
2023	03.07.2023	26.07.2023	25.08.2023	31	09.08.2023	75	778
2024	22.06.2024	03.07.2024	12.08.2024	41	17.07.2024	88	1404
2025	20.06.2025	22.06.2025	22.07.2025	31	27.06.2025	100	1040

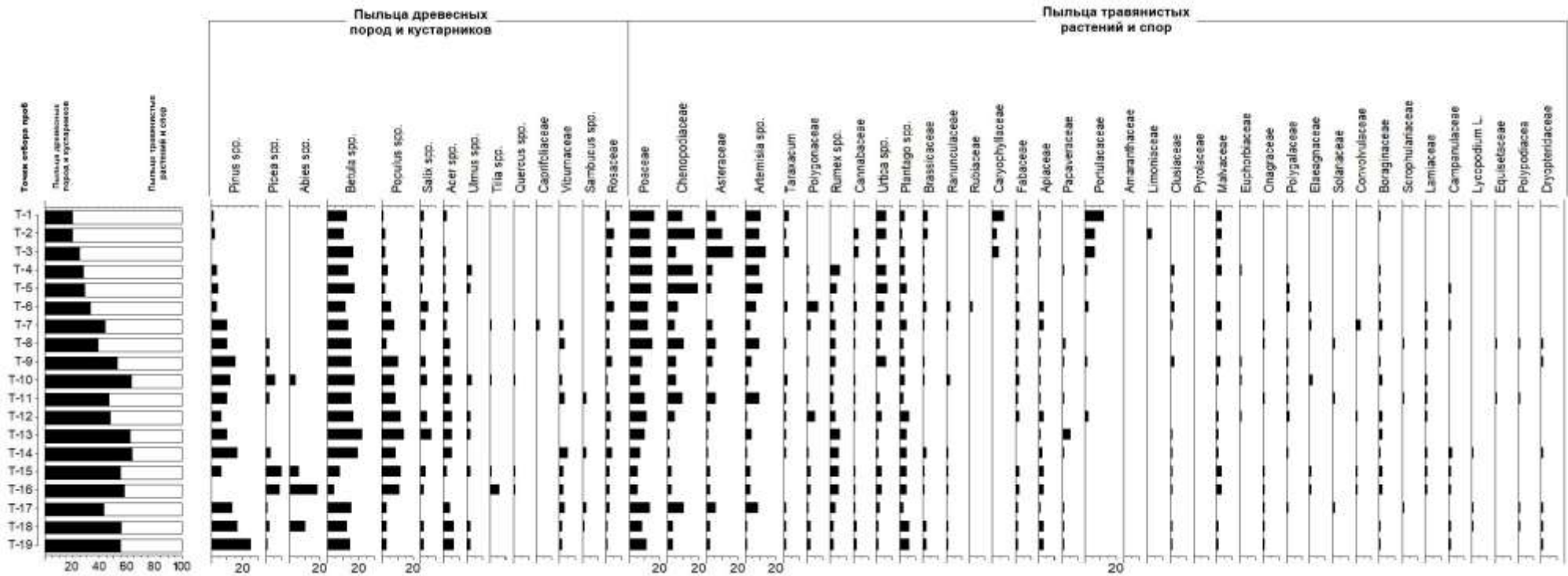


Рисунок – Процентное содержание пыльцы основных средообразующих таксонов в ловушках Таубера за весенне-летний период 2025 г.

Приложение 5

Таблица – Даты наступления фаз весенне-летнего сезона на территории исследования
(средне многолетние значения за период 2004–2025 гг.)

Метеостанция	Начало фазы «предлетье» (переход весна +5)			Начало фазы «умеренно-прохладное лето» (переход весна +10)			Начало фазы «умеренно теплое лето» (переход весна +15)			Начало фазы «спад лета» (переход осень +15)			Начало фазы «становление осени» (переход осень +10)		
	$\bar{X}$ (дата)	σ (дней)	SE (дней)	$\bar{X}$ (дата)	σ (дней)	SE (дней)	$\bar{X}$ (дата)	σ (дней)	SE (дней)	$\bar{X}$ (дата)	σ (дней)	SE (дней)	$\bar{X}$ (дата)	σ (дней)	SE (дней)
Алейская	13.апр	9,34	1,99	29.апр	8,9	1,90	24.май	10,55	2,25	03.сен	9,59	2,04	24.сен	7,62	1,62
Баево	16.апр	8,83	1,88	01.май	10,26	2,19	26.май	12,45	2,65	31.авг	8,36	1,78	19.сен	8,5	1,81
Барнаул	16.апр	9,13	1,95	02.май	8,88	1,89	27.май	12,9	2,75	02.сен	10	2,13	21.сен	9,75	2,08
Бийск- Зональная	17.апр	8,41	1,79	03.май	10,76	2,29	28.май	11,68	2,49	01.сен	8,4	1,79	21.сен	6,47	1,38
Благовещенка	12.апр	7,88	1,68	27.апр	9,63	2,05	19.май	10,79	2,30	09.сен	7,21	1,54	26.сен	9,4	2,00
Волчиха	13.апр	7,56	1,61	27.апр	9,64	2,06	25.май	10,57	2,25	02.сен	9	1,92	20.сен	7,11	1,52
Горняк	11.апр	7,85	1,67	26.апр	9,32	1,99	24.май	10,83	2,31	06.сен	7,82	1,67	25.сен	8,1	1,73
Заринск	17.апр	9,39	2,00	05.май	9,95	2,12	30.май	12,43	2,65	30.авг	9	1,92	19.сен	7,88	1,68
Змеиногоorsk	13.апр	7,4	1,58	01.май	10,35	2,21	15.май	13,63	2,91	19.авг	8,42	1,80	18.сен	8,66	1,85
Камень-на- Оби	17.апр	10,02	2,14	03.май	8,84	1,88	28.май	12,82	2,73	30.авг	8,62	1,84	18.сен	8,15	1,74
Ключи	11.апр	8,2	1,75	26.апр	9,49	2,02	22.май	9,93	2,12	07.сен	7,33	1,56	25.сен	9,65	2,06
Краснощеково	11.апр	8,58	1,83	30.апр	10,5	2,24	26.май	10,09	2,15	02.сен	9,1	1,94	25.сен	8,54	1,82
Кулунда	11.апр	7,68	1,64	26.апр	9,5	2,03	22.май	9,99	2,13	07.сен	7,33	1,56	25.сен	9,89	2,11
Мамонтово	15.апр	8,78	1,87	02.май	9,22	1,97	27.май	12,88	2,75	01.сен	8,5	1,81	20.сен	9,04	1,93
Поспелиха	13.апр	8,27	1,76	27.апр	9,62	2,05	24.май	10,36	2,21	05.сен	7,48	1,59	24.сен	8,75	1,87
Ребриха	17.апр	8,57	1,83	04.май	9,05	1,93	28.май	12,13	2,59	30.авг	8,08	1,72	18.сен	8,36	1,78
Родио	12.апр	7,95	1,69	27.апр	9,65	2,06	23.май	10,7	2,28	05.сен	8,41	1,79	24.сен	8,75	1,87
Рубцовск	12.апр	7,73	1,65	27.апр	9,66	2,06	22.май	9,71	2,07	05.сен	7,46	1,59	23.сен	8,11	1,73

Славгород	12.апр	8,86	1,89	27.апр	9,83	2,10	23.май	10,36	2,21	06.сен	7,08	1,51	24.сен	9,11	1,94
Солонешное	15.апр	7,64	1,63	07.май	11,31	2,41	31.май	12,11	2,58	26.авг	8,86	1,89	16.сен	6,13	1,31
Тальменка	19.апр	8,67	1,85	08.май	10,76	2,29	31.май	12,71	2,71	25.авг	9,78	2,09	15.сен	7,93	1,69
Тогул	18.апр	8,57	1,83	05.май	10,62	2,26	29.май	12,78	2,72	30.авг	9,59	2,04	20.сен	9,14	1,95
Троицкое	18.апр	8,26	1,76	05.май	10,65	2,27	31.май	12,36	2,64	29.авг	7,44	1,59	18.сен	7,79	1,66
Угловское	09.апр	7,6	1,62	24.апр	8,72	1,86	18.май	9,33	1,99	09.сен	7,54	1,61	27.сен	8,44	1,80
Усть-Калманка	11.апр	8,48	1,81	27.апр	9,58	2,04	26.май	10,14	2,16	04.сен	8,44	1,80	25.сен	8,5	1,81
Усть-Чарышская пристань	13.апр	9,44	2,01	28.апр	9,58	2,04	23.май	12,28	2,62	06.сен	7,93	1,69	25.сен	8,85	1,89
Хабары	18.апр	8,64	1,84	01.май	10,2	2,17	26.май	9,92	2,11	30.авг	8,84	1,88	18.сен	7,98	1,70
Целинное	18.апр	8,26	1,76	05.май	10,4	2,22	30.май	12,21	2,60	30.авг	9,17	1,96	19.сен	8,98	1,91
Чарышское	13.апр	8,33	1,78	04.май	12,08	2,58	31.май	12,3	2,62	29.авг	7,92	1,69	19.сен	6,18	1,32
Шелаболиха	15.апр	9,29	1,98	01.май	9,64	2,06	27.май	12,97	2,77	02.сен	9,76	2,08	20.сен	9,4	2,00
Шипуново	14.апр	8,7	1,85	30.апр	10,56	2,25	24.май	10,27	2,19	01.сен	8,87	1,89	23.сен	6,7	1,43

Рекомендуемая структура и вопросы анкеты

Раздел 1. Территориальная привязка

1. Укажите муниципальный район или городской округ Алтайского края, в котором Вы проживаете постоянно: _____

2. Укажите населенный пункт, в котором Вы провели большую часть времени в период с апреля по сентябрь (если отличается от места постоянного проживания, например, дача, отдых в другом районе): _____

Раздел 2. Наличие симптомов и их сезонность

3. Отмечаете ли Вы ухудшение самочувствия в теплое время года (с апреля по сентябрь)?

- ☐ Да, регулярно каждый год
- ☐ Да, иногда
- ☐ Нет (если нет – переход к разделу 5)

4. Какие симптомы Вас беспокоят? (возможно несколько вариантов)

- ☐ Заложенность носа, чихание, зуд в носу
- ☐ Покраснение глаз, слезотечение, зуд век
- ☐ Першение в горле, сухой кашель
- ☐ Зуд неба
- ☐ Кожные высыпания
- ☐ Затруднение дыхания, приступы удушья

5. В какие месяцы Вы обычно отмечаете ухудшение состояния? (возможно несколько вариантов)

- ☐ Апрель
- ☐ Май
- ☐ Июнь
- ☐ Июль
- ☐ Август
- ☐ Сентябрь

6. Связываете ли Вы ухудшение состояния с пребыванием на улице в сухую ветреную погоду?

- ☐ Да
- ☐ Нет
- ☐ Затрудняюсь ответить

7. Обращались ли Вы когда-либо к врачу по поводу этих симптомов?

- ☐ Да, и мне был поставлен диагноз «поллиноз» / «сезонная аллергия»
- ☐ Да, но точный диагноз мне не поставили
- ☐ Нет, я предпочитаю лечиться самостоятельно (принимаю антигистаминные препараты без назначения врача)

- ☐ Нет, симптомы проходят без лечения

Раздел 3. Перекрестная пищевая аллергия

8. Отмечали ли Вы когда-либо неприятные реакции (зуд во рту, першение, отек губ, расстройство желудка) после употребления следующих продуктов В ПЕРИОД ЦВЕТЕНИЯ (апрель-сентябрь)? (возможно несколько вариантов)

- ☐ Яблоки, груши (свежие)
- ☐ Вишня, черешня, слива (свежие)
- ☐ Орехи (лесные, грецкие, фундук)
- ☐ Морковь (сырая), сельдерей
- ☐ Пиво, квас

- ☐ Хлеб, выпечка, мюсли (в большом количестве)
- ☐ Кукуруза
- ☐ Семечки подсолнечника, халва
- ☐ Мед
- ☐ Дыня, арбуз
- ☐ Горчица, майонез
- ☐ Травяные чаи (с полынью и др.)
- ☐ Другое (укажите): _____
- ☐ Ничего из вышеперечисленного не замечал(а)

Раздел 4. Информированность и профилактика

9. Знаете ли Вы, какие растения вызывают у Вас аллергию (или могут вызывать в Вашем регионе)?

- ☐ Да, знаю (укажите, если знаете): _____
- ☐ Нет, но хотел(а) бы узнать
- ☐ Нет, меня это не интересует
- ☐ 10. Пользуетесь ли Вы какими-либо средствами защиты в сезон цветения?
- ☐ Да, использую барьерные средства (назальные фильтры, маски, очки)
- ☐ Да, стараюсь реже выходить на улицу в сухую погоду
- ☐ Да, принимаю антигистаминные препараты (таблетки, спреи)
- ☐ Нет, никаких специальных мер не принимаю

11. Откуда Вы бы хотели получать информацию о сроках цветения и мерах профилактики? (возможно несколько вариантов)

- ☐ От врача в поликлинике
- ☐ Из новостей по телевидению и радио (в блоке погоды)
- ☐ Из социальных сетей и Telegram-каналов (Минздрава, администрации)
- ☐ Из специального мобильного приложения или сайта
- ☐ Из памяток в аптеках и поликлиниках
- ☐ На туристических базах и в местах отдыха
- ☐ Другое (укажите): _____

Раздел 5. Социально-демографический (для статистики)

12. Ваш пол: М / Ж

13. Ваш возраст: _____

14. Есть ли у Вас дети до 18 лет, проживающие с Вами, которые также отмечают подобные симптомы?

- ☐ Да
- ☐ Нет
- ☐ Затрудняюсь ответить

Таблица – Управленческие мероприятия по снижению рисков развития поллиноза

Провинции (Физико-географическое районирование Алтайского края (Ландшафтная карта ИВЭП СО РАН, 2016))	Муниципальные районы	Уровень аллергоком- фортности	Организационные мероприятия	Информационные мероприятия	Приоритетные направления
Кулундинская	Бурлинский район; городской округ Славгород городской округ Яровое Табунский район Кудундинский район Ключевской район	Низкий	Проведение превентивных мер аллергодиагностики, формирование расширенного сезонного резерва антигистаминных препаратов в аптечной сети и медицинских организациях; ведение обязательной маркировки обращений «сезонное обострение поллиноза»; приоритетная замена аллергенных растений в озеленении на энтомофильные виды; строгое соблюдение регламента скашивания газонов (1 раз в 10-14 дней)	Размещение информационных стендов с данными аэропаллинологического мониторинга и QR-кодами в местах массового пребывания населения; интеграция данных о текущей пылевой нагрузке в цифровые платформы; распространение специализированных буклетов с рекомендациями по минимизации рисков	Контроль заболеваемости, обеспечение доступности специфической аллергодиагностики (кожные пробы, определение IgE-антител) в медицинских учреждениях, снижение аллергенной нагрузки
Южноприалейская	Михайловский район; Благовещенский район; Родинский район; Угловский район; Волчихинский район; Егорьевский район; Рубцовский район; город Рубцовск; Поспелихинский район; Новичихинский район;				

	Шипуновский район; Алейский район; город Алейск; Усть-Пристанский район; Усть-Калманский район; Мамонтовский район; Романовский район; Завьяловский район; Суетский район; Немецкий район; Хабарский район.				
Предалтайская	Локтевский район; Третьяковский район; Змеиногорский район;	Средний	Поддержание сезонных резервов антигистаминных препаратов; плановая замена аллергенных видов растений при реконструкции зеленых насаждений; регулярное скашивание газонов в периоды второй и третьей волн пыления	Размещение информационных материалов в медицинских организациях и аптечной сети; интеграция данных в цифровые платформы; разработка рекомендаций для временно пребывающих лиц с учетом локальных условий	Поддержание существующих условий и их постепенное улучшение, предотвращение перехода территорий в категорию с низким уровнем аллергокомфортности
Верхнеобская	Курьинский район; Краснощековский район;				
Северо-Западная Алтайская	Усть-Калманский район; Петропавловский район; Смоленский район; городской округ Белокуриха; Советский район; Красногорский район; Бийский район;				

	городской округ Бийск; Целинный район; Зональный район; Быстроистокский район; Троицкий район; Топчихинский район; Калманский район; Косихинский район; Кытмановский район; Ребрихинский район; Тюменцевский район; Баевский район; Павловский район; Каменский район; Панкрушихинский район; Крутихинский район; Шелаболихинский район; Тальменский район; Первомайский район; городской округ Барнаул; городской округ Новоалтайский;				
--	--	--	--	--	--

	ЗАТО Сибирский; Заринский район; городской округ Заринск; Чарышский район				
Североалтайская	Солонешенский район; Алтайский район; городской округ Белокуриха; Красногорский район; Солтонский район; Целинный район; Тогульский район; Ельцовский район; Залесовский муниципальный округ; Заринский район	Высокий	Сохранение существующей структуры зеленых насаждений с минимизацией антропогенной трансформации; поддержание базового набора антигистаминных препаратов в аптечной сети	Позиционирование территорий как «экологически безопасных для аллергиков» на туристских порталах, в рекламных материалах; создание специализированных туристских маршрутов для лиц, страдающих поллинозом; размещение информации о благоприятных условиях на информационных стендах и в санаторно-курортных учреждениях	Сохранение высокого уровня аллергокомфортности территории, развитие оздоровительного туризма, привлечение целевых групп отдыхающих
Северо-Восточная Алтайская					
Предалтайская					
Салаирская					