

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ**

**ИССЫК-КУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. К. ТЫНЫСТАНОВА**

Диссертационный совет Д 03.24.693

На правах рукописи  
**УДК 575.224 504.53.054**

**Осмонбаева Кымбаткуль Бейшеновна**

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И КОНЦЕНТРАЦИЯ  
ПЫЛЬЦЫ РАСТЕНИЙ И СПОР ГРИБОВ В ВОЗДУХЕ**

03. 02. 08 – экология

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

**Бишкек – 2025**

Работа выполнена на кафедре туризма и охраны окружающей среды Исык-Кульского государственного университета им. Касыма Тыныстанова

- Научный консультант:** **Кобзарь Вера Николаевна**,  
доктор биологических наук, профессор,  
профессор кафедры физики, медицинской  
информатики и биологии Кыргызско-  
Российского Славянского Университета им. Б.  
Ельцина
- Официальные оппоненты:** **Яценко Роман Васильевич**,  
доктор биологических наук, профессор,  
Генеральный директор Института зоологии  
Министерства науки и высшего образования  
Республики Казахстан, г. Алматы.  
**Худайбергенова Бермет Мерлисовна**,  
доктор биологических наук, профессор, член-  
корреспондент Национальной академии наук  
Кыргызской Республики, главный ученый  
секретарь НАН КР  
**Гурина Наталья Сергеевна**,  
доктор биологических наук, профессор, декан  
фармацевтического факультета учреждения  
образования «Белорусский государственный  
медицинский университет», г. Минск.
- Ведущая организация:** Национальный университет Узбекистана им.  
Мирзо Улугбека, кафедра экологии (100174, г.  
Ташкент, Университет, 4)

Защита диссертации состоится « 27 » февраля 2025 г. в 15 - 00 часов на заседании диссертационного совета Д 03.24.693 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) биологических наук при Институте биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики и Исык-Кульском государственном университете им. К. Тыныстанова по адресу: 720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265.

Ссылка доступа на видеоконференцию защиты диссертации:  
<https://vc.vak.kg/b/032-lvf-co3-zie>

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной библиотеке Национальной академии наук Кыргызской Республики (720071, г. Бишкек, пр. Чуй, 265а), в библиотеке Исык-Кульского государственного университета им. К. Тыныстанова (722200, г. Каракол, ул. Тыныстанова, 26) и на сайте <https://vak.kg>

Автореферат разослан «24» января 2025 года.

**Ученый секретарь диссертационного совета**  
кандидат биологических наук



**Бавланкулова К. Д.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Изменение климата, в сочетании с воздействием загрязнителей воздуха, может иметь потенциально серьезные неблагоприятные последствия для здоровья человека, определенную степень воздействия на все живые организмы. Потепление климата, связываемое с выбросами в атмосферу значительных количеств углекислого и других газов, должно сказаться на сроках важных сезонных событий в жизни растений, таких как начало цветения. От периода цветения зависят многие процессы в жизни растений (образование плодов, рассеивание семян и т. п.). Утверждается, что с потеплением климата увеличится продолжительность вегетационного периода, возрастет видовое разнообразие, что ведет к удлинению сезона аэронавигации пыльцы и спор и периода обострения поллинозов [Ш. А. Ильясов, О. Н. Шабаета, 2003]. Произойдет миграция растений и изменение ареалов произрастания (увеличится географический охват), уменьшение или исчезновение некоторых таксонов растений, и вместе с тем, изменятся производство, распределение, количество и аллергенность пыльцы [L. H. Ziska, P. J. Beggs, 2012; T. Bonofiglio, F. Orlandi, L. Ruga et al., 2013; M. De Sario, K. Katsouyanni, P. Michelozzi et al., 2013].

Глобальное потепление и связанные с этим изменения количества осадков и других метеорологических переменных, непосредственно и опосредованно влияют на жизненные циклы растений (увеличение биомассы и продукции пыльцы, продление сезона цветения), и дальше через растения на здоровье человека. Появление новых таксонов аллергенной пыльцы и пространственные сдвиги в распространении аэроаллергенов в перспективе будут усиливать сенсibilизацию у больных.

Концентрация пыльцы в воздухе сильно коррелирует с интенсивностью цветения ветроопыляемых видов, произрастающих в местах мониторинга и вокруг них. То есть, пыльцевой спектр населенных пунктов зависит от своей декоративной и рудеральной городской флоры, от культур близлежащих сельскохозяйственных угодий [H. Garcia-Mozo, 2016; В. Н. Кобзарь, К. Б. Осмонбаева, 2018; 2022]. Интенсификация землепользования существенно влияет на аэробиологический спектр населенных пунктов, на содержание в воздухе пыльцы растений и спор грибов. Спор грибов вырабатывается намного больше, чем пыльцы растений. Пастбища и поля с зерновыми культурами в Кыргызстане являются особенно значимыми источниками спор *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Helminthosporium*. В этой связи, изучение микофлоры воздуха имеет важное санитарно-гигиеническое и фитопатологическое значение [В. И. Билай, 1974].

В связи с антропогенным прессом и климатическими изменениями в последние годы актуальным является проведение постоянного мониторинга растительных сообществ для выявления изменений в них и прогнозирования их дальнейшего существования. В контексте этого, возникает необходимость организации и проведения комплексных медико-биологических и мониторинговых исследований техногенных загрязнителей воздуха и биополлютантов [Т. Л. Доронина, 2012].

Учитывая видимые изменения климата в Кыргызской Республике (экстремальные погодные явления – аномальная жара, сильные дожди, шквальные ветры) и ожидаемые изменения в будущем, необходимо создать программу мониторинга биочастиц воздуха не только в пределах нашей страны, но и в целом в Центральной Азии. Подобные программы позволят прогнозировать количественный и таксономический состав, поведение аэроаллергенов и фитопатогенных грибов.

**Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями.** Работа выполнена в рамках научной программы Института исследования горных сообществ Университета Центральной Азии для исследователей Центральной Азии и Афганистана (CAARF) «Изменения окружающей среды и управление природными ресурсами, включая проблемы, связанные с деградацией земель, изменением климата, утерей биоразнообразия и природными угрозами» (2013-2016 гг.). Исследования являлись частью тем госбюджетной научно-исследовательской работы управления науки и научно-технической информации Министерства образования и науки КР: «Устойчивое развитие и рациональное использование природных ресурсов Иссык-Кульской области» (2018 г., № госрегистрации 0007971); «Экологические аспекты устойчивого развития г. Каракол» (2019-2020 гг., № госрегистрации 0007704). Отдельные результаты работы представлены в научно-исследовательской теме «Комплексное исследование физико-географических процессов высотных зон Иссык-Куля» Тянь-Шанского высокогорного научного центра Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР (2016-2020 гг., № госрегистрации 0007187).

**Цель исследования:** Разработка концепции «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады: изменения климата, системы землепользования и загрязнения окружающей среды».

**Задачи исследования:**

1. Провести сравнительный анализ работы пылеуловителей и оценку использования пылецевого анализа.

2. Определить количественный и таксономический состав пыльцы растений и спор грибов в воздухе г. Каракол с помощью волнометрического метода.

3. Изучить воздействие метеорологических факторов (температуры и осадков) на концентрацию пыльцы доминирующих видов аллергенных растений и спор грибов.

4. Исследовать изменения в системе землепользования и влияние их на аэробиологический спектр.

5. Провести комплексный эколого-биологический анализ концентрации пыльцы растений и спор грибов в условиях изменения климата, загрязнения окружающей среды и изменения системы землепользования.

6. Оценить современное состояние озеленения г. Каракол и ее вклад в аэробиологическую ситуацию.

**Научная новизна полученных результатов.** Впервые разработана актуальная концепция: «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады: изменения климата, системы землепользования и загрязнения окружающей среды». Описаны основные эффекты влияния изменения климата и загрязнений среды обитания человека на пыльцу растений и споры грибов.

Впервые в странах Центральной Азии, в Кыргызской Республике применена одна из модификаций пылевой ловушки Хирста, Impact-волнометрический пылеуловитель Ланзони - сертифицированный аппарат, модель VPPS 2010 (Lanzoni SRL, Италия), специально сконструированный для определения концентрации пылевых зерен и спор как функции времени. Обозначены преимущества волнометрического пылеуловителя.

Детально установлены последовательность и сроки присутствия таксонов пыльцы и спор с учетом их максимальных суточных значений и суммарных количеств. Идентифицированы и описаны: спектр аллергенных видов - пыльца лиственных и хвойных деревьев, сорных и злаковых растений; аллергенные виды спор грибов и фитопатогены ряда возделываемых культур.

Выявлено, что интенсификация землепользования существенно влияет на аэробиологический спектр населенных пунктов, на содержание в воздухе пыльцы злаковых растений и спор грибов.

Впервые дана экологическая оценка современного состояния зеленых насаждений г. Каракол, подобран ассортимент древесно-кустарниковых растений, в том числе ценных декоративных форм для улучшения состояния озеленения города.

Разработан дихотомический определитель воздушных спор, который повысит эффективность дифференциальной диагностики аэроаллергенов под световым микроскопом.

**Практическая значимость полученных результатов.** Разработанная в диссертации концепция вносит вклад в работу Иссык-Куль-Нарынского регионального управления Министерства природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики, которое осуществляет разработку и реализацию государственной политики и координацию в сферах охраны окружающей среды, экологии и климата, государственный контроль за соблюдением требований экологической (в том числе биологической) безопасности (акт внедрения от 15.06.2022 г.). Материалы диссертации используются муниципальным предприятием мэрии г. Каракол «Каракол жашылдандыруу» в целях улучшения мероприятий и практических действий по благоустройству и озеленению города Каракол. По результатам исследований разработаны, изданы и внедрены в МП «Каракол жашылдандыруу» методические рекомендации «Ассортимент древесно-кустарниковых растений для озеленения города Каракол» (акт внедрения от 13.05.2020 г.). Данные используются в учебном процессе Иссык-Кульского государственного университета им. К. Тыныстанова при чтении курсов лекций, проведении лабораторных и практических занятий для студентов по специальностям: «Экология», «Биология» (акт внедрения от 10.09.2022 г.). Материалы исследования (теоретические аспекты, методология (методика работы с пылцеуловителем Ланзони, идентификация пыльцы растений и спор грибов под микроскопом) и другие особенности аэробиологических исследований) внедрены в работу Международного центра молекулярной аллергологии при Министерстве инновационного развития Республики Узбекистан (МЦМА МИР РУз) (акт внедрения от 1.02.2023 г.).

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Анализ концентрации пыльцы растений и спор грибов как индикаторов изменения климата, системы землепользования и загрязнения окружающей среды. Суммированы основные эффекты влияния антропогенной триады на пыльцу растений и споры грибов.

2. Эффективность работы модификации пылцеуловителя Хирста (ловушки Ланзони), который позволяет получать ранее недоступные сведения о концентрации и таксономическом составе пыльцы растений и спор грибов. Использование пылцевого анализа позволяет значительно расширить понимание репродуктивной биологии растений.

3. Полынь, злаковые, маревые, коноплевые - лидеры всех исследуемых годов. Увеличение количества пыльцы трав, уменьшение количества пыльцы

деревьев. Преобладание по количественному составу в г. Каракол пыльцы хвойных (голосеменных) деревьев.

4. Состав спор грибов 24 видов из 8 классов, 18 семейств, 3 отделов (Ascomycota - 17, Basidiomycota - 6, Oomycota - 1).

5. Влияние интенсификации землепользования на аэробиологический спектр населенных пунктов, на увеличение в воздухе пыльцы злаковых растений и появление в спектре спор грибов: *Tilletia*, *Sorosporium*, *Puccinia*, *Curvularia*, *Pyrenophora*, *Urocystis*, *Didymella*, *Diplodia*, *Piricularia*.

6. Присутствие в воздухе г. Каракол потенциально опасных для здоровья человека аллергенных таксонов пыльцы растений и спор грибов.

**Личный вклад соискателя.** Все разделы диссертационной работы выполнены автором самостоятельно: сбор пыльцы растений и спор грибов, содержащихся в воздухе; количественное определение при визуальном подсчете и идентификация в поле зрения микроскопа; изучение влияния метеорологических параметров на содержание биочастиц в воздухе; таксономическая и статистическая обработка материала с дальнейшим анализом.

**Апробации результатов исследования.** Материалы исследований по теме диссертации докладывались на: Международном семинаре-тренинге «Research for Development (R4D) Training Programme Central Asia and Afghanistan Research Fellowship», г. Душанбе, 6-12 октября 2014 года (Душанбе, 2014); Международном воркшопе «Аэропалинология & Молекулярная аллергология», г. Ташкент, 11-18 июля 2022 года (Ташкент, 2022); Международном научно-практическом семинаре «MRI Mountains Observatories Working Group and GEO Mountains Workshop in Central Asia, г. Алматы, 17-22 апреля 2023 года (Алматы, 2023); II международном аэробиологическом воркшопе «Аэропалинология & Молекулярная аллергология», г. Ташкент, 22-31 мая 2023 года (Ташкент, 2023); Международном научно-практическом семинаре «Астма&Аллергия: от инноваций к практике», г. Самарканд, 29 мая 2023 года (Самарканд, 2023); Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы исследования окружающей среды для устойчивого развития в аридных зонах» с. Чок-Тал, 16-17 августа 2023 (Чок-Тал, 2023); Межрегиональной онлайн научно-практической конференции «Актуальные вопросы аллергологии и иммунологии – междисциплинарные аспекты», г. Ростов-на-Дону, 15 марта 2024 года (Ростов-на-Дону, 2024); Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы, астма и аллергия», г. Нукус, 21 мая 2024 года (Нукус, 2024).

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.** По теме диссертации опубликовано 30 научных работ, из них 7 в научных изданиях, индексируемых системами РИНЦ с импакт-фактором не ниже 0,1, 1 - в системе Scopus, 1 - в коллективной монографии, 1 - методические рекомендации.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 7 глав: обзор литературы, методология и методы исследования, 5 глав собственных исследований, заключения, практических рекомендаций, списка использованной литературы, приложений. Текст диссертации изложен на 293 страницах компьютерного текста, иллюстрирован 27 таблицами и 59 рисунками (в том числе 18 фото), 73 микрофотографиями пыльцы и спор грибов. Библиографический указатель содержит 426 источников, из них 179 зарубежных авторов.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, представлены цель и задачи, научная новизна, практическая значимость полученных результатов, основные положения диссертации, выносимые на защиту.

**ГЛАВА 1. Литературный обзор.** Дается обзор исследований по инструментальным наблюдениям за температурами приземного слоя воздуха. Рассматриваются климатическая ситуация в Центральной Азии и горных районах (особенно, увеличение экстремальных погодных явлений), а также последствия изменения климата для региона. Проведен анализ работ о ситуации, когда аллергенные аэробиологические частицы будут меняться в количественном и качественном отношении в зависимости от состояния климата и окружающей среды.

### **ГЛАВА 2. Методология и методы исследований.**

**Объект исследования.** Пыльца растений и споры грибов.

**Предмет исследования.** Особенности содержания пыльцы растений и спор грибов в воздухе, влияние метеорологических факторов и системы землепользования на аэробиологический спектр, оценка состояния зеленых насаждений.

**Методы исследования.** Методы исследования, использованные в работе, являются стандартными, поэтому полученные результаты сопоставимы с аналогичными работами во всем мире. В аэробиологические исследования входили сбор материала с биочастицами - пылью растений и спорами грибов, содержащихся в воздухе, их идентификация, количественное определение при визуальном подсчете в поле зрения микроскопа. В



исследованиях применяется одна из модификаций пылевой ловушки Хирста, Impact-волюметрическая ловушка - пылеуловитель Ланзони, (модель VPPS 2010, Lanzoni SRL), сконструированный для определения концентрации пылевых зерен и спор как функции времени. Пылевая ловушка размещена на крыше здания в центре г. Каракол, на высоте 13 метров над уровнем земли (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Ловушка Ланзони в г. Каракол, на крыше здания

В исследованиях 2014-2022 гг. отобрано 630 проб атмосферного воздуха, с апреля по сентябрь. Микроскопирование проводилось с помощью СМ Carl Zeiss (Германия) и MEIJI (Япония) с 10-, 20, 40-, 100-крат. увеличением. Идентификация пылевых зерен производилась в основном до рода или семейства, с помощью специальных определителей и атласов пыльцы [С. Н. Куприянов, И. В. Галактионова, 1980; В. Н. Кобзарь, 2010; Н. Р. Мейер-Меликян и др., 1999; М. Х. Моносзон, 1973], ориентационного ключа основных типов пылевых зерен [С. Н. Куприянов и др., 1984]. Использовались образцы пыльцы растений из коллекции эталонных препаратов, сравнения с препаратами из пыльцы, взятой из пыльников. Для идентификации спор грибов использовались атлас аллергенных спор, определитель грибов-фитопаразитов [Н. М. Пидопличко, 1977; К. Wilken-Jensen, S. Gravesen, 1984]. Статистическая обработка данных проводилась общепринятыми методами вариационной статистики на основе анализа абсолютных и относительных величин. Для фиксации количества пыльцы *Picea schrenkiana* в период цветения использовалась в 2018 г. ловушка Дюрама. Интегральная оценка жизнеспособности пыльцы *Picea schrenkiana* и пыльцы *Elytrigia repens* была произведена с помощью метода Шардакова.

**ГЛАВА 3. «Сравнительный анализ методов улавливания пыльцы растений и спор грибов».** Проведена сравнительная характеристика устаревшего, но не потерявшего своего значения аппарата Дюрама (гравиметрический метод) и ловушки Ланзони, в последнее время широко

применяемой во всем современном мире (волюметрический метод). Волюметрический пылеуловитель предлагает ряд преимуществ.

Произведена оценка естественного возобновления *Picea schrenkiana* Fisch. et Mey. на основе изучения влияния пыления на формирование семян. На базе гидрометеорологической станции (2555 НУМ) Тянь-Шанского высокогорного научного центра Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР в июне 2018 г. в урочище Чон-Кызыл-Суу была установлена ловушка Дюрама для фиксации количества пыльцы ели тянь-шанской в период цветения (рисунок 3.1). На высотах 2200 м и выше, за 5-летний период наблюдений, не было отмечено ни одного года с хорошим урожаем семян. Этому предшествовало плохое цветение; малое количество мужских и женских репродуктивных органов, выпадение осадков в период цветения, когда пыльца становится нелетучей. Взрослых деревьев, способных к продукции пыльцы было недостаточно. Наступило естественное старение древостоев, вследствие чего плодоношение неудовлетворительное.

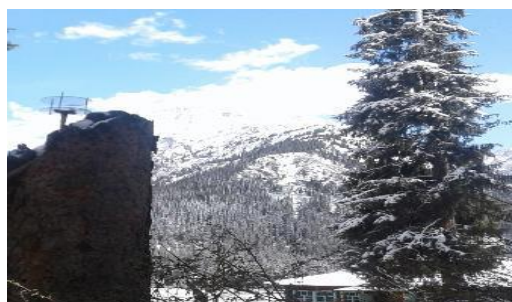
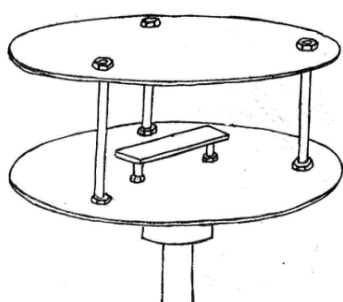


Рисунок 3.1 – Исследования гравиметрическим методом (Чон-Кызыл-Суу)

Метод Шардакова на исследование жизнеспособности пыльцы был использован при подборе рекомендаций для биологической рекультивации хвостохранилища «Каджи-Сай». В исследованиях 2022-2023 гг. объектом для биомониторинга на территории хвостохранилища «Каджи-Сай» была избрана пыльца пырея ползучего (*Elytrigia repens*), так как при определении травосмеси для размещения пастбища над рекультивированный участком мы рекомендуем включать в травосмеси многолетние травы из семейства злаковых (Poaceae).

Таким образом, использование пылевого анализа позволяет значительно расширить понимание репродуктивной биологии растений. С помощью изучения количества и качества пыльцы растительных сообществ можно давать практические рекомендации, исследуя антропогенно-восстанавливаемые или антропогенно-деградируемые ландшафты.

**ГЛАВА 4. «Аэробиологический мониторинг г. Каракол».** С 2014 по 2022 год проведены исследования качественного и количественного состава пылевой составляющей атмосферного воздуха.

#### 4.1. Концентрация пыльцы растений и спор грибов в 2015 году

Годовой подсчет идентифицированной пыльцы составлял в 2015 г. 85646 п. з./м<sup>3</sup> (45,6%)<sup>1</sup>, а спор – 102207 с.г./м<sup>3</sup> (54,4%)<sup>1</sup> (таблица 4.1.1). Абсолютный максимум пыльцы в воздухе наблюдался в июле (54,4%) и августе (37%). Максимальный количественный состав спор грибов был зафиксирован в июле (76,4%) (рисунок 4.1.1). В воздухе г. Каракол с 3-й декады апреля присутствовала пыльца 24 таксонов растений, 6 из которых доминировали: *Artemisia*, *Pinus*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Cannabiaceae*, *Asteraceae*.

Таблица 4.1.1- Содержание в воздухе г. Каракол пыльцы растений и спор грибов

Пыльца/споры	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Пыльца <sup>2</sup>	45,6	48,1	35,3
Споры <sup>2</sup>	54,4	51,9	64,7
Пыльца деревьев <sup>3</sup>	2,5	27	30,3
Пыльца трав <sup>3</sup>	97,5	73	69
Пыльца лиственных деревьев <sup>4</sup>	35	25	32
Пыльца хвойных деревьев <sup>4</sup>	65	75	68

В воздухе города циркулирует пыльца 18 таксонов покрытосеменных (Angiospermae) - 9 - древесно-кустарниковых растений, 9 - трав; 5 - голосеменных (Gymnospermae), относящихся к классу хвойных (Pinopsida), а также 8 - споры грибов, относящихся к классу Dothideomycetes, 2 - споры из головневых грибов (Ustilaginomycetes и Exobasidiomycetes).

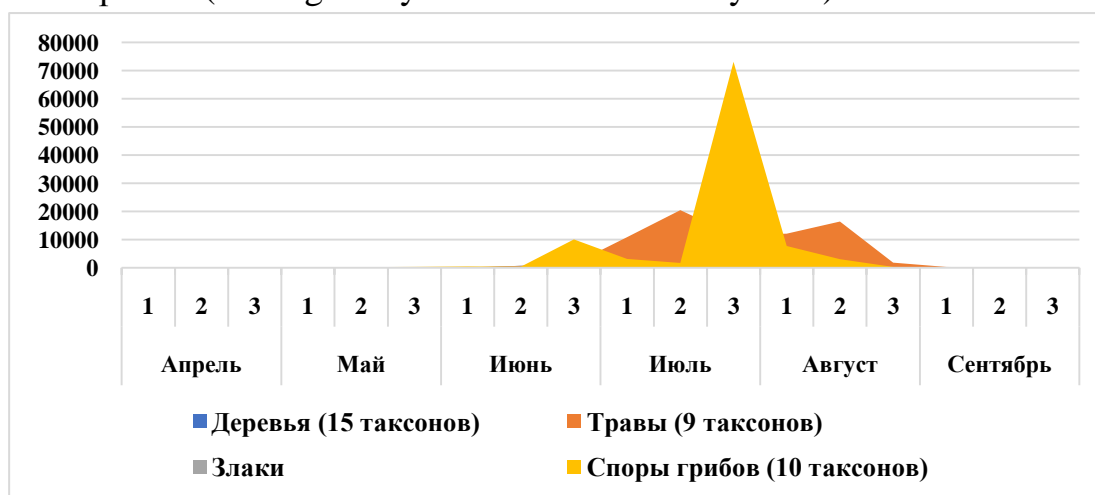


Рисунок 4.1.1 - Содержание пыльцы растений и спор грибов за 2015 г.

Основной пыльцевой спектр в этом году был представлен за счет пыльцы трав (97,5%). Пыльцы полыни на ленты ловушки выпало самое большое количество - 66,8% от всей уловленной пыльцы растений. Пыльца деревьев составляла всего 2,5%.

**Примечание:** 1- п. з./м<sup>3</sup>-пыльцевые зерна на площади м<sup>3</sup>, с. г./м<sup>3</sup> – споры грибов на площади м<sup>3</sup>.

**Примечание:** 2 - % от всей массы биочастиц за сезон; 3 - % от всей массы пыльцы растений за сезон; 4 - % от всей массы пыльцы деревьев за сезон.

**4.2. Концентрация пыльцы растений и спор грибов в 2016 году.** В 2016 г. годовой подсчет идентифицированной пыльцы растений составлял 91387 п. з./м<sup>3</sup> (48,1%), а спор – 98541 с. г./м<sup>3</sup> (51,9%) (таблица 4.1.1). Абсолютный максимум пыльцы в воздухе наблюдался в июне (23%) и июле (41%). Максимальный количественный состав спор грибов был зафиксирован в июне (33,4%) и июле (38%) (рисунок 4.2.1). Лидируют споры грибов *Cladosporium* и *Alternaria*, *Fusarium*, *Serpula*, *Botrytis*, *Ustilago*. В воздухе присутствовала пыльца 32 таксонов растений и 18 таксонов спор грибов: 27 -покрытосеменных (Angiospermae): 15 - древесно-кустарниковых растений, 12 - трав, 5 - голосеменных (Gymnospermae), относящихся к классу хвойных (Pinopsida), а также 13 таксонов спор грибов, относящихся к классу Dothideomycetes, 5 - споры из классов Agaricomycetes, Ustilaginomycetes, Pucciniomycetes и Exobasidiomycetes. Ведущий спектр обусловлен пыльцой 14 таксонов растений: *Betula*, *Salix*, *Quercus*, *Populus*, *Tilia*, *Pinus*, *Picea*, *Artemisia*, Cupressaceae, Poaceae, Chenopodiaceae, Cannabaceae, Cyperaceae, Asteraceae. Количество пыльцы лиственных деревьев в 2016 г. составило 25%, пыльцы хвойных деревьев - 75% спектра. Всего за 2016 г. выпало пыльцы деревьев -27%, трав – 73%.

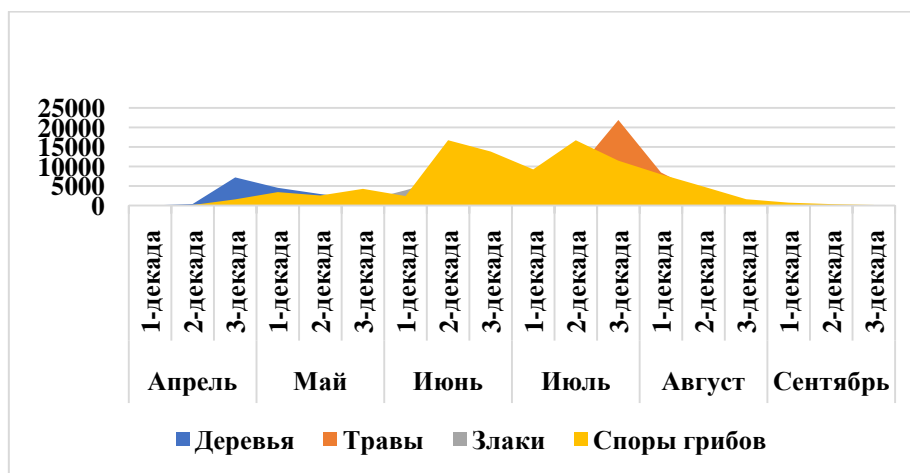


Рисунок 4.2.1 - Содержание пыльцы растений и спор грибов за 2016 г.

**4.3. Концентрация пыльцы растений и спор грибов в 2017 году.** В 2017 г. годовой подсчет идентифицированной пыльцы растений составлял 111685 п. з./м<sup>3</sup> (35,3%), а спор – 204565 с. г./м<sup>3</sup> (64,7%) (таблица 4.1.1). Абсолютный максимум пыльцы в воздухе наблюдался в июне (20%) и июле (57,5%). Максимальный количественный состав спор грибов был зафиксирован в июне (25,8%) и июле (60%) (рисунок 4.3.1). В воздухе г. Каракол с 3-й декады апреля присутствовала пыльца 28 таксонов растений, 6 из которых доминировали: *Artemisia*, *Pinus*, *Betula*, *Populus*, Poaceae, Cannabiaceae, Chenopodiaceae, Cupressaceae, а также 13 таксонов спор грибов, относящихся к классу Dothideomycetes, 5 - споры из классов

Agaricomycetes, Ustilaginomycetes, Pucciniomycetes и Exobasidiomycetes. Всего циркулирует пыльца 24 таксонов покрытосеменных (Angiospermae) - 11 - древесно-кустарниковых растений, 13 - трав; 4 - голосеменных (Gymnospermae), относящихся к классу хвойных (Pinopsida), а также 17 видов спор грибов, относящихся к классу Dothideomycetes, 7 - споры из классов Ustilaginomycetes, Agaricomycetes, Exobasidiomycetes, Pucciniomycetes.

Количество пыльцы лиственных деревьев в 2017 г. составило 32%, пыльцы хвойных деревьев - 68% спектра. Всего выпало пыльцы деревьев - 30,3%, трав – 69%. В 2017 г. лидируют споры грибов: *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Ustilago*, *Sorosporium*, *Aureobasidium*.

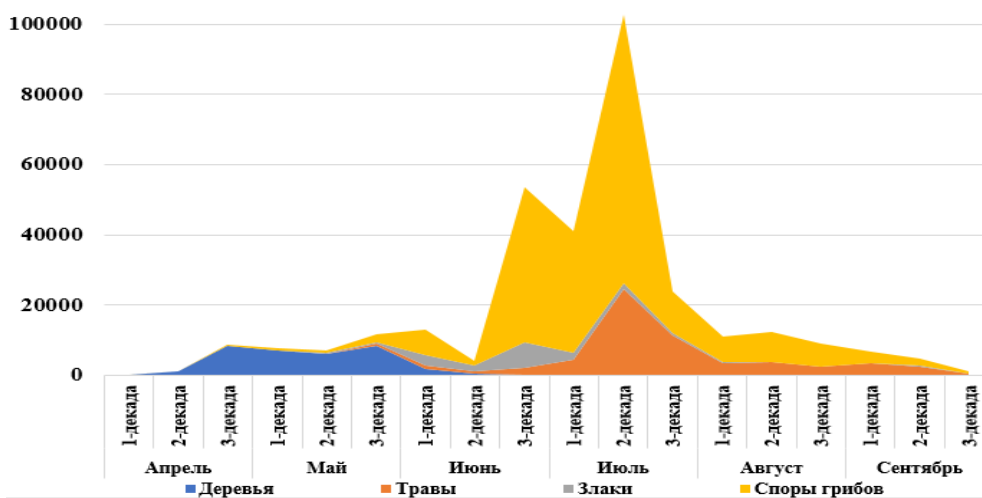


Рисунок 4.3.1 - Содержание пыльцы растений и спор грибов за 2017 г.

В течение сезонов наблюдения в воздухе г. Каракол присутствовала пыльца 35 таксонов растений: из них 20 таксонов древесно-кустарниковых растений (5 таксонов класса хвойных (Pinopsida)), 15 таксонов трав; 7 таксонов растений доминировали: полынь (*Artemisia sp.*), сосна (*Pinus sp.*), ель (*Picea sp.*), маревые (Chenopodiaceae), злаковые (Poaceae), коноплевые (Cannabiaceae), астровые (Asteraceae), кипарисовые (Cupressaceae). Полынь, злаковые, маревые, коноплевые – абсолютные лидеры всех исследуемых годов. В 2016 г. на пятом месте выделились осоковые. Аэриобиологический спектр г. Каракол включал две спорово-пыльцевые волны: весенне-летняя спорово-пыльцевая волна (апрель – июнь) и летне-осенняя спорово-пыльцевая волна (июль – октябрь). Летне-осенняя волна пыления была наиболее мощная и продолжительная и обусловлена прежде всего цветением полыни (*Artemisia*), маревых (Chenopodiaceae), злаковых (Poaceae). За период исследования на ленты ловушки выпало спор грибов 24 таксонов: 17 из отдела Ascomycota, 6 – отделов Basidiomycota и 1 - Oomycota.



## **ГЛАВА 5. «Влияние метеорологических факторов и изменения в землепользовании на концентрацию пыльцы растений и спор грибов в воздухе»**

### **5.1. Метеорологические факторы и аэриобиологический спектр.**

Поскольку фенология цветения сильно зависит от температуры, ожидается, что изменение климата изменит характер распределения пыльцы и ее количество, что может повлиять на случаи респираторной аллергии. Сезонные проявления аллергии могут быть также связаны со спорами плесневых грибов, которые в большом количестве находятся в атмосферном воздухе вместе с пылью.

В сравнении с базовым периодом к настоящему времени в Иссык-Кульской котловине во всех ее высотных зонах температура воздуха повысилась на 0,5-0,7° С. В интервале 1901-2000 гг., охватившем целиком XX-е столетие, проявились положительные тренды температуры, при этом общее повышение среднегодовой температуры в Караколе оценивается в 1° С. За период с 1883 по 1945 г. в Караколе шло хорошо выраженное похолодание ( $b_{10} = -0,16^{\circ} \text{C}/10 \text{ лет}$ ), а в период с 1946 по 2009 г. отмечено выраженное потепление ( $b_{10} = 0,24^{\circ} \text{C}/10 \text{ лет}$ ). По данным Тянь-Шанского высокогорного научного центра Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР в периоды 1956-1969 гг. и 2013-2018 гг. температура воздуха сохраняла тенденцию к повышению. Даже на высотах 3300 м тренды температуры воздуха положительные. Положительные тренды температуры воздуха отмечены в июле, августе, сентябре 1971-2019 гг. В 2015 г. в июле наблюдался продолжительный (более 2-х недель) высокий температурный фон. В 2017 г. был наибольший по продолжительности период с положительными температурами воздуха (105) дней, обусловленный положительным трендом температуры воздуха в сентябре.

По данным Каракольского Центра по гидрометеорологии, Агентства по гидрометеорологии при МЧС КР показатели самых высоких температур в июле 2015 года отмечены в пределах 30,5° - 34,8° С. Сообщаются показатели самых высоких температур в сентябре 2017 г. – 28,9° - 31,4° С, что для этого месяца в Иссык-Кульской котловине нетипично. Указывается на значительное потепление климата Тянь-Шаня в сентябре (0,0329°С/год) на всех без исключения метеорологических станциях.

**5.1.1. Метеорологические факторы и пыльца растений.** Сезонные вариации в содержании пыльцы в г. Каракол в 2015-2017 гг. отражают следующие значения: в 2015 г. абсолютный максимум пыльцы в воздухе наблюдался в июле (54,4%) и августе (37%), в 2016 г. в июне (23%) и июле (41%), в 2017 г. в июне (20%) и июле (57,5%). Исходя из рисунка 5.1.1.1

следует, что абсолютный максимум пыльцы в воздухе совпадает с высокими значениями температуры в районе исследования.

Таксономическое разнообразие пыльцы растений (деревьев (лидирует *Pinus*), пыльца сорных трав (лидируют *Artemisia* и *Roaceae*)) и спор грибов (с мировыми аллергенами - *Alternaria* и *Cladosporium*) г. Каракол, с максимальной концентрацией в летне-осенний период, полагаем, уже является одной из причин роста заболеваемости поллинозом (рисунок 5.1.1.2). Когда максимальные концентрации спор грибов совпадают с появлением в воздухе пыльцы *Artemisia* и *Roaceae*, которые являются наиболее распространенной причиной пыльцевой аллергии, такое совместное присутствие аэроаллергенов повышает риск возникновения заболевания. Изучение специфических IgE-антител еще в 90-е годы XX века в Кыргызской Республике показывало, что пыльца *Artemisia* лидирует как этиологический фактор поллиноза в городах Бишкек и Нарын. На 2-м месте находится пыльца *Roaceae*, причем наивысшие значения аллергенспецифических IgE-антител к пыльце *Roaceae* и *Chenopodiaceae* отмечены в г. Каракол. В 2015 г. в Караколе основной пыльцевой спектр был представлен за счет пыльцы трав - 97,5%. Пыльцы полыни выпало наибольшее количество - 66,8% от всей уловленной пыльцы растений.

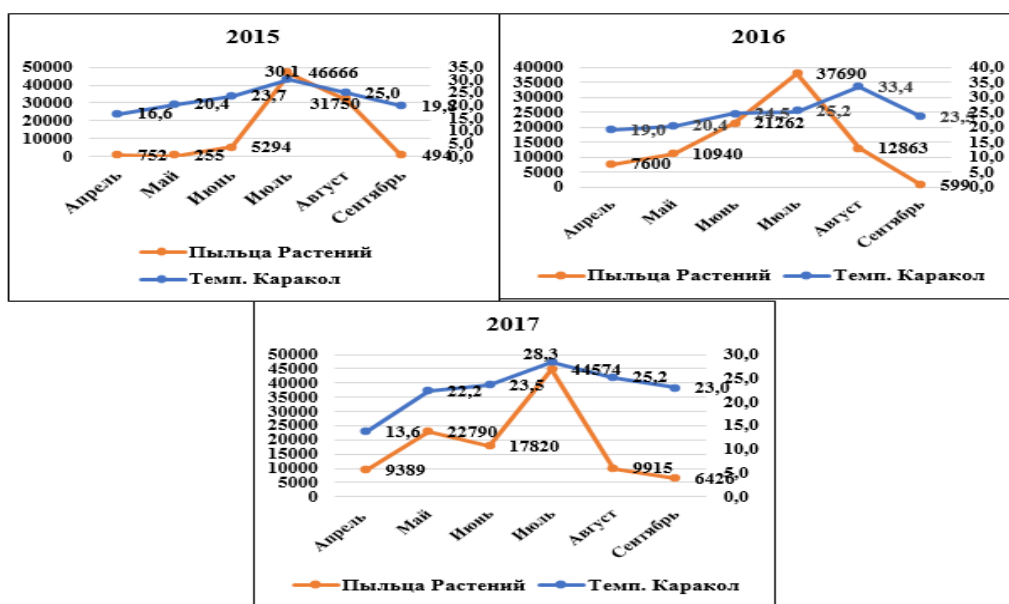


Рисунок 5.1.1.1 – Значения содержания пыльцы растений и  $t^{\circ}$  воздуха. Еще в конце 90-х годов прошлого века в пыльцевом спектре населенных пунктов Иссык-Кульской области прослеживалась тенденция к увеличению доли сорных растений – полыни, злаковых, маревых, конопли, с высокой аллергенной активностью: на юго-востоке области они занимали 81-86%, а в г. Каракол – 85,1-90%.

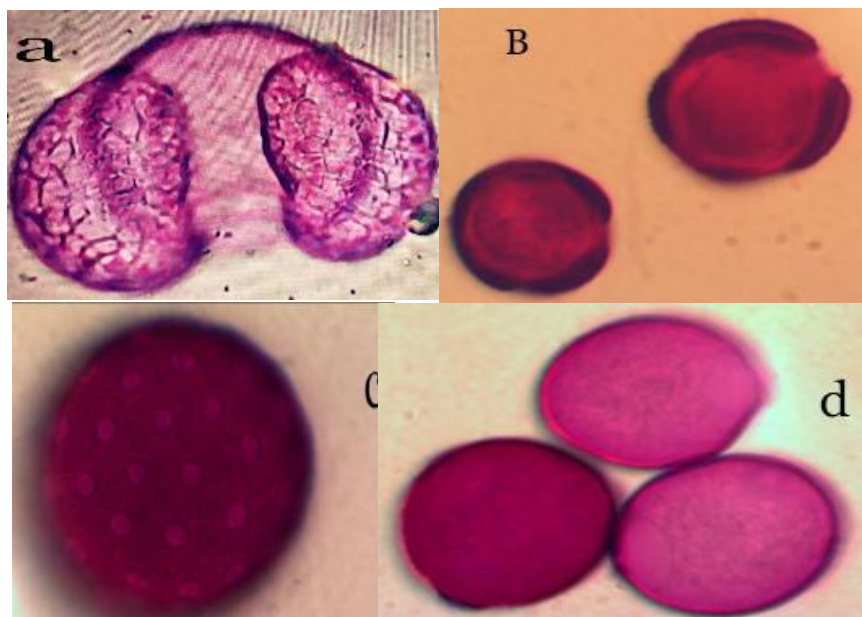


Рисунок 5.1.1.2 - Пыльца растений (г. Каракол): а - *Pinus* sp.; в - *Artemisia* sp.; с – *Chenopodiaceae*; d - *Poaceae*

Пыльца *полыни* входит в десятку глобальных аэроаллергенов и аллергия к ней распространенное явление в мировом масштабе. Пыльцевые зерна *Artemisia* при микроскопическом анализе аэриобиологических проб нами идентифицировались на уровне ботанического рода. Поэтому многие виды *полыни*, встречающиеся совместно, обозначались на уровне рода. Пыльца *полыни* присутствовала в воздухе г. Каракол за все сезоны исследования от 154 до 166 дней. Максимальные суточные концентрации зафиксированы в июле. Сильное увеличение концентрации пыльцы *Artemisia* наблюдалось в середине - конце июля, и это соответствовало повышению среднесуточной температуры воздуха за сезоны исследования (рисунок 5.1.1.3). При наивысших температурах 2015 года в 30,1° С в г. Каракол отмечены самые высокие концентрации пыльцы *полыни* (61% всей пыльцы *полыни* за сезон), в 2017 году – при температурах 28,3° С (67% всей пыльцы *полыни* за сезон). При наивысших температурах 2016 года до 33,4° С, 72% всей пыльцы *полыни* за сезон выпал при температурах 25,2° С.

Видовая идентификация пыльцы *злаковых* под СМ затруднена и поэтому они регистрируются под общим грифом «злаки». В зависимости от пункта исследований, первым или вторым по этиологической значимости аэроаллергеном считается пыльца *злаков*. У больных *поллинозом* республики регистрируются к ней IgE-антитела 3-4 класса чувствительности РАСТ. Причём их наивысшие значения отмечены в г. Каракол: g3 (27,5), g4 (28,1), а наименьшие – в г. Нарын: g3 (0,9) и g4 (0,8). Большие концентрации пыльцы *злаковых* связывают с сухой, теплой погодой, с яркими солнечными днями, в то время как количество пыльцы растений этого семейства уменьшается при



пониженных температурах воздуха и при выпадении осадков (более длительные периоды, в течение несколько часов или дней).

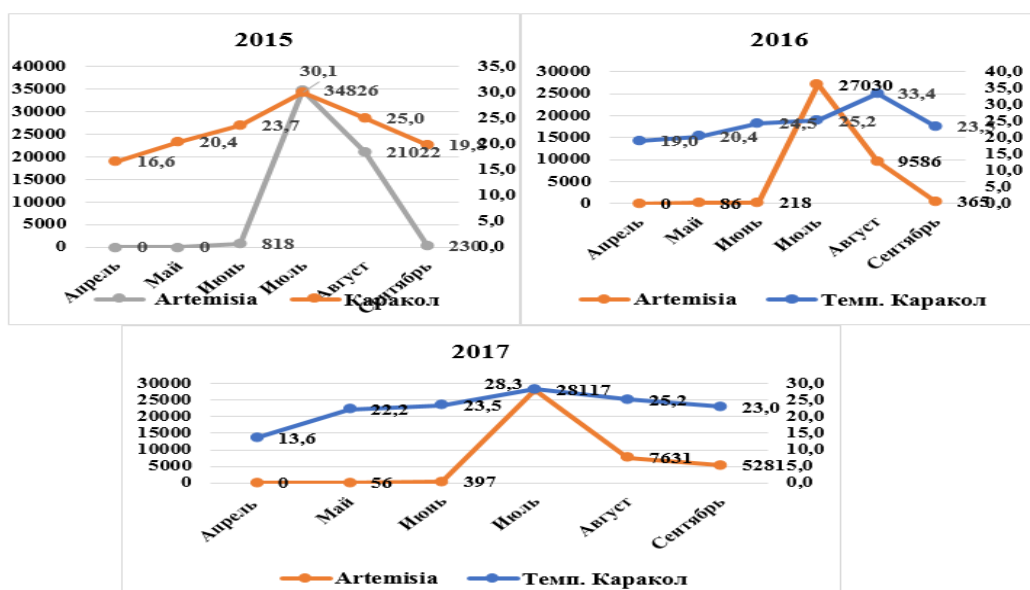


Рисунок 5.1.1.3 –Значения содержания пыльцы *Artemisia* sp. и  $t^{\circ}$  воздуха

Пыльца злаков присутствовала в воздухе г. Каракол за все сезоны исследования от 167 до 174 дней. Максимальные суточные концентрации зафиксированы в июне-июле. Наивысшие температуры в  $30,1^{\circ}\text{C}$  в 2015 году сопровождались высокими концентрациями пыльцы злаковых растений (53% всей пыльцы злаков за сезон). В 2016 году 64% пыльцы злаков от всей пыльцы за сезон выпало при температуре  $24,5^{\circ}\text{C}$  (максимальная температура за сезон-  $33,4^{\circ}\text{C}$ ); в 2017 году – при температуре  $23,5^{\circ}\text{C}$  выпало 69% всей пыльцы злаков за сезон (максимальная температура за сезон-  $28,3^{\circ}\text{C}$ ) (рисунок 5.1.1.4).

К пыльце *маревых* у больных поллинозами регистрируются аллерген специфические IgE-антитела 2-3 класса чувствительности РАСТ. Наивысшие их значения выявлены в г. Каракол: w15 (2,8), w17 (1,5) и г. Ош: w15 (2,0), w17 (1,5). Пыльца маревых присутствовала в воздухе г. Каракол за все сезоны исследования от 144 до 162 дней.

Максимальные суточные концентрации зафиксированы в июле-августе. При самых высоких температурах 2015 г. в  $30,1^{\circ}\text{C}$  значительные концентрации пыльцы маревых (61% всей пыльцы маревых за сезон) отмечены при температурах до  $25^{\circ}\text{C}$ . В 2016 году при температурах  $25,2^{\circ}\text{C}$  и  $33,4^{\circ}\text{C}$  отмечены наивысшие пики пыления маревых (соответственно 46% и 45% всей пыльцы маревых за сезон). 2017 г. был очень схож с предыдущим годом наличием двух пиков пыления растений этого семейства, то есть при температурах  $28,3^{\circ}\text{C}$  и  $25,2^{\circ}\text{C}$  отмечены пики пыления маревых (соответственно по 38% всей пыльцы маревых за сезон) (рисунок 5.1.1.5).

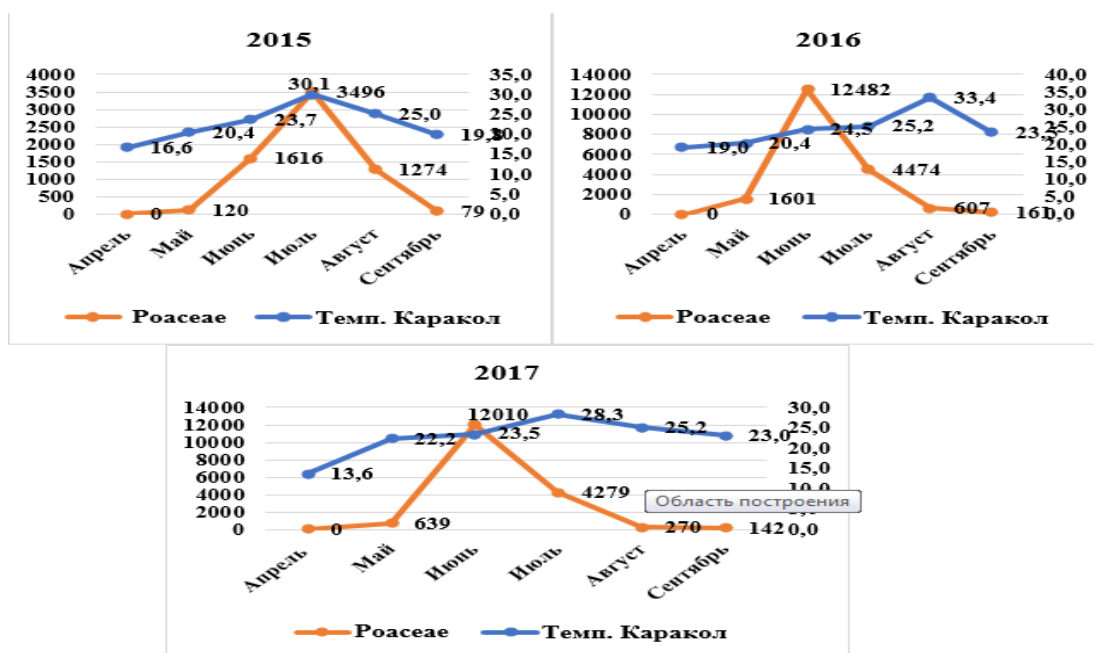


Рисунок 5.1.1.4 – Значения содержания пыльцы Roaseae и  $t^{\circ}$  воздуха

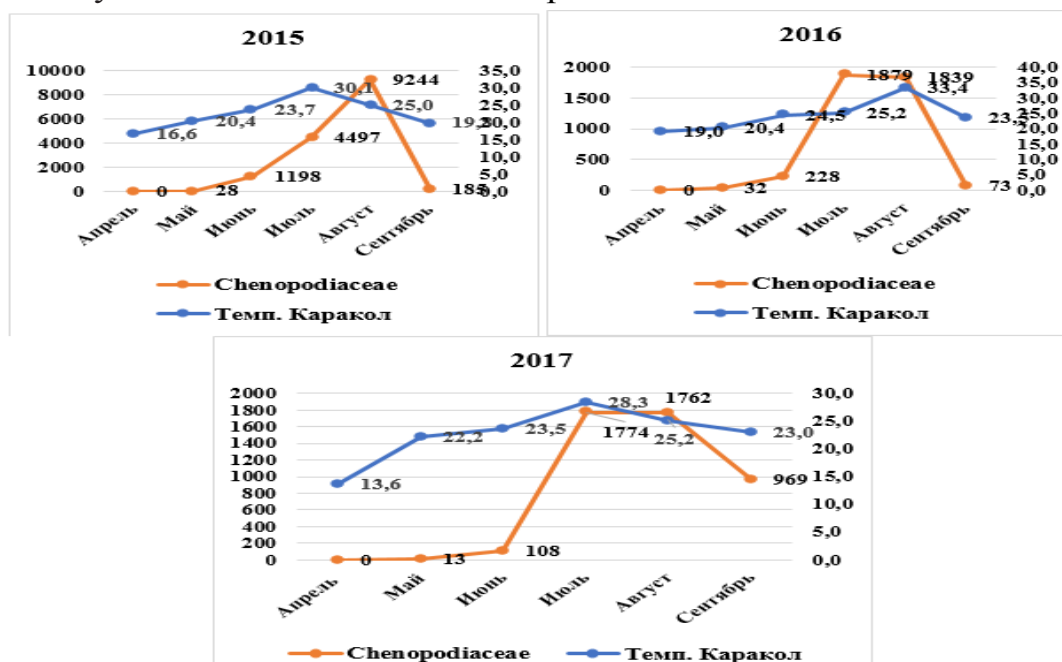


Рисунок 5.1.1.5 – Значения содержания пыльцы Chenopodiaceae и  $t^{\circ}$  воздуха

За годы исследования в г. Каракол сроки присутствия пыльцы конопли варьировали от 84 до 153 дней, с мая по сентябрь. Максимальное суточное число во все годы зафиксировано в июле. При наивысших температурах 2015 г. в  $30,1^{\circ}\text{C}$  отмечены самые высокие концентрации пыльцы конопли (94% всей пыльцы конопли за сезон), в 2017 г. – при температуре  $28,3^{\circ}\text{C}$  (88% всей пыльцы конопли за сезон). 2016 г. отличался тем, что 71% всей пыльцы конопли за сезон выпал при температуре  $25,2^{\circ}\text{C}$ , хотя наивысшие температуры доходили до  $33,4^{\circ}\text{C}$  (рисунок 5.1.1.6).

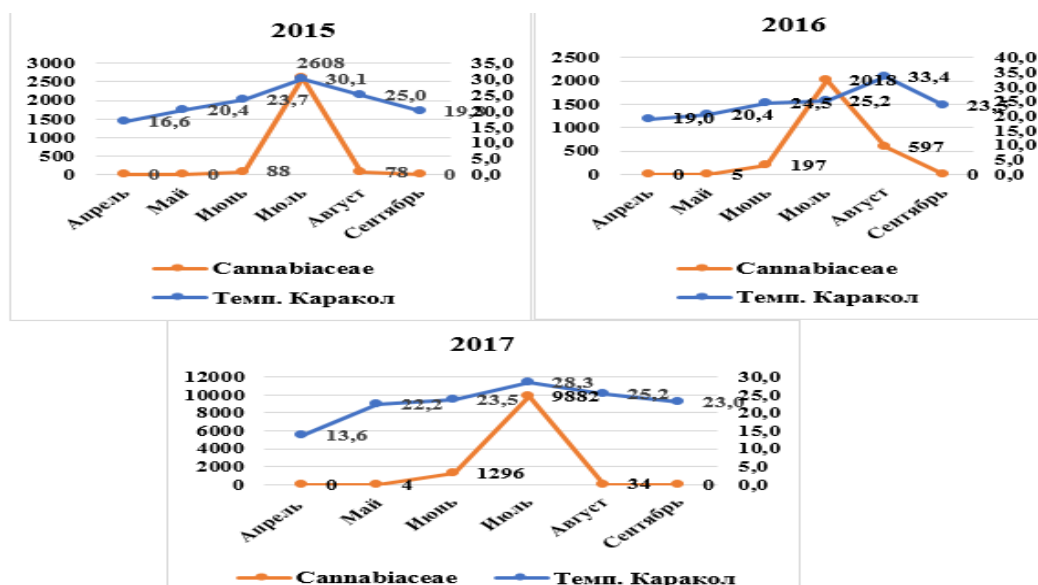


Рисунок 5.1.1.6 – Значения содержания пыльцы Cannabaceae и  $t^{\circ}$  воздуха

Температура воздуха таким образом, оказывает большее влияние на концентрацию пыльцы и начало пыльцевого сезона, чем другие переменные. В наших исследованиях корреляция с температурой была положительной, в то время как связь с осадками и относительной влажностью воздуха была отрицательной. При наличии осадков происходило значительное вымывание пыльцы, и в воздухе снижалось содержание аллергенов. В то же время, указывается на то, что засушливые условия и повышенная температура препятствуют развитию пыльцы и увеличивают содержание аллергенов из-за стресса растений. Влияние засухи проявляется в снижении жизнеспособности растений и заметных изменениях в развитии пыльцы.

**5.1.2. Метеорологические факторы и споры грибов.** Во все годы исследования в г. Каракол количество спор грибов превалировало над количеством пыльцы растений: в 2015 г. 54,4% спор грибов над 45,6% пыльцы растений, в 2016 г. соответственно 51,9% над 48,1%, в 2017 г. 64,7% над 35,3%. В воздухе города наблюдались высокие концентрации спор грибов. Споры, представляющие класс Dothideomycetes, превосходили численностью все другие наружные биоаэрозоли. Из всех 24 таксонов зафиксировано максимальное количество спор *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Ustilago* во всех декадах сезонов наблюдения.

По данным 2015 г., максимальный количественный состав спор грибов был зафиксирован в июле (76,4%), в 2016 г. в июле (38%), в 2017 г. в июле (60%). Данные в г. Каракол коррелируют с метеорологическими данными исследуемого района. Аэроспоры циркулировали в воздухе г. Каракол в течение всего сезона исследования (весенне-осенний период) с максимальным содержанием в июне - августе. 2017 г., как показано на рисунке 5.1.2.1, был наиболее мощным по количественному и

таксономическому составу аэромикологического спектра. В 2015 г. наивысший пик концентрации спор грибов пришелся на 3-ю декаду июля. Эти данные коррелируют с температурой воздуха (рисунок 5.1.2.1). В это время (во 2-й и 3-й декадах июля) наблюдались самые высокие температуры воздуха (соответственно 34.8° и 33.5° С).

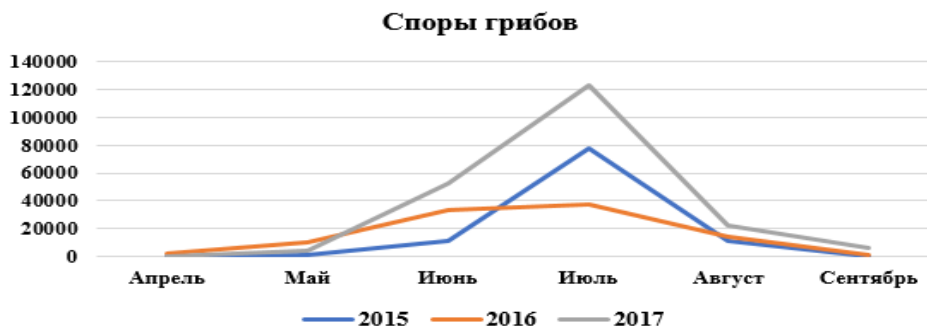


Рисунок 5.1.2.1 – Концентрация аэроспор по годам исследования

В динамике аэромикологического режима в 2016 г. наблюдались два выраженных пика спор грибов в летне-осенний период. Первый пик был зафиксирован во 2-й декаде июня (16724 с. г./м³), а второй - во 2-й декаде июля (16709 с. г./м³) (рисунок 5.1.2.2). Это соответствует почти одинаковым показаниям максимальных суточных температур июня-июля (31° С - 1-я декада июня и 30.5° С – 2-3-я декады июля) (таблица 5.1.2.1, рисунок 5.1.2.2).

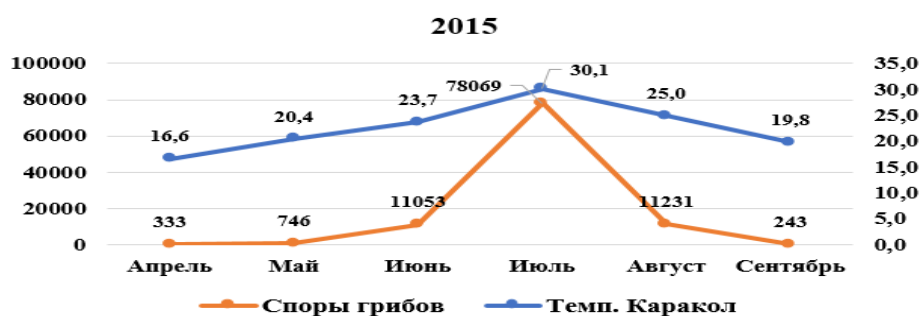


Рисунок 5.1.2.2 – t° воздуха в г. Каракол и концентрация спор в 2015г.

Таблица 5.1.2.1 – Показатели высоких температур за период наблюдений

2015г.	Июнь			Июль			Август		
Декады	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Максим-я t ° (осадков нет)	28 ° 08.06	28 ° 19.06	27.6° 30.06	30.5° 09.07	34.8° 16.07	33.5° 21.07	28.9° 06.08	30.5° 20.08	31.4° 21.08
2016г.	Июнь			Июль			Август		
Декады	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Максим-я t ° (осадков нет)	31° 10.06	29.8° 11.06	29° 30.06	29° 07.07	30.5° 13.07	30.5° 27.07	28.5 ° 07.08	29.5° 13.08	28.6° 29.08
2017г.	Июнь			Июль			Август		
Декады	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Максим-я t ° (осадков нет)	26.2° 04.06	27.6° 13.06	29° 23.06	34.3° 09.07	29.2° 11.07	32.4° 29.07	31.7° 08.08	25.5° 15.08	27.7° 31.08

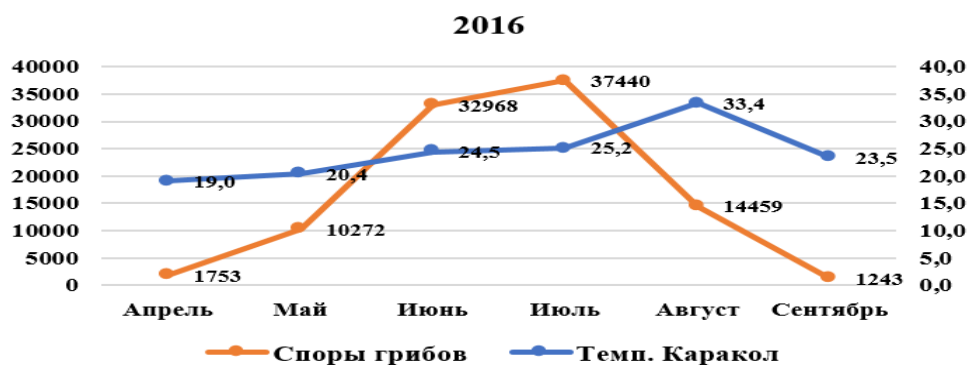


Рисунок 5.1.2.3 –  $t^{\circ}$  воздуха в г. Каракол и концентрация спор в 2016 г.

В 2017 г. наивысший пик концентрации спор грибов пришелся на 2-3-ю декаду июля. Эти данные коррелируют с температурой воздуха. В 1-й декаде июля  $34.3^{\circ}\text{C}$ , в 3-й декаде июля –  $32.4^{\circ}\text{C}$  и 1-й декаде августа –  $31.7^{\circ}\text{C}$  (таблица 5.1.2.1) наблюдались самые высокие температуры за исследуемый сезон. На рисунке 5.1.2.4 показаны наивысшие значения концентрации спор грибов при высоких температурах воздуха.



Рисунок 5.1.2.4 –  $t^{\circ}$  воздуха в г. Каракол и концентрация спор в 2017 г.

В г. Каракол мы отметили сильную положительную корреляцию: когда значение температуры увеличивается, количество спор грибов увеличивается аналогичным образом. Температура, осадки, относительная влажность и другие метеорологические параметры, как ветер, влияют на рост грибов, а также на концентрацию и распределение спор грибов в атмосфере. Повышение температуры, обеспечивая сухость окружающей среды, благоприятствовало выбросу спор в атмосферу.

Среди спор грибов по количественному составу во все годы исследования преобладали споры 3-х таксонов: кладоспориума (суточный максимум – 31248 (27 июля 2015 г.)); альтернарии (суточный максимум – 5376 (28 июля 2015 г.)); фузариума (суточный максимум –  $18036 \text{ с. г./м}^3$  (30 июня 2017 г.)) (рисунок 5.1.2.5). В г. Каракол во всех декадах июня, июля, августа 2015-2017 гг. отмечены высокие концентрации спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*.



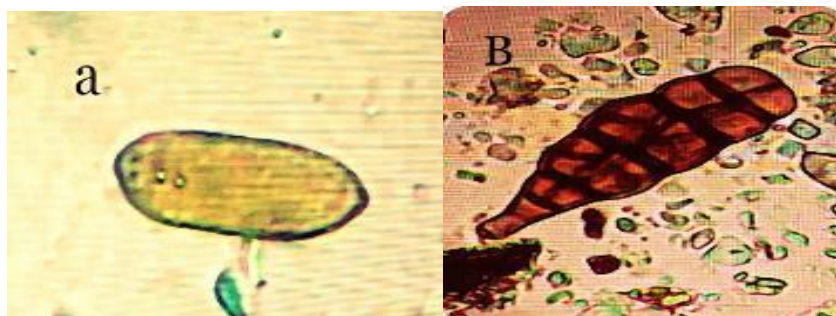


Рисунок 5.1.2.5 – *Cladosporium* (a), *Alternaria* (b) (г. Каракол)

Идеальную зависимость трех вышеуказанных таксонов от высоких температур воздуха показал 2015 г. (рисунок 5.1.2.6). Концентрации спор *Cladosporium* превышают количество спор других таксонов. Максимальное суточное число спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* в 2015 г. зафиксировано в конце июля – начале августа. При высоких температурах в 30,1° С отмечены наивысшие концентрации спор кладоспориума (74% всех спор за все сезоны исследуемых лет).

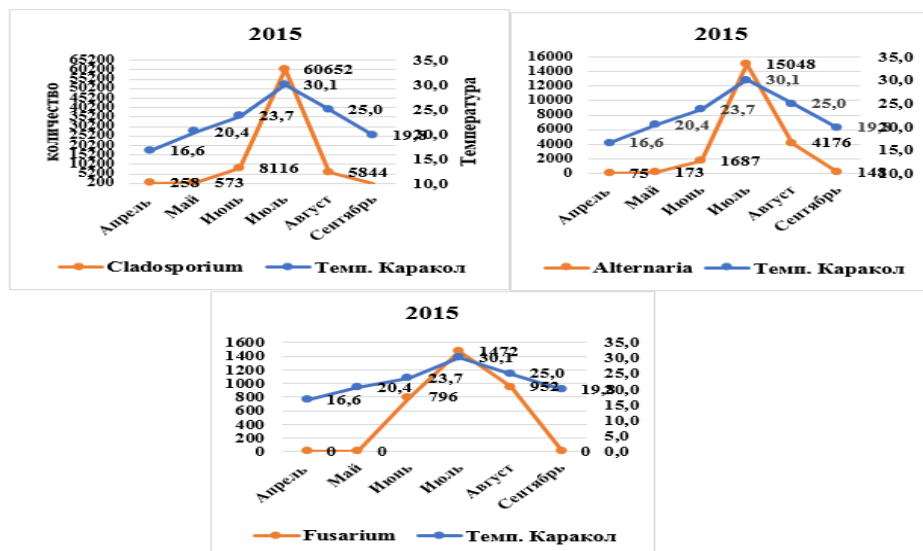


Рисунок 5.1.2.6 –  $t^{\circ}$  воздуха в г. Каракол и концентрация спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* в 2015 г.

В 2015 г. июль – август в г. Каракол был экстремально сухим. Данная тенденция сохранилась и в августе. В июле осадки выпадали всего 5 дней, ясная погода держалась 19 дней. Споры *Cladosporium* и *Alternaria* предпочитают наиболее для себя благоприятные погодные условия - жаркое и сухое лето с высокой температурой воздуха и минимальным количеством осадков.

Максимальное суточное число спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* в 2016 г. в г. Каракол зафиксировано в середине мая до 2-й половины июня. При температурах 24,5° С отмечены почти 46% концентрации спор кладоспориума за все сезоны исследуемых лет (рисунок 5.1.2.7). В 2016 г. зарегистрировано наибольшее количество спор альтернэрии за все годы

исследования, почти 27%, при этом наивысшее количество спор выпало при температуре 25.2° С. Споры фузариума имели два пика, при температурах 20.4° С и 25.2° С, в мае и июле. В мае 2016 г. отмечено более 18 дней облачных, с повышенной влажностью. Установлено, что при высоких концентрациях CO<sub>2</sub> и низких концентрациях азота такие виды, как *Fusarium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, увеличивали спорообразование до 5 раз.

Максимальное суточное число спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* в 2016 г. в г. Каракол зафиксировано в середине мая до 2-й половины июня. При температурах 24.5° С отмечено почти 46% концентрации спор кладоспориума за все сезоны исследуемых лет (рисунок 5.1.2.7). В 2016 г. зарегистрировано наибольшее количество спор альтернарии за все годы исследования, почти 27%, при этом наивысшее количество спор выпало при температуре 25.2° С. Споры фузариума имели два пика, при температурах 20.4° С и 25.2° С, в мае и июле. В мае 2016 г. отмечено более 18 дней облачных, с повышенной влажностью.

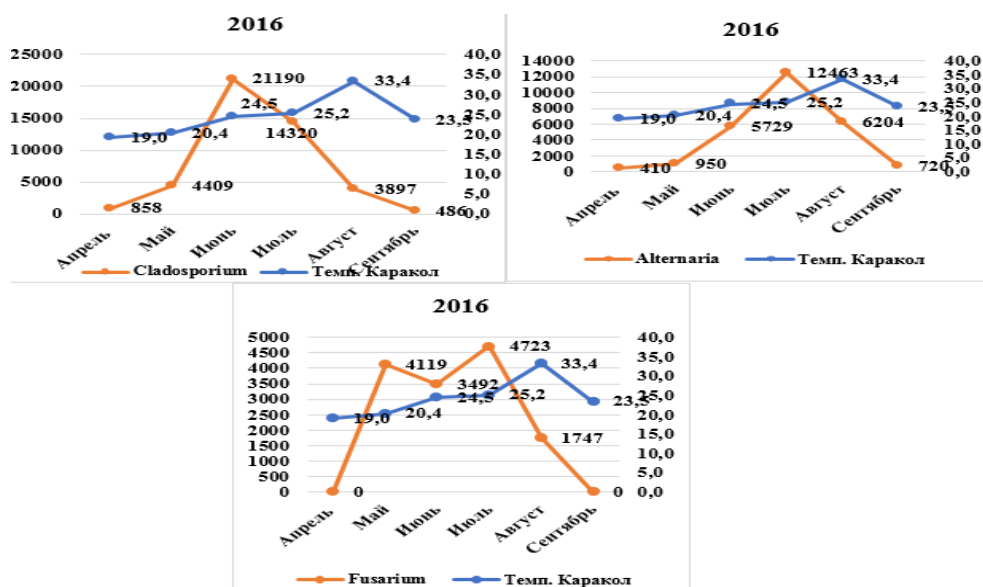


Рисунок 5.1.2.7 – t° воздуха в г. Каракол и концентрация спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* в 2016г.

В 2017 г. повышение температуры, обеспечивая сухость окружающей среды, благоприятствовало выбросу спор в атмосферу. Это показано в данном исследовании в г. Каракол на спорах грибов *Cladosporium* и *Alternaria* (рис. 5.1.2.8). Спор грибов выпало в июле - августе - 60-76%. Максимальное суточное число спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* в 2017 г. зафиксировано в конце июня – начале июля. На период июль-август приходится созревание грибов и начинается период спороношения и максимального распространения спор.

Июль 2017 г. был максимально сухим за счет малого количества осадков (5 дней) и ясной погоды (19 дней). Почти такая же погода держалась в августе (6 дней осадков и ясной погоды за 17 дней). При температурах в 28,3° С отмечены высокие концентрации спор кладоспориума (65%). При этих же значениях температуры выпало 10,7% спор альтернарии. В отличие от 2016 г. споры фузариума в 2017 г. при температуре 23,5° С имели один пик и за все годы исследования составляли наибольшее количество, почти 18%.

Таким образом, среднесуточная температура воздуха в г. Каракол была наиболее важной переменной и достоверно коррелировала с ежедневным количеством спор всех типов.

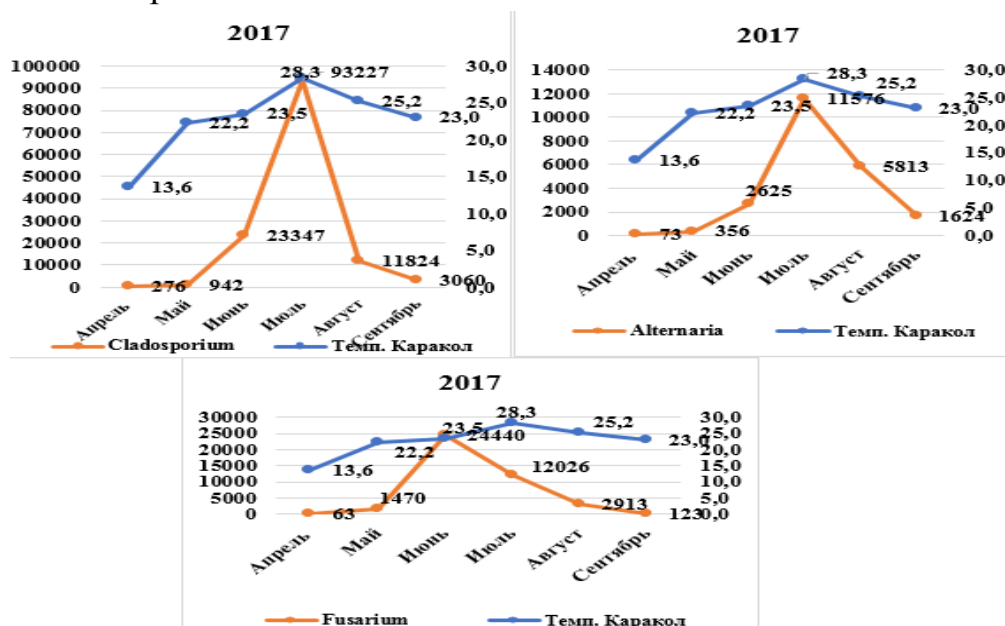


Рисунок 5.1.2.8 –  $t^{\circ}$  воздуха в г. Каракол и концентрация спор *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* в 2017г.

Концентрация спор грибов в 2015-2017 гг. показала также зависимость от осадков. Здесь можно отметить сильную отрицательную корреляцию, когда значение одной переменной, то есть осадков увеличивается, значение другой переменной – количества спор грибов имело тенденцию к уменьшению (рисунок 5.1.2.9). В дождливые дни биочастицы атмосферы становятся тяжелыми, поэтому они выпадают на землю. Это обстоятельство называется «омывание дождем».

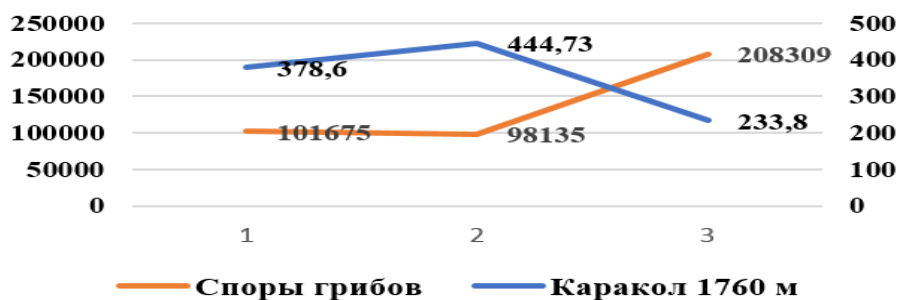


Рисунок 5.1.2.9 – Значения осадков и концентрации спор грибов



Для других переменных картина более сложная. Например, *Torula*, *Tilletia*, *Curvularia*, *Didymella* (впервые отмечена в Караколе в 3-й декаде июня 2017 г.) не имеют сильной зависимости от метеопараметров. Некоторые исследователи отмечают, что связь этих типов спор с температурой была слабее. В частности, выделение и рассеивание спор дидимеллы не сильно зависит от температуры воздуха. Вероятно, это зависит от наличия спор этих грибов в воздухе в малых концентрациях.

Три декады августа в г. Каракол определяются споры *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Ustilago*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Serpula*, *Pyrenophora*, *Helminthosporium*, небольшие значения *Epicoccum*, *Tilletia*, *Puccinia*, *Torula*, *Drechslera*, *Stemphilium*, *Curvularia*, *Polythrincium*, *Phytophthora* и *Piricularia*. То есть, август – это месяц таксономического многообразия спор грибов.

Изменение температуры может повлиять на колонизацию и рост грибов непосредственно через физиологию отдельных организмов, или косвенно, через физиологические эффекты на растения-хозяев или субстратов. И результатом этого, полагаем, является присутствие в аэромикологическом спектре спор головневых (*Ustilago*, *Sorosporium*, *Tilletia*) и ржавчинных (*Puccinia*) грибов, которое, по-видимому, является следствием заражения ими зерновых культур. Полагаем, что растительность окрестностей города существенно влияет на содержание спор грибов в самом городе.

В данных исследованиях воздействие метеорологических факторов на пыльцу растений и споры грибов варьировало в разные годы. Иногда на концентрацию аэробιοчастиц средние значения температуры играли не меньшее значение, чем максимальные. Наиболее значимым метеорологическим фактором, влияющим на циркуляцию спор грибов в воздухе является температура. Её повышение может способствовать появлению новых или распространению уже имеющихся аэроаллергенов и возбудителей болезней растений.

## **5.2. Изменения в землепользовании и аэриобиологический спектр.**

Концентрация пыльцы в воздухе сильно коррелирует с интенсивностью цветения ветроопыляемых видов, произрастающих в местах мониторинга и вокруг них. То есть, пыльцевой спектр населенных пунктов зависит от своей декоративной и рудеральной городской флоры, от культур близлежащих сельскохозяйственных угодий. Исходя из таксономического и количественного состава пыльцы растений спор грибов, выпавших в исследуемый период в г. Каракол, нами был проведен анализ архивных материалов об ассортименте выращиваемых культур в прошлые годы в окрестностях г. Каракол, в Прииссыккулье, материалов по посевным

площадям и сельскохозяйственным культурам (архивные и современные источники).

Виды землепользования и изменения в землепользовании существенно влияют на количественный и качественный состав пыльцы растений и спор грибов в воздухе населенных пунктов. В разные годы исследования в г. Каракол выпало пыльцы растений от 24 до 32 таксонов. Среди этих таксонов количество пыльцы трав варьировало от 69% до 97,5%, а пыльцы деревьев от 2,5% до 30,3%. То есть, увеличилось количество пыльцы трав, где доминирующее положение занимала пыльца злаковых, полыни, маревых, коноплевых. Пыльца полыни занимала 66,8% от всей пыльцы растений спектра. Сравнение полученных результатов с исследованиями 1997-1999 гг. в г. Каракол показали, что из 20 таксонов растений тогда доминировали (93,1%) все те же - злаковые, полынь, маревые. В контексте этого наблюдения мы сделали вывод о преобладании пыльцы Роасеае в воздухе урбанизированных территорий, которые окружены преимущественно аграрными ландшафтами. Тем более, что в последние десятилетия резко сократились масштабы озеленения в городской среде Каракола по сравнению с масштабами роста площади и населенности города. В это же время по абсолютным значениям доминировали пики спор, пиковое содержание пыльцы было менее значимым. Все 24 таксона идентифицированных спор грибов являются паразитами растений.

Благодаря развитию «зерновой независимости» региона, расширению площадей под зерновые культуры (яровая и озимая пшеница, тритикале (кормовая пшеница), повышение ассортимента выращиваемых культур привели к тому, что в воздухе г. Каракол появились патогены: споры ржавчинных (*Puccinia*) и головневых грибов (*Tilletia*), сороспориум (*Sorosporium*). Эти фитопатогены инфицируют многие дикорастущие и культурные растения. В воздухе города отмечены также грибы, которые могут оставаться несколько лет живыми на семенах растений, например стемфилиум (*Stemphylium*). Отмечены споры гриба серпула (*Serpula*). Они могут вызывать аллергию у проживающих в зараженных грибом помещениях, а у больных бронхиальной астмой – обострение болезни.

Ассортимент культурных растений в регионе за последние 100 лет изменился. Процесс расширения посевных площадей, повышение ассортимента выращиваемых культур и растительные патогены в Иссык-Кульской области Кыргызской Республики повлияли на аэробиологический спектр воздуха населенных пунктов. Увеличилось количество таксонов трав, количество пыльцы Роасеае, число таксонов спор и появились споры

ржавчинных и головневых, ранее не идентифицированных в аэробиологических образцах.

**Глава 6. «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады: изменения климата, системы землепользования и загрязнения окружающей среды».** Куприянов С. Н. (1978) выделяет 3 семейства, пыльца представителей которых в наибольшей степени сенсibiliзирует человека: *Poaceae*, *Asteraceae* и *Chenopodiaceae*. Кроме злаков, в десятку глобальных аэроаллергенов входит пыльца березы, ивы, платана, маслины, полыни, амброзии и маревых. Из вышеперечисленных видов 90% выпали на слайды ловушки в г. Каракол. Пыльца ведущих аэроаллергенов - полыни, злаков, маревых - содержится в воздухе г. Каракол в значительных количествах и значительный период (до 150 дней) (рисунок 6.1).

Качественный и количественный состав пыльцы в воздухе разных лет практически идентичен, но имеются и отличия в преобладании и наличии определенных таксонов. Таксономический состав пылевых аллергенов в воздухе и пыльца отдельных таксонов определяет частоту возникновения поллинозов. В г. Каракол наибольшую опасность представляет пыльца сорных трав (полыни, маревые) в летне-осенний период.

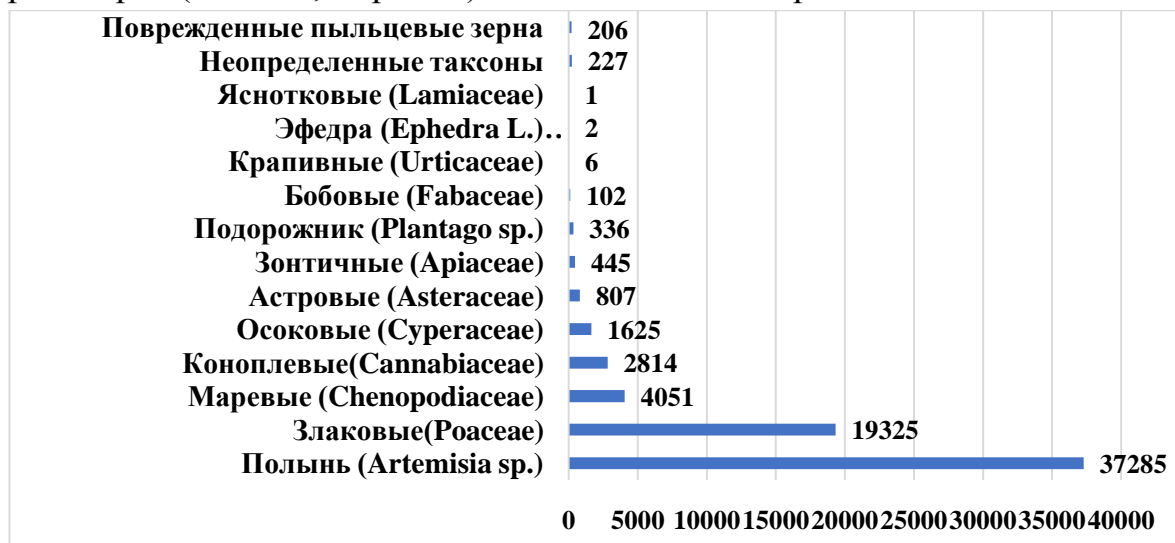


Рисунок 6.1 - Количественный состав пыльцы трав (п. з./м³) г. Каракол

Среди спор грибов – мировые аллергены – это *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus* и *Penicillium*. В воздухе количество спор в течение года и в разные годы меняется в широких пределах, достигая высоких концентраций летом из-за наличия в почве питательных веществ и комплекса метеофакторов. Поэтому в воздухе г. Каракол пиковые концентрации аэроспор наблюдались летом и в начале осени, когда за дождливыми днями наступали солнечные, сухие и ветреные дни. Споры *Alternaria* и

*Cladosporium* содержатся в воздухе г. Каракол в значительных количествах и значительный период (рисунок 6.2).

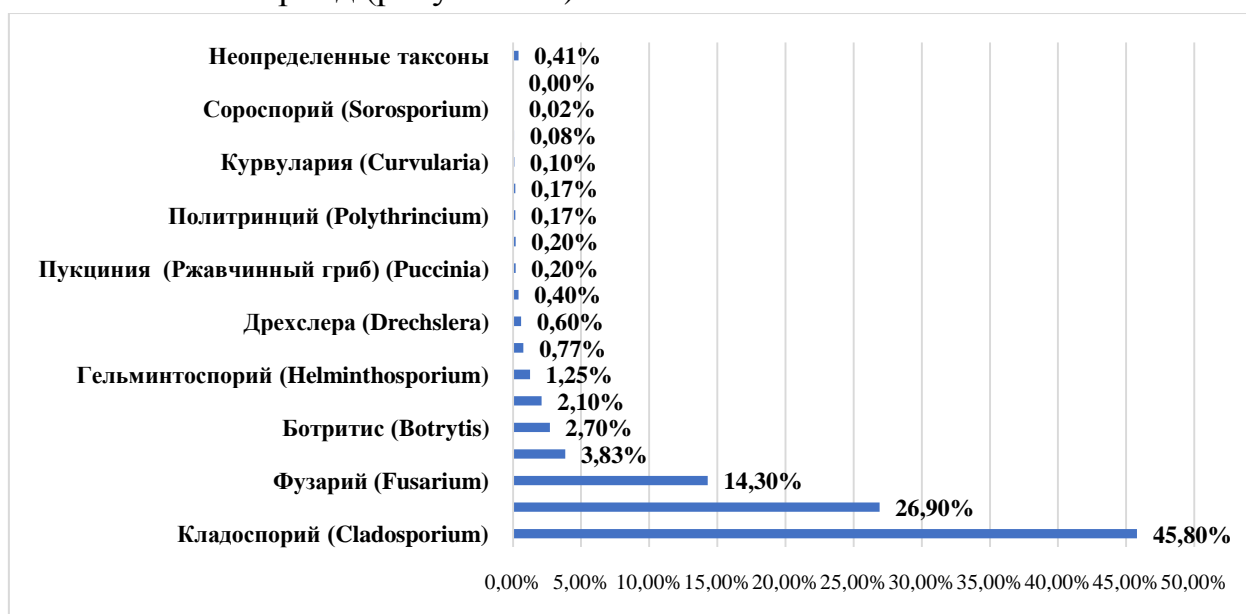


Рисунок 6.2 - Качественный состав г. Каракол спор грибов, %

На рисунке 6.3 представлена заболеваемость по аллергическому риниту (поллинозу) взрослых и детей в г. Каракол за 2015 – 2019 гг. Как видно из данных, наблюдается резкий рост данного заболевания с 2016 года, где особенно чувствительными оказываются дети (рисунок 6.3).



Рисунок 6.3 - Заболеваемость по аллергическому риниту (2015-2019 гг.)

Знание и использование сведений по спорово-пыльцевому спектру той или иной местности имеют большое значение в работе врачей по профилактике поллинозов. К сожалению, в сезон обострения аллергии на пыльцу растений, не все пациенты могут обращаться к аллергологам, так как последних в регионах Кыргызской Республики категорически не хватает. В таких случаях пациенты попадают к семейным врачам или терапевтам, педиатрам, и соответственно они не могут получить квалифицированную аллергологическую помощь. Половина больных аллергическим ринитом вообще не обращается к врачу, другие обращаются, когда их симптомы становятся невыносимыми.

Заболеваемость респираторными заболеваниями растет как среди детей, так и среди взрослых и подростков. Вместе с тем, неуклонно растет количество людей, страдающих аллергией. Таксономическое разнообразие пыльцы растений (пыльца сорных трав, деревьев) и спор грибов (с мировыми аллергенами - *Alternaria* и *Cladosporium*) г. Каракол, с максимальной концентрацией в летне-осенний период, полагаем, уже является одной из причин роста заболеваемости поллинозом.

Изменение климата связано с увеличением продолжительности пыльцевых сезонов, увеличением производства пыльцы, изменением типов пыльцы, наблюдаемых в конкретном месте, и увеличением аллергенности пыльцы. Поскольку пыльца может негативно влиять на такие показатели здоровья, как аллергия и астма, любое увеличение количества пыльцы, связанное с изменением климата, может привести к увеличению бремени астмы и аллергии. В сочетании с воздействием загрязнителей воздуха изменение климата может иметь потенциально серьезные неблагоприятные последствия для здоровья человека.

Исходя из вышеназванных проблем, была необходима разработка актуальной концепции: «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады: изменения климата и системы землепользования; загрязнения окружающей среды» (рисунок 6.4). Пыльца растений как ведущая причина поллиноза является одним из основных компонентов в составе атмосферного биоаэрозоля. Изменение климата влияет как на начало, продолжительность и серьезность пыльцевого сезона, так и на структуру пыльцевого зерна. Цельные пыльцевые зерна размером 10 мкм могут легко проникать в верхние отделы дыхательной системы и sensibilizировать организм, но только фрагменты пыльцы достигают альвеол легких, вызывая симптомы пыльцевой бронхиальной астмы.

Воздушные пыльца растений и споры грибов вносят значительный вклад в неблагоприятные последствия для здоровья человека. Они являются ключевыми триггерами аллергического риноконъюнктивита и обострений бронхиальной астмы. Увеличение концентрации аэроспор, связанное с обильными осадками и высокими температурами, увеличивает риск аллергической sensibilizации. Как правило, разные больные чувствительны к варьирующим уровням аэроаллергенов, поэтому важно понимать, как со временем меняется аллергенная активность пыльцы и спор.

С повышением уровня  $\text{CO}_2$  увеличивается фотосинтез и пыльцепродуктивность растений.

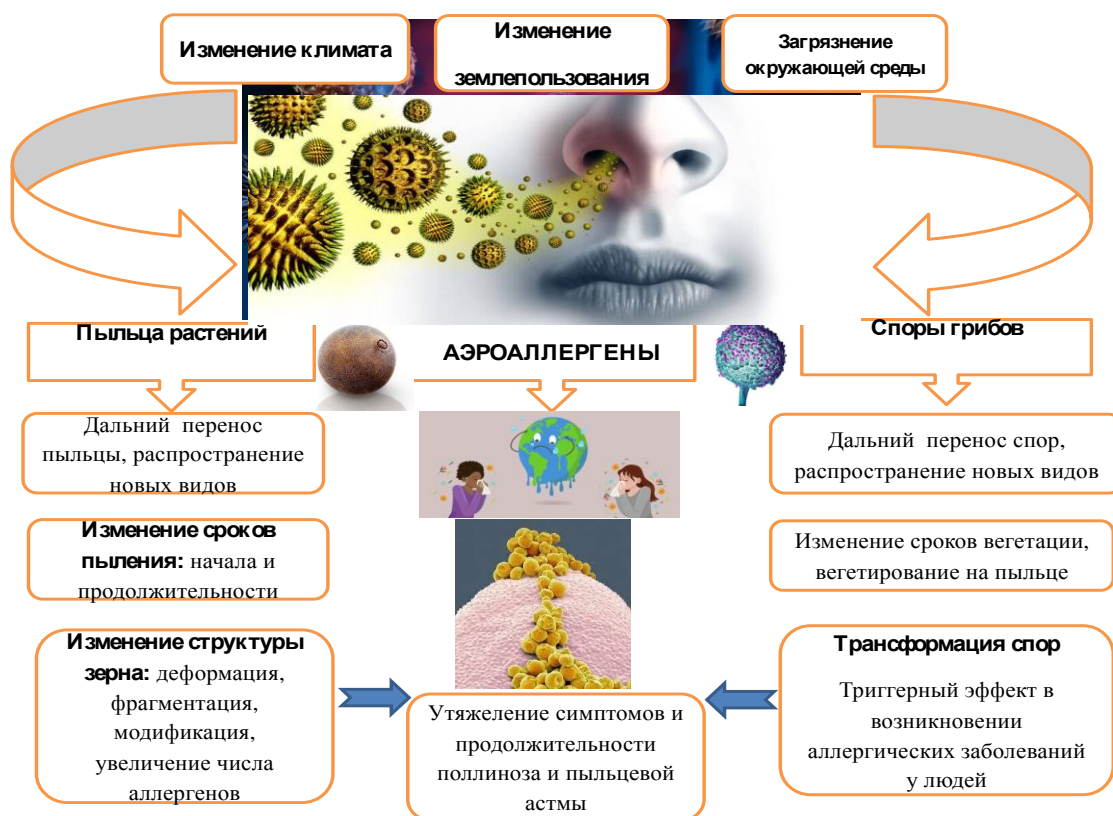

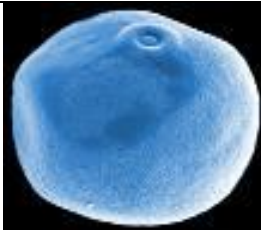
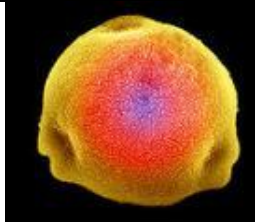



Рисунок 6.4 - Схема концепции «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады»

Во время развития в пыльнике и при рассеивании пыльцы в окружающей среде на нее воздействует комплекс метеорологических условий и загрязнителей воздуха, тем самым усиливая тяжесть клинических проявлений аллергического ринита и бронхиальной астмы. Одним из таких факторов риска развития поллинозов является количество вдыхаемой аллергенной пыльцы, зависящее от таксона аллергенных растений. Общепринятые показатели аэроаллергенов соответствующие симптомам поллиноза разного уровня представлены в таблице 6.1. Исходя из этих данных, можно высчитать ту или иную пороговую аллергенную нагрузку, которой подвергаются больные в определенном регионе. Установлено, что начиная с июня, суточные уровни этиологически значимых аллергенов в г. Каракол превышали так называемые высокие пороговые значения, необходимые для клинических проявлений поллинозов в 3–18 раз.

Показано, что модели эмиссии пыльцы, параметры будущих климатических данных, более высокие температуры смещают начало весенней эмиссии на 10-40 дней раньше, а летне-осенние сорные и злаковые травы – на 5-15 дней позже и удлиняют продолжительность сезона. Температура и осадки изменяют максимумы дневной эмиссии пыльцы от 35 до 40% и увеличивают общую годовую эмиссию пыльцы на 16-40% из-за изменений в фенологии и продукции.

Таблица 6.1 - Градация уровня пыльцы растений и спор грибов в воздухе (м<sup>3</sup>)

Концентрация аэроаллергенов		Симптоматика поллиноза	Изображения пыльцы и спор под сканирующим электронным микроскопом
<b>Споры грибов</b>			
1.	0-6 499	Низкий	
2.	6 500-12 999	Средний	
3.	13 000-49 999	Высокий	
4.	>50 000	Очень высокий	
<b>Пыльца злаков</b>			
1.	0 - 4	Низкий	
2.	5 - 19	Средний	
3.	20 - 199	Высокий	
4.	> 200	Очень высокий	
<b>Пыльца деревьев</b>			
1.	0 - 14	Низкий	
2.	15 - 89	Средний	
3.	90 - 1499	Высокий	
4.	> 1500	Очень высокий	
<b>Пыльца сорняков</b>			
1.	0 - 9	Низкий	
2.	10 - 49	Средний	
3.	50 - 499	Высокий	
4.	> 500	Очень высокий	

За последние несколько десятилетий более высокие температуры привели к раннему (на 3-22 дня) началу сезона пыльцы для весеннецветущих таксонов деревьев (*Betula*, *Quercus* и *Acer*), в то время как поздноцветущие таксоны (*Artemisia* и сорные травы, доминирующие летом и осенью) начинают пылить на 27 дней позже.

Раннее начало (на 10-14 дней раньше) и пиковые концентрации пыльцы более выражены у древесных видов растений, цветение которых начинается в Кыргызской Республике в весенний период. Кроме того, они цветут в городских районах раньше, чем в сельских, что связано с вертикальной зональностью в горных условиях Кыргызстана. Повышенная температура и CO<sub>2</sub> являются идеальными условиями для роста аллергенных растений, таких как травянистые и сорные растения, наиболее быстро растущих и адаптирующихся. Поэтому в пыльцевом спектре городов республики прослеживается четкая тенденция к увеличению доли сорных растений



(злаки, полынь, маревые и конопля), имеющих высокую аллергенную активность.

Загрязнители воздуха органической природы способны прилипать к поверхности экины пыльцевых зерен и микронным частицам растительного происхождения, повышая их аллергенность и различным образом влияя на палиноморфологию. Кроме того, загрязняющие вещества, адсорбированные на поверхности экины пыльцевых зерен, могут преодолевать слизистый барьер вследствие воспаления и повышенной проницаемости дыхательных путей, вызывая усиленный ответ у больных поллинозом. Города Каракол и Балыкчи являются наиболее загрязненными такими химическими элементами как свинец, медь, никель. Растительно-почвенные покровы городов Каракол, Балыкчи, Чолпон-Ата, Каджи-Сай и с. Тюп являются наиболее загрязненными участками котловины оз. Иссык-Куль. Утрата биоразнообразия, изменение климата, загрязнение и микробиом взаимосвязаны, и с этим может быть связан рост аллергии в городской среде.

Наблюдаемое и прогнозируемое воздействие изменения климата на аэроаллергены включает вариации в их продукции и концентрации в атмосфере, сдвиги во времени и продолжительности пыльцевого сезона, модификации аллергенности пыльцы и спор, а также изменения в географическом и пространственном распределении аэроаллергенов и самих растений. Увеличение уровня CO<sub>2</sub> приводит также к повышению продукции спор грибов, еще одного потенциального триггера бронхиальной астмы. Изменение температуры может повлиять на колонизацию и рост грибов прямо через физиологию отдельных организмов, или косвенно, через физиологические эффекты на их растений-хозяев или субстраты.

В связи с увеличением территории посевных земель и с более высокой температурой поверхности в городах, растет количество и таксономический состав спор грибов в воздухе городов. В связи с этим повышается роль спор грибов как аэроаллергенов. Mitchell et al. (2003) сообщает, что глобальные климатические изменения в ответ на увеличение CO<sub>2</sub>, закиси азота и снижение видового разнообразия растений вызывают увеличение числа видов патогенных грибов.

Надо отметить, что в последние годы все резче проявляются особенности климатических условий городов по сравнению с окружающей территорией. Концентрация воздушной пыльцы возросла особенно резко в городах, в среднем на 3%, а в сельской местности только 1% годовых. Это связано с тем, что температура городской среды, называемой как «острова тепла» (явление, когда температура воздуха в городе заметно превышает температуру в его окрестностях), может быть от одного до 3° С градусов



выше, чем температура окрестностей (рисунок 6.5). Такое различие в температурах ведет к тому, что так называемый «сельский бриз», дующий в сторону города, приносит с полей количество и таксоны спор грибов – паразитов дикорастущих и культурных растений. Уровни озона и других загрязнителей воздуха повышаются за счет эффекта городского «острова тепла», который оказывает косвенное влияние на природные явления, вызывающие выбросы частиц, такие как лесные пожары, эрозия почвы и разрушение растительности. Возможно, с этим связано то, что городские жители страдают от респираторных аллергий чаще, чем сельские, в основном из-за взаимодействия химических загрязнителей воздуха и пылевых зерен.

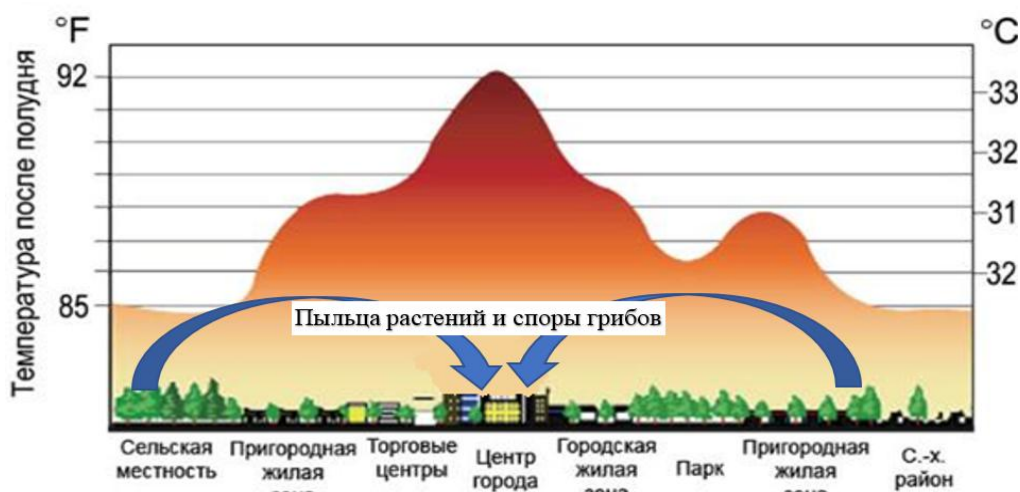


Рисунок 6.5 – Явление городского «острова тепла»

Частые перепады температуры также могут повысить чувствительность пациентов к пыцевым аллергенам через прайминг. Так называется эффект повышения чувствительности слизистых дыхательных путей организма больного к неспецифическим раздражителям после воздействия пыцевых аллергенов.

Можно подчеркнуть, что химические загрязнители воздуха и антропогенные аэрозоли могут изменить воздействие аллергенной пыльцы путем двух механизмов. Во-первых, физические, химические и биологические взаимодействия могут изменять количество и особенности аллергенов в воздухе, например, с помощью химического стресса растений, нитрования белка пыльцы и распада нативной пыльцы с выделением аллергена. Во-вторых, восприимчивость человека к аллергенам может вырасти в присутствии химических веществ и аэрозолей, например, дизельных выхлопов,  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_3$ , а также твердых частиц.

Суммированы **основные эффекты влияния антропогенной триады на пыльцу растений: изменения климата, системы землепользования и урбанизации, загрязнения среды обитания человека:** 1) более ранние

сроки и удлинение сезона пыльцевания; 2) увеличение концентрации и видового состава пыльцы аллергенных растений в воздухе регионов, особенно в городской среде, по вертикальной зональности в горных условиях; 3) модификация, деформация, фрагментация пыльцевого зерна; 4) изменение аллергенного потенциала: увеличение числа аллергенов, содержащихся в пыльце; 5) изменение в геопространственном распределении пыльцы, т. е. транспорт цельной пыльцы растений и ее фрагментов на дальние расстояния; 6) появление в регионе и мировом масштабе новых видов аллергенных растений; 7) изменения в качественном и количественном составе пыльцы аллергенных растений, в особенности злаковых трав, в связи с изменением в системе землепользования; 8) вегетирование на пыльце бактерий и спор грибов, изменяющих структуру пыльцевого зерна; 9) увеличение числа неопределенной пыльцы в аэриобиологических исследованиях.

**Основные эффекты влияния антропогенной триады на споры грибов: изменения климата и системы землепользования, урбанизации и загрязнения окружающей среды:** 1) колонизация и рост грибов; 2) перенос спор грибов на значительные расстояния; 3) повышение количественных тенденций в концентрации аэроспор; 4) трансформация аллергенов в спорах грибов; 5) появление в аэромикологическом спектре региона новых видов спор грибов; 6) изменения в качественном и количественном составе аэроспор, в связи с изменением в традиционной системе землепользования, посеве новых культурных растений и соответственно внесение новых фитопатогенов; 7) триггерный эффект в возникновении аллергических заболеваний у людей; 8) увеличение числа неопределенных споровых частиц в аэриобиологических исследованиях.

**Глава 7. «Озеленение как мера по адаптации к изменению климата».** **7.1. Общие принципы формирования озелененных пространств.** Создание городских насаждений с оптимальной плотностью посадки деревьев и кустарников должно основываться на общих принципах формирования озелененных пространств. В подборе растений для создания ландшафтных композиций наиболее важное значение имеют экологический, фитоценотический и декоративный принципы.

**7.2. Экологическая оценка состояния зеленых насаждений города Каракол.** В последние десятилетия резко сократились масштабы озеленения г. Каракол по сравнению с масштабами роста площади и населенности города. Состояние городской зоны, где помимо местных видов, есть множество интродуцентов, выявило неудовлетворительное состояние древесно-кустарниковой растительности. Структура посадок и

физиологическое состояние растений не способны выполнять микроклиматические и оздоровительные функции. Причинами обеднения урбанистической флоры г. Каракол являются недостаточное использование адаптированного ассортимента древесных видов, плачевное состояние ирригационной системы города, незапланированность построек (стихийное строительство), угрожающее увеличение количества транспорта. В г. Каракол наблюдается «демографическая проблема» в озеленении: старые насаждения стареют и гибнут, а молодых насаждений нет, так как они не приживаются в ставших более агрессивными условиях города.

Видовой состав пыльцы показал, что по количеству в г. Каракол преобладает пыльца хвойных - 65-75% (рисунок 7.2.1). Количество пыльцы лиственных деревьев варьировало в пределах 25-35%. Полагаем, что в последние годы для выполнения плана по озеленению города, высаживаются в большом количестве хвойные деревья, сосна и ель. За годы исследования основной пыльцевой спектр был представлен за счет пыльцы трав. В районе исследования, по-видимому, это связано с тем, что с каждым годом уменьшается количество взрослых деревьев, способных продуцировать пыльцу.

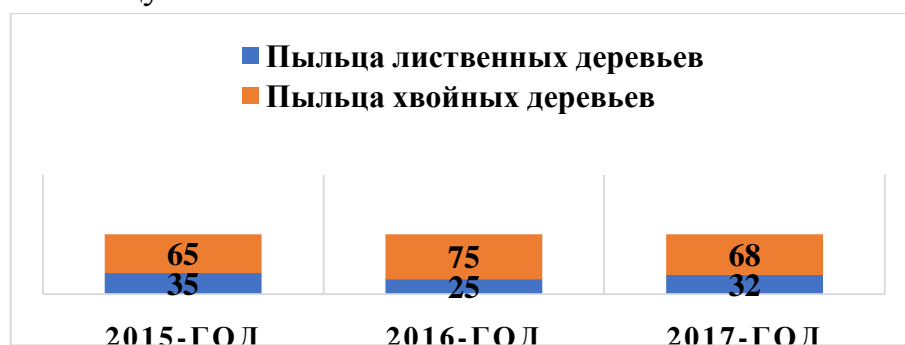


Рисунок 7.2.1- Пыльца лиственных и хвойных деревьев (%).

В результате проведенных исследований были отобраны хозяйственно-ценные формы основных древесно-кустарниковых пород и интродуцентов, определены декоративные качества. Рекомендуются породы для создания устойчивых насаждений при озеленении города Каракол

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Произведена оценка работы гравиметрической и волюметрической ловушек. Впервые в странах Центральной Азии, в Кыргызской Республике применен Impact-волюметрический пыльцеуловитель Ланзони VPPS 2010 и обозначены его преимущества, а также использования пыльцы растений как биоиндикатора состояния окружающей среды.

2. Установлены последовательность и сроки присутствия таксонов пыльцы и спор с учетом их максимальных суточных значений и суммарных количеств. Идентифицированы и описаны: спектр аллергенных видов - пыльца лиственных и хвойных деревьев, сорных и злаковых растений; аллергенные виды спор грибов и фитопатогены ряда возделываемых культур. В воздухе г. Каракол присутствовала пыльца 35 таксонов растений: 20 таксонов древесно-кустарниковых растений (5 таксонов класса хвойных (Pinopsida)), 15 таксонов трав; 7 таксонов растений доминировали: полынь (*Artemisia sp.*), сосна (*Pinus sp.*), ель (*Picea sp.*), маревые (Chenopodiaceae), злаковые (Poaceae), коноплевые (Cannabiaceae), астровые (Asteraceae), кипарисовые (Cupressaceae). В воздухе г. Каракол из 24 видов грибов, 8 классов, 18 семейств, 3 отделов - Ascomycota - 17, Basidiomycota - 6, Oomycota - 1, в значительных количествах выпали главные аллергены - споры *Alternaria* и *Cladosporium*.

3. Доказано, что температура воздуха оказывает большее влияние на концентрацию пыльцы и начало пыльцевого сезона, и на циркуляцию спор грибов в воздухе, чем другие переменные. При наивысших температурах в 28,3°-30,1° С в г. Каракол отмечены самые высокие концентрации пыльцы полыни (61% - 72% всей пыльцы полыни за сезоны); при температурах 23,5°-30,1° С выпало 53% - 69% пыльцы злаков за сезоны; при температурах 25,2°-33,4° С выпало 46% всей пыльцы маревых за сезон; при температурах 28,3°-30,1° С выпало 71% - 94% всей пыльцы конопли за сезоны. Спор грибов выпало в июне-августе 60-76%. Корреляция с температурой была положительной, в то время как связь с осадками и относительной влажностью воздуха была отрицательной. При наличии осадков происходило значительное вымывание пыльцы, и в воздухе снижалось содержание аллергенов.

4. Выявлено, что процесс расширения посевных площадей в Иссык-Кульской области Кыргызской Республики повлиял на аэробиологический спектр воздуха населенных пунктов. В воздухе увеличивается количество пыльцы Poaceae. Установлены высокие концентрации грибов, включающих 24 таксона, которые все без исключения являются паразитами растений. Разработан дихотомический определитель спор грибов, содержащихся в воздухе.

5. Впервые разработана актуальная концепция: «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады: изменения климата, системы землепользования и загрязнения окружающей среды». Выполнен анализ влияния изменения климата, системы землепользования и загрязнений среды обитания человека на пыльцу растений и споры грибов.

6. Впервые дана экологическая оценка современного состояния зеленых насаждений г. Каракол, подобран ассортимент древесно-кустарниковых растений, в том числе ценных декоративных форм для улучшения состояния озеленения города, для разработки эффективных профилактических мероприятий по снижению концентрации аллергенной пыльцы в воздухе. Выявлено неудовлетворительное состояние древесно-кустарниковой растительности: содержание в воздухе пыльцы всего 20 таксонов древесно-кустарниковых растений, из которых 6 таксонов, относящихся к классу хвойных (Pinopsida) (пыльца хвойных - 65-75%, пыльца лиственных деревьев - 25-35%). Структура посадок и физиологическое состояние растений не способны выполнять микроклиматические и оздоровительные функции.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Расширять и укреплять системы сбора и анализа данных для мониторинга климатических изменений; изменений в подверженности населения климатическим воздействиям, уязвимости здоровья населения, а также применять эту информацию для принятия эффективных мер.

2. Разработать и внедрять образовательные программы, с акцентом на изменения климата (последствия этих изменений и меры адаптации).

3. Рекомендуются усиление озеленения населенных пунктов для снижения теплового воздействия на городскую среду и решения многих экологических проблем, при этом с точки зрения аллергенности пыльцы растений: - Высаживать большое количество древесно-кустарниковых растений, так как число больных с аллергией к пыльце деревьев невелико, что объясняется коротким периодом цветения древесных пород (контакт с пыльцой непродолжителен). Вводимые при озеленении города посадки согласовывать с аллергологами для учета аллергенных свойств растений; - Высаживать при озеленении преимущественно женские экземпляры деревьев; высаживать в городских районах неаллергенные виды деревьев, такие как Pinaceae, Ulmaceae, исключая Cupressaceae, Betulaceae, декоративные растения, не обладающих аллергенной пыльцой. В первую очередь это представители голосеменных (*Picea sp.*, *Pinus sp.*), большинство плодовых деревьев и кустарников (*Viburnum sp.*, *Lonicera sp.*, *Syringa sp.*, *Ligustrum sp.*, *Sambucus sp.*). Одновременно желательно отдавать предпочтение местным видам растений, не требующим сложного ухода;

- Контролировать видовой состав и численность популяций растений в местах проживания людей (управлять аллергенными растениями, вплоть до уничтожения некоторых видов);
- В связи с более выраженными аллергенными свойствами пыльцы трав необходимо: целенаправленное уничтожение сорных растений; злаковые травы (Poaceae), растущие на газонах скашивать (неоднократно) до наступления массового цветения; не допускать зацветания Asteraceae, Chenopodiaceae, заселяющих все пустоши города; при озеленении травянистыми растениями отдавать предпочтение злаковым-однолетникам.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. **Осмонбаева, К. Б.** Влияние изменения климата на поведенческие реакции растений, их пыльцы и других живых организмов [Текст] / К. Б. Осмонбаева // Вестник Иссык-Кульского Университета. - 2010. - №27. - С. 253-257. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://api.libraryiksu.kg/vestnik/ISUOSMONBAEVA27-20108362.pdf>
2. **Осмонбаева, К. Б.** Аэробиологические наблюдения в 2015 году в г. Каракол [Текст] / К. Б. Осмонбаева // Альманах современной науки и образования. Тамбов, 2016. - №7. - С. 78-82. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26452577>
3. **Осмонбаева, К. Б.** Организация стационарных аэропалинологических исследований в г. Каракол [Текст] / К. Б. Осмонбаева // Известия Ошского Технологического Университета. – 2016. - №1. - С. 81-84. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28822247>
4. **Осмонбаева, К. Б.** Исследования пыльцы деревьев как необходимое направление лесной науки [Текст] / К. Б. Осмонбаева // Известия Нац. АН Кырг. Респ. - 2016. - №3. - С. 156-159. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27425160>
5. **Осмонбаева, К. Б.** Концепция: аэроаллергены как индикаторы изменения климата и загрязнения окружающей среды [Текст] / В. Н. Кобзарь, К. Б. Осмонбаева // Медицина Кыргызстана. - 2017. - №4. - С. 30-33. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35085878>
6. **Осмонбаева, К. Б.** Роль спор грибов в этиоспектре аллергических заболеваний [Текст] / К. Б. Осмонбаева, Т. У. Уланбеков // Вестник Иссык-Кульского Университета. - 2017. - №44. - С. 56-60. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=60382038>

7. **Осмонбаева, К. Б.** Сравнительный анализ методов улавливания пыльцы растений и спор грибов [Текст] / К. Б. Осмонбаева, В. Н. Кобзарь // European scientific conference. МЦНС «Наука и просвещение». Пенза. - 2017. - С. 70-76. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29782454>

8. **Осмонбаева, К. Б.** Влияние изменения землепользования на спектр спор грибов [Текст] / В. Н. Кобзарь, К. Б. Осмонбаева // Бюллетень науки и практики. Нижневартовск, 2018. Т. 4, №11 (36). - С. 51-60. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36461638>

9. **Osmonbaeva, K. B.** The new research of aerobiological monitoring of the Issyk-Kul region of Kyrgyzstan [Text] / K. B. Osmonbaeva // Science Review, Warsaw. - 2018. - Vol. 2. - P. 9-11. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://rsglobal.pl/index.php/sr/issue/view/241/230>

10. **Осмонбаева, К. Б.** Принципы формирования озелененных территорий городов и Прииссыккуля [Текст] / Ш. Б. Бикиров, К. Б. Осмонбаева, А. Ш. Бикирова и др. // Известия Ошского Технологического Университета. - 2019. - №3. - С. 60-64. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41746851>

11. **Осмонбаева, К. Б.** Ассортимент древесно-кустарниковых растений для озеленения города Каракол (методические рекомендации) [Текст] / Ш. Б. Бикиров, К. Б. Осмонбаева, А. Ш. Бикирова. – Каракол: Иссык-Кульский Государственный Университет им. К. Тыныстанова, 2020. - 52 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://libraryiksu.kg/public/assets/upload/works/IGUOSMONBAEVA2021.pdf623aaa5471b85.pdf>; <https://arch.kyrlibnet.kg/uploads/IGUOSMONBAEVA2021.pdf>

12. **Осмонбаева, К. Б.** Влияние факторов окружающей среды на количественный и таксономический состав аэромикофлоры города Каракол [Текст] / К. Б. Осмонбаева // Вестник Международного Университета Кыргызстана. - 2021. - №2 (43). - С. 319-324. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45768113>

13. **Осмонбаева, К. Б.** Состояние озеленения города Каракол в условиях изменения климата [Текст] / К. Б. Осмонбаева // Вестник Ошского Государственного Университета. - 2021. - Т.2, №2. - С. 137-144. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48546557>

14. **Осмонбаева, К. Б.** Анализ качества пыльцы и семян ели тянь-шанской в ущелье Чон-Кызыл-Суу [Текст] / К. Б. Осмонбаева, А. В. Иванов // Вестник Ошского Государственного Университета. - 2021. - Т. 2, №2. - С.



112-121. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48546554>

15. **Осмонбаева, К. Б.** Процессы лесообразования в долине реки Чон-Кызыл-Суу (на базе ГМС, 2550м) [Текст] / К. Б. Осмонбаева, А. В. Иванов, Н. И. Каримов // Исследование живой природы Кыргызстана. - 2021. - №1-2. - С. 98-101. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47311171>

16. **Осмонбаева, К. Б.** Оценка устойчивости естественных еловых насаждений в Северном Кыргызстане [Текст] / А. В. Иванов, К. Б. Осмонбаева, Н. И. Каримов // German International Journal of Modern Science. - 2021. - №10.- С. 52-54. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://dizw.com/wp-content/uploads/2021/06/Deutsche-internationale-Zeitschrift-f%C3%BCr-zeitgen%C3%B6ssische-Wissenschaft-%E2%84%9610-part-1-2021.pdf>

17. **Осмонбаева, К. Б.** Новая образовательная среда с учетом принципов устойчивого развития и изменения климата [Текст] / К. Б. Осмонбаева, М. К. Каликазиева // Известия Нац. АН Кырг. Респ. - 2022. - №5. - С. 55-59. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49389361>

18. **Осмонбаева, К. Б.** Улучшение состояния предгорных экосистем Кыргызстана путем акклиматизации новых древесно-кустарниковых пород [Текст] / Н. К. Уметалиева, К. Б. Осмонбаева // Известия Нац. АН Кырг. Респ. - 2022. - №5. - С. 60-67. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49389362>

19. **Осмонбаева, К. Б.** Спорово-пыльцевой спектр г. Каракол за 2016г. [Текст] / К. Б. Осмонбаева, В. Н. Кобзарь // Бюллетень науки и практики. Нижневартовск, 2022. - Т. 8. №4. - С. 42-50. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48400177>

20. **Осмонбаева, К. Б.** Зависимость аэриобиологического спектра от интенсификации землепользования [Текст] / К. Б. Осмонбаева, В. Н. Кобзарь // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2022. - №7. - С. 65-69. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50282890>

21. **Осмонбаева, К. Б.** Содержание пыльцы растений и спор грибов в воздухе г. Каракол в 2017 г. [Текст] / К. Б. Осмонбаева // The scientific heritage. Budapest. - 2022. - № 91 (91). - С. 10-16. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48698740>

22. **Осмонбаева, К. Б.** Эффекты изменения климата на аэроаллергены [Текст] / К. Б. Осмонбаева, Г. С. Джамбекова // Журнал теоретической и



клинической медицины Института иммунологии АН Респ. Узб. - 2022. - №6. - С. 20-24. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50402729>

23. Современное состояние ледников Внутреннего Тянь-Шаня и их влияние на водные ресурсы Кыргызской Республики. Гл. 1 в кн. «Водные и гидроэнергетические ресурсы Кыргызстана в условиях изменения климата» [Текст] / Р. А. Сатылканов, В. И. Шатравин, К. Б. Осмонбаева и др. - Бишкек, 2022. - С. 7-49.

24. **Osmonbaeva, K. B.** Pollinosis in the conditions of climate changes [Text] / K. B. Osmonbaeva // Dela Press Conference, Series: Medical Sciences / Materials of the international scientific conference «Innovations in the sphere of medical science and education». - 2022. - Vol. 001 (005).

[Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://dpcsms.delapress.com/index.php/dpcsms/article/view/139/129>

25. **Осмонбаева, К. Б.** Климатические изменения как угроза для большого спорта и спортивных мероприятий [Текст] / К. Б. Осмонбаева, А. А. Токтомбаева // Вестник Иссык-Кульского Университета. - 2023. - №54 (1). - С. 27-32. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=60005411>

26. **Осмонбаева, К. Б.** Разработка и внедрение методов естественного возобновления ели тянь-шанской в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу [Текст] / К. Б. Осмонбаева, А. В. Иванов, Г. С. Сыдыкова и др. // Вестник Иссык-Кульского Университета. - 2023. - №55. - С. 58-68. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=60053485>

27. **Осмонбаева, К. Б.** Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады [Текст] / В. Н. Кобзарь, К. Б. Осмонбаева // Бюллетень науки и практики. Нижневартовск, 2023. - Т. 9, №9. - С. 43-57. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54495995>

28. **Осмонбаева, К. Б.** Злаковые травы для биорекультивации района хвостохранилища Каджи-Сай [Текст] / К. Б. Осмонбаева, Б. К. Калдыбаев, А. К. Усупбаев // Известия Ошского Технологического Университета. - 2023. - № 2, Ч. 2. - С. 106-114. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54753568>

29. **Осмонбаева, К. Б.** Температура воздуха как значимый метеорологический фактор для циркуляции спор грибов [Текст] / К. Б. Осмонбаева // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. - 2023.- Т. 23. № 12. - С. 171-178. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=60054587>

30. **Осмонбаева, К. Б.,** Особенности концентраций аэроаллергенов в городах и влияние на них температуры воздуха [Текст] / К. Б. Осмонбаева, Э. В. Чурюкина, Г. С. Джамбекова и др.// Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение. - 2024. - Т. 8, №3. - С. 124-131. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67204141>

**Осмонбаева Кымбаткуль Бейшеноннанын «Климаттын өзгөрүшү жана абадагы өсүмдүк чаңчаларынын жана козу карындар спораларынын концентрациясы» темасында 03. 02. 08 – экология адистиги боюнча биология илимдеринин доктору илимий даражасына изденүү үчүн жазылган диссертациясынан кыскача**

### **КОРУТУНДУ**

**Негизги сөздөр:** өсүмдүктөрдүн чаңчалары, козу карындын споралары, климаттын өзгөрүшү, аэробиологиялык мониторинг, волюметриялык капкан, аэроаллергендердин концентрациясы, метеорологиялык факторлор, жерди пайдалануу.

**Изилдөө объектиси:** өсүмдүктөрдүн чаңчалары жана козу карындын споралары.

**Изилдөө предмети.** Абада өсүмдүк чаңчаларынын жана козу карындын спораларынын болушунун өзгөчөлүктөрү, аэробиологиялык спектрге метеорологиялык факторлордун жана жерди пайдалануу системаларынын таасири, жашыл жерлердин абалына баа берүү.

**Изилдөөнүн максаты:** «Аэроаллергендер - антропогендик триаданын индикаторлору катары» концепциясын иштеп чыгуу: климаттын өзгөрүшү, жерди пайдалануу системасы жана айлана - чөйрөнүн булганышы.

**Изилдөө методдору:** Изилдөөнүн жүрүшүндө өсүмдүктөр чаңчаларынын жана козу карындардын спораларынын аэробиологиялык изилдөөлөрүнүн жалпы кабыл алынган методологиясы колдонулган.

**Алынган жыйынтыктар жана жаңылыктар:** «Аэроаллергендер - антропогендик триаданын индикаторлору катары: климаттын өзгөрүшү, жерди пайдалануу системасы жана айлана - чөйрөнүн булганышы» боюнча учурдагы концепция иштелип чыкты. Климаттын өзгөрүшүнүн жана адамдын жашоо чөйрөсүнүн булганышынын өсүмдүктөрдүн чаңчаларына жана козу карындын спораларына тийгизген негизги таасирлери корсотулгон. Чаңча бүртүкчөлөрдүн жана споралардын концентрациясын убакыттын функциясы катары аныктоо үчүн, биринчи жолу Борбордук Азия

өлкөлөрүндө, Кыргыз Республикасында - Ланзони чаңча капканы колдонулду. Чаңчалардын жана споралардын таксондорунун болуу убактысы жана ырааттуулугу алардын максималдуу суткалык мааниси жана жалпы санын эске алуу менен майда чуйдөсүнө чейин орнотулган. Төмөнкүлөр аныкталган жана сүрөттөлгөн: аллергендик түрлөрдүн спектри – жалбырактуу жана ийне жалбырактуу дарактардын, отоо чөптөрдүн жана дан өсүмдүктөрүнүн чаңчалары; козу карындын спораларынын аллергендик түрлөрү жана бир катар өстурулгөн өсүмдүктөрдүн фитопатогендери. Жерди пайдаланууну интенсивдештирүү калктуу пункттардын аэробиялогиялык спектрине, абада дан өсүмдүктөрүнүн чаңчаларынын болушуна жана козу карындардын жаңы спораларынын пайда болушуна олуттуу таасирин тийгизе тургандыгы аныкталды. Биринчи жолу Каракол шаарында жашыл жерлердин учурдагы абалына экологиялык баа берүү, баалуу декоративдүү формаларды баалоо иштери жүргүзүлдү. Шаарды жашылдандыруу абалын жакшыртуу үчүн бадалдардын ассортиментин тандоо боюнча иштер жүргүзүлдү.

**Пайдалануу боюнча сунуштар:** изилдөөнүн натыйжалары аэробиялогиялык мониторинг кызматын түзүү жана адамдардын ден соолугуна чаң толкундарынын экологиялык коркунучун баалоо үчүн зарыл; айыл чарба өсүмдүктөрүн илдеттерден коргоону камсыз кылууга; калктуу пункттарды жашылдандыруунун абалын жакшыртууга.

**Колдонуу тармагы:** экология, аллергология, ботаника, микология, айыл чарба, токой чарбасы.

## РЕЗЮМЕ

докторской диссертации Осмонбаевой Кымбаткуль Бейшеновны на тему: «Изменение климата и концентрация пыльцы растений и спор грибов в воздухе», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03. 02. 08 – экология

**Ключевые слова:** пыльца растений, споры грибов, изменение климата, аэробиялогический мониторинг, волюметрическая ловушка, концентрация аэроаллергенов, метеорологические факторы, землепользование.

**Объекты исследования:** Пыльца растений и споры грибов.

**Предмет исследования.** Особенности содержания пыльцы растений и спор грибов в воздухе, влияние метеорологических факторов и системы землепользования на аэробиялогический спектр, оценка состояния зеленых насаждений.

**Цель исследования:** Разработать концепцию «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады: изменения климата, системы землепользования и загрязнения окружающей среды».

**Методы исследования:** в ходе исследования применялась общепринятая методика аэробиологических исследований пыльцы растений и спор грибов.

**Полученные результаты и новизна.** Разработана актуальная концепция: «Аэроаллергены как индикаторы антропогенной триады: изменения климата, системы землепользования и загрязнения окружающей среды». Описаны основные эффекты влияния изменения климата и загрязнений среды обитания человека на пыльцу растений и споры грибов. Впервые в странах Центральной Азии, в Кыргызской Республике применен пыльцеуловитель Ланзони для определения концентрации пыльцевых зерен и спор как функции времени. Детально установлены последовательность и сроки присутствия таксонов пыльцы и спор с учетом их максимальных суточных значений и суммарных количеств. Идентифицированы и описаны: спектр аллергенных видов - пыльца лиственных и хвойных деревьев, сорных и злаковых растений; аллергенные виды спор грибов и фитопатогены ряда возделываемых культур. Выявлено, что интенсификация землепользования существенно влияет на аэробиологический спектр населенных пунктов, на содержание в воздухе пыльцы злаковых растений и появление новых спор грибов. Впервые дана экологическая оценка современного состояния зеленых насаждений г. Каракол, проделана работа по оценке ценных декоративных форм, и подбору ассортимента древесно-кустарниковых растений для улучшения состояния озеленения города.

**Практическая значимость:** результаты исследования необходимы для создания службы аэробиологического мониторинга и для оценки экологических рисков волн пыления для здоровья человека; для обеспечения защиты сельскохозяйственных растений от болезней; для улучшения состояния озеленения населенных пунктов.

**Область применения:** экология, аллергология, ботаника, микология, сельское хозяйство, лесное хозяйство.

## SUMMARY

**Of the doctoral dissertation by Osmonbaeva Kymbatkul Beishenovna on the topic: «Climate change and concentration of plant pollen and fungal spores in the air», submitted for the degree of doctor of biological sciences in specialty 03. 02. 08 – Ecology**

**Keywords:** plant pollen, fungal spores, climate change, aerobiological monitoring, volumetric trap, aeroallergen concentration, meteorological factors, land use.

**Objects of research:** plant pollen and fungal spores.

**Subject of study.** Peculiarities of plant pollen and fungal spores in the air, the influence of meteorological factors and land use systems on the aerobiological spectrum, assessment of the state of green areas.

**Purpose of research:** to conceptualize «Aeroallergens as indicators of anthropogenic triad: climate change, land use system and environmental pollution».

**Research methods:** the study applied generally accepted methods of aerobiological research of plant pollen and fungal spores.

**Obtained results and their novelty:** a topical concept was developed: «Aeroallergens as indicators of anthropogenic triad: climate change, land use systems and environmental pollution».

The main effects of climate change and human pollution on plant pollen and fungal spores were described. For the first time in Central Asian countries, the Lanzoni pollen catcher was applied in the Kyrgyz Republic to determine the concentration of pollen grains and spores as a function of time. The sequence and timing of the presence of pollen and spore taxa were established in detail, taking into account their maximum daily values and total quantities. The spectrum of allergenic species - pollen of deciduous and coniferous trees, weeds and cereals; allergenic species of fungal spores and phytopathogens of a number of cultivated crops were identified and described. It was identified that land use intensification significantly affects the aerobiological spectrum of settlements, the content of pollen of cereal plants in the air and the emergence of new fungal spores.

For the first time, an ecological assessment of the current state of green areas of Karakol city was given, work was done to assess the valuable ornamental forms, and selection of the assortment of tree and shrub plants to improve the state of landscaping of the city.

**Practical relevance:** the results of the study are necessary for the creation of aerobiological monitoring service and for the assessment of ecological risks of dust waves for human health; for ensuring the protection of agricultural plants from diseases; for improving the state of landscaping of settlements.

**Scope of application:** ecology, allergology, botany, mycology, agriculture, forestry.