

УДК 575.224 504.53.054
AGRIS F40

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/01>

СТРАТЕГИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ ARTEMISIA И CHENOPODIACEAE

©*Кобзарь В. Н.*, ORCID: 0000-0001-9910-0148, SPIN-код: 4669-6355, д-р биол. наук, Киргизско-Российский славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан, kobzarvn@yandex.ru

POLLEN POLLUTION STRATEGY OF ARTEMISIA AND CHENOPODIACEAE

©*Kobzar V.*, ORCID: 0000-0001-9910-0148, SPIN-code: 4669-6355, Dr. habil., Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan, kobzarvn@yandex.ru

Аннотация. Известно, что 30–40% людей в мировой популяции сенсibilизирована к пыльце. Этот феномен обостряется в загрязненных, урбанизированных районах и в связи с изменением климата. Полынь является одним из основных травянистых аллергенных растений, аллергия к ней — распространенное явление в мировом масштабе. Роль пыльцы маревых в этиологии поллинозов обычно в тандеме с пыльцой полыни установлена в России, Центральной Азии и Казахстане, Европе и Америке, а ее пыльца входит в десятку глобальных аэроаллергенов. Пыльца полыни и маревых находится в топе мировых аэроаллергенов. Цель настоящей статьи заключалась в разработке стратегии загрязнения пыльцы полыни и маревых как ведущих аэроаллергенов и оценке их стандартизированного вклада в аэробиологическую ситуацию. Сканирующая электронная микроскопия изученной пыльцы полыни не выявила выраженных изменений структуры и скульптуры, так как она толерантна к воздействию загрязнителей. У пыльцы семейства маревых была продемонстрирована разная степень деформации и модификация скульптурных элементов, в связи с избирательной реакцией на действие различных загрязнителей. Стратегия в загрязнении пыльцы полыни и маревых заключается в том, что благодаря прочной, шиповатой экзине и липофильности, пыльца сорняков является очень хорошим биологическим аккумулятором всех видов газообразных или твердых загрязняющих веществ. В целом это накопление зависит от физико-химических процессов на поверхностном или цитоплазматическом уровне, не зависимо от физиологического состояния пыльцы. Многие биологические агенты, такие как бактерии и споры грибов могут накапливаться на поверхностном слое оболочки пыльцы и усиливать тяжесть и распространенность симптомов поллинозов, а также использоваться для биоиндикации.

Abstract. It is known that 30–40% of people in the world population are sensitized to pollen. This phenomenon is exacerbated in contaminated and urbanized areas. Wormwood is one of the main herbaceous allergenic plants, and its pollen is among the ten global aeroallergens. An allergy to it is a common phenomenon on a global scale. The role of pollen the etiology of pollinosis is usually in tandem with wormwood pollen established in Russia, Central Asia and Kazakhstan, Europe and America. The purpose of this article was to develop a pollen strategy for wormwood and pollen as the leading aeroallergen and assessment of their standardized contribution to the aerobiological situation. The SEM images of the studied pollen of wormwood do not show pronounced changes in the structure and sculpture, since it is tolerant to the effects of pollutants.

Different types of deformation and modification of sculptural elements were revealed in pollen from the haze family, since their pollen selectively reacts to various pollutants. The strategy for pollen from wormwood and haze pollen is that, due to its strong, prickly exine, and lipophilicity, weed pollen is a very good biological accumulator of all types of gaseous or solid pollutants. In general, this accumulation depends on the physicochemical processes at the surface or cytoplasmic level, independent of the physiological state of pollen. Many biological agents, such as bacterial and fungal spores, can accumulate on the surface layer of the pollen shell and be used for bioindication.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, пыльца растений, поллинозы, споры грибов, бактерии, сорные травы, биомониторинг.

Keywords: air pollution, plant pollen, pollinosis, fungal spores, bacteria, weeds, hay fever, biomonitoring.

Введение

Известно, что 30–40% людей в мировой популяции сенсibilизирована к пыльце [1]. Это явление обостряется в загрязненных, урбанизированных районах и в связи с изменением климата [2–5]. Полынь является одним из основных травянистых аллергенных растений, а аллергия к ней – распространенное явление в мировом масштабе [6–10]. В целом 10–14% больных в Европе страдают поллинозом, вызванным пылью [11]. Роль пыльцы маревых, особенно в тандеме с пылью полыни в этиологии поллинозов установлена в России, Центральной Азии и Казахстане, Европе и Америке [6–8]. Пыльца полыни и маревых входят в десятку мировых глобальных аэроаллергенов [10].

Одним из путей воздействия атмосферных загрязнений на поллинозы является изменение аллергенности пыльцы. Загрязнители воздуха могут прямо влиять на физико-химические и биологические свойства пыльцевых зерен. Чувствительность к ним варьирует в зависимости от таксономического положения растений. Загрязняющие вещества могут изменять в пыльце: а) биологические и репродуктивные функции: снижение жизнеспособности и прорастания; б) физико-химические характеристики поверхности экзины пыльцы; в) аллергенный потенциал и оказывать адъювантное воздействие, повышающее их потенциальную опасность для здоровья людей [12–13]. В загрязненной пыльце, которую можно назвать «polluen», из-за взаимодействия между загрязнителями и пылью, проявляется физическая деградация экзины, приводящая к высвобождению пыльцевых частиц в комплексе с аллергенами. По мере того, как более мелкие частицы проникают глубже в дыхательные пути, возрастает биодоступность аллергенов.

Многие биологические агенты, такие как бактерии и споры грибов могут накапливаться на поверхностном слое оболочки пыльцы и усиливать тяжесть и распространенность симптомов поллинозов, а также использоваться для биоиндикации.

Цель настоящей статьи заключалась в разработке стратегии загрязнения пыльцы полыни и маревых как ведущих аэроаллергенов и оценке их стандартизированного вклада в аэриобиологическую ситуацию.

Материал и методы

Материал исследования: нормально развитая и аномальная пыльца 3 видов (полыни горькой, бассии (кохии) веничной, лебеды копьелистной). В качестве образцов были использованы сорные травы семейства астровых и маревых, растущие по вертикальной зональности в условиях низко-, средне- и высокогорья Кыргызстана. Пыльца была собрана

непосредственно из соцветий во время полноценного периода цветения растений в контрольном (экологически чистая зона) и загрязненных районах.

Методы: 1) сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) — Hitachi-S-405A; 2) высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) различными авторами используется для очистки аллергенов от разнообразных примесей. Учитывая эти возможности, было проведено хроматографическое разделение экстрактов 10 видов аллергенной пыльцы из аналогичных районов и экспериментально обработанной бензпиреном и SO₂.

В зависимости от времени удерживания на хроматограмме определили и обозначили общие пики, а затем оценили степень их выраженности.

Анализ экстрактов пыльцы проводили на хроматографе «Миличром» с электротехническим детектором, изготовленным в лаборатории А. А. Бонецкого. Условия хроматографирования и количественная оценка результатов осуществлена там же.

Обработка пыльцы. 20,0 мг нативной и экспериментально обработанной загрязнителями пыльцы поместили в пробирку, содержащую 500 мг 0,1 М хлорной кислоты и ацетонитрил. Затем пробирки встряхивали 15 мин. После центрифугирования (1000 об/мин) в течение 15 мин надосадочную жидкость профильтровали через мембранные ультрафильтры Smpore, Чехословакия (диаметр пор — 0,2 мкм), а 5,0 мкл полученного экстракта использовали для хроматографического анализа.

При подготовке экстракта для исследований были соблюдены следующие условия: 1) пыльца была собрана в одном и том же году, но в разных пунктах; 2) экстракты подготовлены по единой стандартизированной методике; 3) анализировалось одинаковое количество экстракта в однотипных условиях.

Результаты и обсуждение

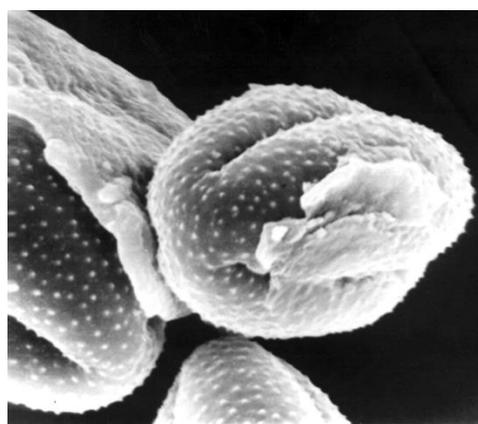
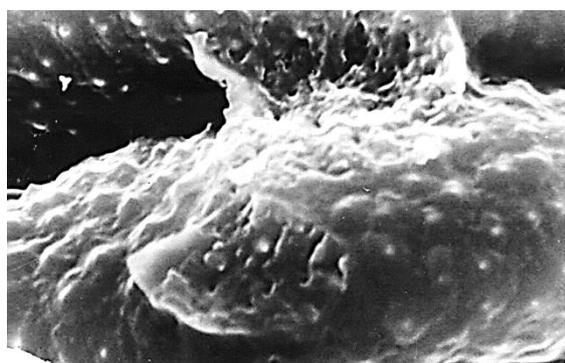
Пыльцевые зерна полыни являются ведущими аэроаллергенами в мировом масштабе. Количество аллергенных белков в ней регулируется как генами, так и влиянием окружающей среды. В результате этого даже близкородственные таксоны растений могут выделять пыльцу с отчетливо различающимся содержанием аллергенов.

Эталонные пыльцевые зерна *Artemisia absinthium* L. (полыни горькой) 3-бороздно-оровые (поровые), сфероидальные, экваториальный диаметр 22,0–26,0 мкм, полярная ось 22,0–25,0 мкм. Апокольпийум 8,0 мкм. Борозды длинные, 1,5–2,0 мкм шириной, суженные к полюсам, мембрана борозд шиповатая. Поры округлые, 2,8–3,0 мкм. Контур зерна практически ровный. Экзина двуслойная 2,0–2,6 мкм. Поверхность экзины мелко шиповатобугорчатая, диаметр слабо заостренных шипиков у основания 1,5 мкм, они располагаются на расстоянии 1,5–2,0 мкм друг от друга, на 1 мкм² 1–2 шипика. СЭМ изображения показали, что скульптурные элементы экзины неровные с мелкими ямками (Рисунки 1–2).

При биомониторинге пыльцы полыни горькой из различных районов с помощью СЭМ не идентифицированы выраженные модификации, исключая г. Каракол и пгт. Ак-Тюз. В вышеуказанных пунктах наблюдения на поверхности экзины выявлены выросты в области борозд, местами изменился скульптурный орнамент: вместо шиповатого сформировался неравномерно-ямчатый, извилистый. В пробах этой пыльцы установлены полиморфные формы (Рисунки 3–4).



Рисунки 1–2. Нормально развитое пыльцевое зерно полыни горькой: вид с полюса (увеличение $\times 5000$ – 10000).



Рисунки 3–4. Выросты на поверхности экзины пыльцы полыни горькой (увеличение $\times 3000$ – 7500).

Таким образом, у пыльцы полыни горькой не модифицируется поверхность экзины вследствие:

1) толстой, прочной экзины (2,7–3,7 мкм). Изучение ультратонкого среза пыльцы полыни горькой продемонстрировало двухслойную экзину: экт-, эндэксину и интину;

2) формы не округлой, как у злаков, а 3-бороздно-оровой (поровой). Если посмотреть на нее через призму геометрии, то она имеет не сфероидальные, а треугольные или дельтовидные очертания;

3) неровной, шиповатой экзиной, помогающей в рассеивании пыльцы ветром. Геометрическое разнообразие узоров поверхности экзины пыльцевых зерен интриговало ученых на протяжении десятилетий. Их характерная поверхность используется палинологами для идентификации и классификации растений;

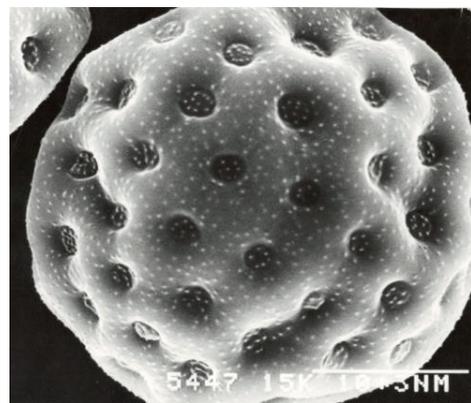
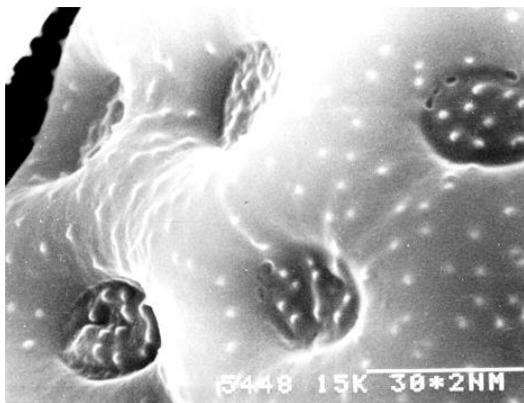
4) толерантности к воздействию неблагоприятных условий среды и принадлежности к аккумулятирующим видам, поэтому видимых повреждений на ее экзине не возникает, исключая районы с высоким уровнем радиоактивности. Степень модификации можно определить лишь по данным химического анализа или по оценке агломерированных микрочастиц на поверхности экзины.

Указанные результаты согласуются с данными авторов J. Derściuch et al. Их СЭМ изображения не выявили каких-либо различий в форме и поверхности экзины пыльцы полыни обыкновенной, собранных из трех регионов Польши. Пыльцевые зерна были хорошо развиты, не повреждены, без каких-либо загрязнений на их поверхности. Единственным

отличием были вариации в размере. Микроскопические наблюдения подтверждали вывод о том, что, чем выше движение транспорта, тем меньше был размер пыльцы [14–15].

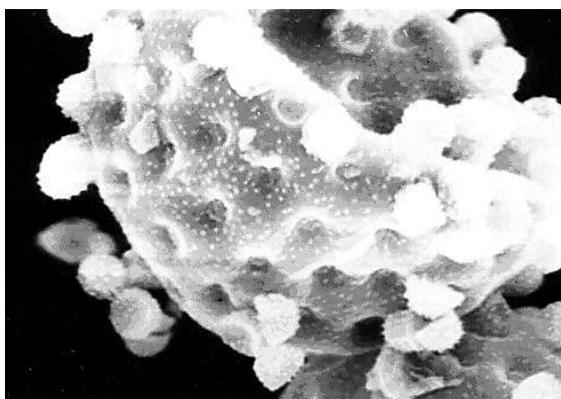
Важные в аллергологическом отношении виды семейства маревых-амарантовых принадлежат к числу промежуточных по чувствительности видов, поскольку их пыльца избирательно реагирует на действие различных загрязнителей. Сферические по геометрии с многочисленными порами пыльцевые зерна напоминают мяч для гольфа, поэтому проблем с идентификацией в аэриобиологических образцах, обычно не возникает.

Нормально развитые пыльцевые зерна *Bassia scoparia* (L.) A. J. Scott (бассии или кохии веничной) крупные сфероидальные, диаметром 27,9–34,1 мкм, многопоровые. Контур зерна слабоволнистый. Поры диаметром 2,5–3,4 мкм, с четкой и широкой окантованностью. Число пор 71–84 (90), расстояния между ними 4,5–6,3 мкм. Скульптура экзины мелкошипованная, толщиной 2,7–3,4 мкм. Слои экзины и поровые каналцы чаще всего четкие. На поровых мембранах расположено 10–12 микрошиповиков (СЭМ) (Рисунки 5–6).



Рисунки 5–6. Нормально развитое пыльцевое зерно бассии (кохии) веничной (увеличение $\times 3000$ – 10000).

СЭМ изображения иллюстрируют наличие спор грибов пеницилла на поверхности экзины зрелой пыльцы из района завода антибиотиков г. Бишкек и биостанции г. Чолпон-Ата. В то же время появились не характерные виду скульптурные элементы морщины, выросты и гребни, а также местами возникли трещины. Пыльца бассии веничной буквально опутана гифами, а поверхность покрыта множеством спор пеницилла (Рисунки 7–8).

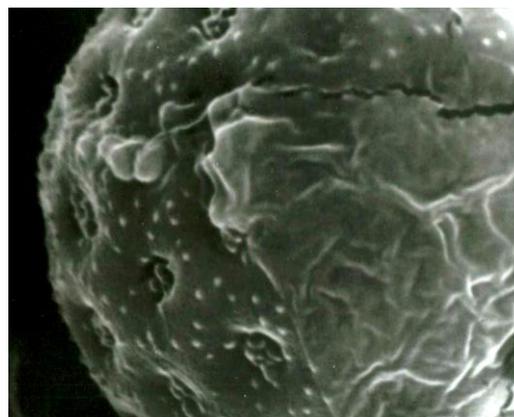
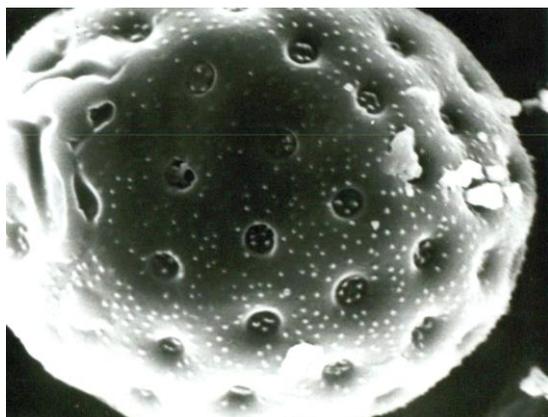


Рисунки 7–8. Пыльцевые зерна бассии (кохии) веничной из района завода антибиотиков г. Бишкек и Чолпон-Ата (увеличение $\times 2000$ – 5000).

СЭМ демонстрирует модификации у пыльцы бассии веничной из г. Каракол:

скульптурные элементы на отдельных участках поверхности экзины сглаженные, создают впечатление оплавленности. В отличие от нормально развитой пыльцы у этой пыльцы варьировала форма пор, на ее поверхности образовались вздутия в виде крупных бугорков или гребней (Рисунок 9).

У одноименной пыльцы из сельскохозяйственной зоны пгт. Кемин установлены выраженные изменения в скульптурных элементах, а именно: вместо мелкошиповой сформировалась складчатая поверхность, появились морщины, трещины и бугорки (Рисунок 10).



Рисунки 9–10. Пыльцевое зерно бассии (кохии) веничной из пгт. Кемин и г. Каракол (увеличение $\times 5000$).

В образцах пыльцы бассии веничной из района биостанции г. Чолпон-Ата в среднем из 50 зерен деформированы 15 (30%). Деформация представляла собой асимметричные вмятины. Аналогичная пыльца из трех районов наблюдения г. Ош имела разную степень деформации: в центре и районе хлопчатобумажного комбината она выражение, чем в более чистом районе юго-востока. В центре появились пыльцевые зерна меньшего размера, частично деградированные с трещинами. Варьировала и форма пор: от нормальной до отверстия и даже микроканальца. Во всех районах обнаружена недоразвитая пыльца.

На поверхности экзины пыльцы бассии веничной могут встречаться мельчайшие (1,5–2,0 мкм) гранулы спорополленина или орбикулы (тельца Убиша). Исследователи выдвинули гипотезу об их потенциальной роли как возможных важных переносчиков аллергенов [16].

Типичные пыльцевые зерна *Atriplex flabellum* Bunge (лебедеи веероцветной) сфероидальные, диаметром 24,8–27,9 мкм. Контур зерна волнистый. Многопоровые, поры диаметром 2,2–2,7 мкм с четкой и широкой окантованностью. Число пор 45–55, расстояния между ними 3,4–5,1 мкм. Экзина мелкошиповая, ее толщина составляет 2,2–2,7 мкм. По результатам изучения СЭМ изображений, поровые каналы очень четкие, на мембранах расположено 5 микрошипов (Рисунок 11).

Показано, что пыльца лебедеи веероцветной из района биостанции г. Чолпон-Ата не имела отклонений от нормы. В пробах одноименной пыльцы из центра г. Ош выявлена недоразвитая пыльца, на скульптуре которой обнаружены выросты. На поверхности пыльцевых зерен лебедеи веероцветной из г. Нарын находился дополнительный оперкулум, сформированный, очевидно, для защиты от УФ-излучения (Рисунок 12).

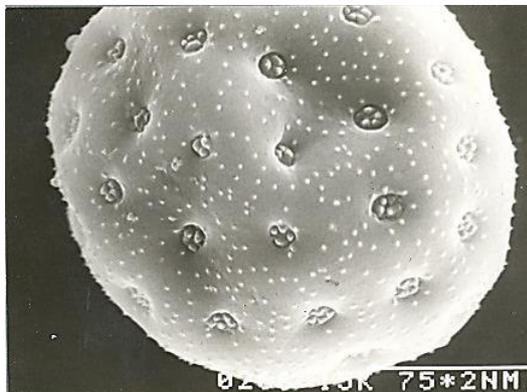
Итак, пыльца маревых характеризуется следующими показателями:

1. толстой, прочной экзиной (2,7–3,4 мкм);
2. округлой формой, сферической геометрией как у злаков, но многопоровой, а не

однопоровой;

3. неровной, мелкошипованной экзиной, помогающей в механизме анемофильности. На ее поверхности могут встречаться орбикулы (тельца Убиша);

4. принадлежит к числу промежуточных по чувствительности видов, поскольку их пыльца избирательно реагирует на действие различных загрязнителей.



Рисунки 11–12. Пыльцевые зерна лебеды веерообразной из юго-восточного района гг. Ош и Нарын (увеличение $\times 4000$ – 6000).

Полученные результаты согласуются с данными авторов, изучивших структуру и белковый профиль пыльцы мари белой (*Chenopodium album* L.), собранной в сельской и городской среде северной Португалии. Структура пыльцы изучалась с помощью световой и сканирующей электронной микроскопии. Пыльца из сельскохозяйственной зоны имела нормально развитый оперкулум с крышечкой, а на деформированном оперкулуме из антропогенной среды была только тонкая пленка [17]. Другие исследователи сообщают о вариации размеров у пыльцы мари белой в Аргентине, что может косвенно свидетельствовать о влиянии неблагоприятных факторов среды [18].

Графическое резюме по вопросу воздействия загрязнителей окружающей среды на пыльцу сорных трав включает в себя несколько специфических блоков:

1. Пыльца полыни — такси для бактерий или спор грибов

Эндотоксин, выделяемый из грамотрицательных бактерий, вызывает сильные иммунологические и воспалительные эффекты и, переносясь воздушным путем, может способствовать развитию респираторных заболеваний, таких как бронхиальная астма.

Анемофильная пыльца является оптимальным вектором для бактерий, потому что она эволюционировала в направлении переноса по воздуху, иногда на огромные расстояния. Авторы проанализировали количество эндотоксина из 100 чистых образцов пыльцы на 40 различных видах пыльцы, собранных непосредственно с различных растений в разных европейских странах. 70% воздушного эндотоксина было диспергировано только с одним специфическим типом пыльцы — *Artemisia*. Большинство эндотоксинов в атмосферном воздухе принадлежат видам *Pseudomonas* и *Pantoea*, делая пыльцу полыни более агрессивной [19–20].

Бактериальное загрязнение в отличие от вегетирования спор грибов не изменяет поверхность экзины пыльцевого зерна и о его наличии достоверно можно судить по результатам масс-спектрометрии и изменению химического спектра.

2. Агломерация микрочастиц на поверхности пыльцы

СЭМ изображения показали, что поверхность пыльцы мари белой в экологически

чистой зоне не загрязнена мелкой атмосферной пылью и другими агломерированными частицами. Загрязненный воздух резко изменял цвет пыльцы, делая их более темными, вероятно, вследствие агломерированных частиц. С одной стороны, когда пыльцевые зерна загрязнялись, возникли аномальные формы, покрытые микрочастичками. С другой стороны, они накапливались на поверхности экзины пыльцевых зерен [21].

A. Adhikari et al. сообщают об обнаружении пыльцевых зерен амброзии, покрытых черными частицами в аэробιологических образцах Цинциннати (США) [22].

Таким образом, пыльцевые зерна, собранные из сильно загрязненных районов, насыщены агломерированными частицами. Интенсивность их связывания зависит от количества и состава органических соединений, адсорбированных на пыльце. Запыленные пыльцевые зерна из сильно загрязненных районов могут индуцировать цитотоксические и мутагенные реакции в дополнение к сенсibilизации [13].

В докладе Европейского агентства по окружающей среде подчеркнуто, что до 96% городского населения Европейского Союза в настоящее время подвергается воздействию концентраций мелких твердых частиц, превышающих руководящие принципы ВОЗ [23].

3. Фрагментация пыльцы, субполленовые частицы

Основное различие между нативной пыльцой и ее фрагментами заключается в их размере: неповрежденные пыльцевые зерна крупнее, варьируют от 20 до 100 мкм, под силой тяжести они оседают на почву. При деградации пыльцевые зерна анемофильных растений также являются векторами фрагментов [24]. Фрагменты пыльцы размером менее 2,5 мкм быстро не оседают и парят в воздухе. У здоровых людей мукоцилиарный клиренс в слизистой оболочке носа и верхних дыхательных путях удаляет большинство крупных частиц. Полагают, что только фрагменты 3 мкм и менее достигают альвеол легких, поэтому конъюнктивы и верхние дыхательные пути получают наибольшую дозу аэроаллергенов. При дефекте мукоцилиарного клиренса за счет действия загрязняющих веществ, во-первых, аллергены могут оставаться на поверхности эпителия, а во-вторых, увеличивается вероятность диффузии белков в субэпителиальном клеточном слое. И так, аллергены могут легко получить доступ к клеткам иммунной системы [12].

Весенние дожди вымывают из воздуха только часть пыльцы. Исследователи обнаружили, что фрагменты пыльцы деревьев могут оставаться в воздухе в течение нескольких часов после шторма. Количественный состав цельных пыльцевых зерен существенно уменьшается во время дождя, а уровень субмикронных фрагментов пыльцы, наоборот, достигает пика. Концентрация фрагментов пыльцы остается повышенной от 2,5 до 11 ч после дождя. Мельчайшие частицы пыльцы могут обострить аллергию, потому что они способны глубоко проникать в альвеолы легкие [25].

Преимущественной способностью к деградации, по сравнению с пыльцой полыни, обладает пыльца амброзии, так как она менее стабильна и имеет более высокую тенденцию к разрыву во влажных условиях, приводя к образованию мелких фрагментов.

Спородерма пыльцевого зерна цветковых растений состоит из двух слоев: наружного — экзины и внутреннего — интины. Экзина содержит в своем составе спорополленин — стойкий биополимер, выдерживающий высокую температуру и нерастворимый в кислотах и щелочах. Внутренняя структура экзины формирует текстуру и скульптуру, что является главным критерием для аэропалинологов при определении морфологического типа пыльцевых зерен. Благодаря очень сложному строению, нормально сформированная экзина обычно толерантна к воздействию химических факторов окружающей среды. В ней выделяют несколько слоев (эктэксина, эндэксина) и архитектурные элементы. Она главный

барьер на пути инфекционных агентов и УФ-радиации. Анемофильные растения, как правило, имеют пыльцевые зерна с невыразительной скульптурой поверхности, часто гладкой или имеющей невысокие скульптурные элементы (бугорки, шипики), с мелкими отверстиями, перфорациями [26]. Поверхность экзины пыльцы у некоторых видов пронизана микроканальцами, заполненными гидрофильными или липофильными (гидрофобными) секретами. Предполагается, что они участвуют в хемосенсорных реакциях на поверхности пыльцы, индуцирующих прорастание пыльцевой трубки и нормальное оплодотворение.



Рисунок 13. Графическое резюме: воздействие загрязнителей окружающей среды на пыльцу сорных трав.

Таким образом, стратегия в загрязнении пыльцы полыни и маревых заключается в том, что, благодаря прочной, шиповатой экзине и липофильности, она не модифицируется, но является очень хорошим биологическим аккумулятором всех видов газообразных или твердых загрязняющих веществ. В целом это накопление зависит от физико-химических процессов на поверхностном или цитоплазматическом уровне, не зависящих от физиологического состояния пыльцы. Многие загрязнители могут накапливаться на поверхностном слое оболочки пыльцы и использоваться для биоиндикации. Толерантность пыльцы к загрязнению, по-видимому, выше, когда зерна подвергаются воздействию *in vivo* (непосредственно в пыльнике) по сравнению с *in vitro*, что указывает на защитную роль пыльника [13].

Стандартизированный индекс вклада пыльцы базируется на следующих показателях: сроки цветения, размер пыльцевых зерен (полярная ось и экваториальный диаметр), обилие видов в регионе и продукция пыльцы [27].

Пыльца полыни ответственна за симптомы поллинозов, наблюдаемых в летне-осенний сезон. Так, в Венгрии выявлена высочайшая степень сенсибилизации к ней — 48,8–54,8% [28–29]. Диаметр пыльцы полыни у большинства видов составляет 20–50 мкм.

Пыльца инвазивного сорняка — амброзии, по аллергенности в Кыргызстане, не может конкурировать с пыльцой аборигенного растения — полыни. Но они имеют высокую

перекрестную реактивность, поскольку принадлежат к семейству Asteraceae (астровые). Цветение полыни — визитная карточка нашего края, а ее пыльца — ведущий аэроаллерген. Ботаническое латинское название *Artemisia* образовано от древнегреческого названия, означающего «здоровый», или связано с именем богини Артемиды. Артемида обладала решительным и агрессивным характером, часто пользовалась стрелами как орудием наказания. Нарушение экологического баланса сделало пыльцу полыни агрессивной по отношению к людям, превратив ее в своеобразные «стрелы Артемиды».

На территории России и других стран отмечено около 180 видов полыни, растущих повсюду. В Кыргызстане произрастает более 60 видов, так как центральная Азия является одним из центров формообразования рода полыни. Причем из них наиболее распространены: п. горькая, п. обыкновенная, п. однолетняя, п. бело-земельная, п.-эстрагон, п. поздняя, п. вечная и п. Сиверса. В зависимости от вида она имеет разные оттенки: зеленый, голубой и черный. Полыни в горной местности образуют типичный растительный покров пустынь и полупустынь. Как сорные растения в антропогенной среде часто растут на рудеральных участках (пешеходные дорожки, поля или свалки). В воздухе г. Ош пыльца полыни присутствовала дольше всего — 140, затем — в гг. Нарын, Бишкек — 130 и г. Чолпон-Ата — 97 дней. За период наблюдений по количественному составу больше всего ее зафиксировано в г. Нарын (4123), затем в убывающем порядке гг. Чолпон-Ата (3000), Каракол (2598), Ош (1032) и Бишкек (1026), суточный максимальный подсчет полыни колебался от 364 (г. Нарын) до 45 п. з./см² (г. Ош). Вариабельность аллергенности пыльцы полыни (сезонная и видоспецифическая) должна учитываться в исследованиях, оценивающих воздействие пыльцы. Пороговые концентрации, достаточные для возникновения первых аллергических симптомов на пыльцу полыни, колеблется от 4 до 30 пыльцы в м³ воздуха в день, в зависимости от района [30].

Семейство маревые (Chenopodiaceae, Atripliceae) широко распространено в мире и включает 100 родов и 1 500 видов, произрастающих преимущественно в галофильных местообитаниях, в областях с аридным климатом.

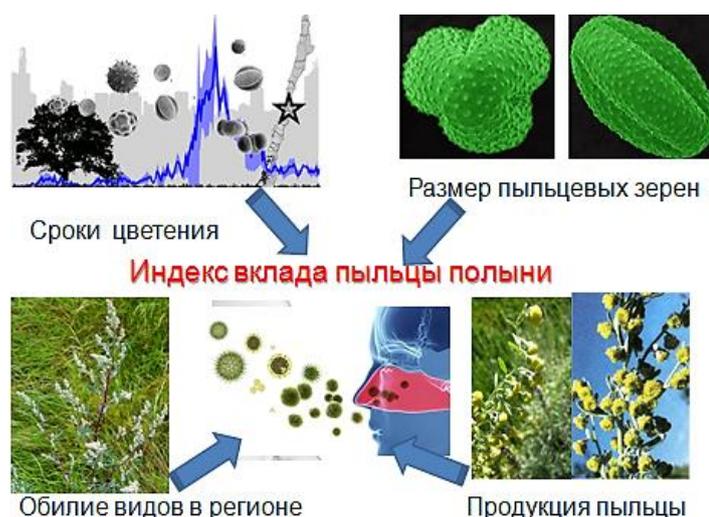


Рисунок 14. Графическое резюме: стандартизированный индекс вклада пыльцы полыни в аэриобиологическую ситуацию.

Представители семейства маревые полиморфные, космополитические растения, пыльца которых имеет заметную перекрестную реактивность. Области высокой заболеваемости поллинозами были зарегистрированы на юге Испании (49,3%), западе США, в Иране,

Кувейте и Саудовской Аравии [31–35].

Типичным представителем семейства маревые является марь белая. Каждое растение продуцирует в целом небольшое количество пыльцы, но их широкое распространение приводит к изобилию пыльцы в воздухе.

Другие виды этого семейства — солянка, поташник и бассия обладают более выраженными аллергенными свойствами, чем марь белая. Бассию можно узнать по тонким крыловидным выступам вдоль ее стеблей и по опавшим листьям огненно-красного цвета. Это сорное, но часто выращиваемое как декоративное растение.

По информации базы данных The Plant List (2016) род лебеда включает 258 видов в мире. Самым известным растением является лебеда белая. В основном она встречается на плодородных почвах, где может достигать высоты 1,5 м, на бедных минералами почвах — 30 см. К роду лебеда относятся л. густолиственная и л. седоватая, имеющие определенное аллергенное значение на западе и юго-западе США. Свекла и шпинат огородный относятся к посевным культурам, они могут вызывать аллергические симптомы в местах культивирования.

В Кыргызстане произрастает 17 родов семейства маревые. Изучение их сроков цветения, периода присутствия и количества пыльцы в атмосфере, а также ее клиническая значимость в развитии поллинозов позволили выявить ее важные источники: лебеду веероплодную, л. татарскую, л. копельистную, л. раскидистую, марь белую, бассию (кохию) веничную. Концентрация пыльцы во время пыления зависит от плотности растительного покрова в регионе.

Пыльца маревых и амарантовых сходна по морфологии, хотя некоторые отличия между ними существуют. В связи с этим в пыльцевых обзорах она описывается как порядок маревые-амарантовые. Для всех изученных видов отмечается характерный размер пыльцевых зерен (13,3–53,2 мкм), сфероидальная форма с глобально-поровым типом апертур. Сроки присутствия пыльцы маревых-амарантовых в воздухе удлинены в г. Ош (153 дня) и сокращены в г. Чолпон-Ата (102 дня). Она всюду содержалась в огромном количестве: в г. Нарын — 5066, Ош — 1189, Бишкек — 895, Чолпон-Ата — 623, Каракол — 453 п. з./см².

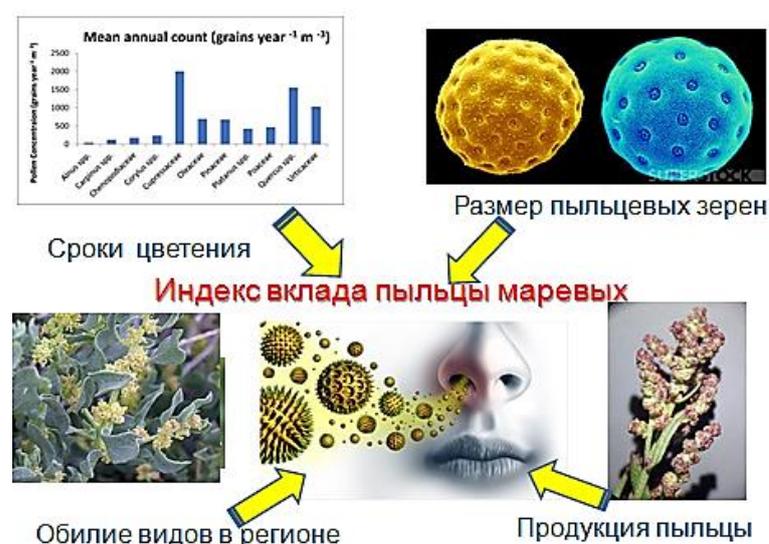


Рисунок 15. Графическое резюме: стандартизированный индекс вклада пыльцы маревых-амарантовых в аэриобиологическую ситуацию.

Как правило, выраженной модификации в структуре и скульптуре экины пыльцы полыни и маревых с помощью СЭМ не наблюдалось. Поэтому необходимо было провести химический анализ путем ВЭЖХ для выявления возможных изменений в составе нативной и экспериментально обработанной пыльцы.

В Таблице 1 представлена хроматографическая характеристика экстракта пыльцы полыни горькой. Выявлено, что при хроматографическом разделении появляются 5 пиков различной степени выраженности. В относительно экологически чистом районе биостанции г. Чолпон-Ата выделены только 4 пика, существенно превышающие значения пыльцы из района автовокзала (пик А больше в 1,1; Б — 1,3; В и Г — 1,6 раза). Напротив, пик Д почти в 2 раза был выше.

Таблица 1.

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ЭКСТРАКТА ПЫЛЬЦЫ ПОЛЫНИ ГОРЬКОЙ

Пункты наблюдения	Хроматографические пики				
	А	Б	В	Г	Д
г. Нарын	100	69	16	10,5	31,5
г. Чолпон-Ата					
Биостанция	180	50	14,5	87,5	25
Автовокзал	200	65	22,5	140,5	13
Контаминация					
Бензпирен	300	79	22	164	35,5
SO ₂	300	117	24,5	156	47

При анализе данных становится очевидным, что при экспериментальной обработке пыльцы полыни горькой из высокогорного г. Нарына бензпиреном и SO₂ наблюдался существенный рост пиков. Интенсивность пика А возростала в 3; Д — 1,5 раза, не зависимо от характера загрязнителя. Кроме того, при контаминации одноименной пыльцы SO₂ отмечалось увеличение пиков Б и Д (в 1,3 и 1,5 раза соответственно) по отношению к хроматограмме эталонного экстракта.

Вероятно, наблюдаемые различия в выраженности пиков у пыльцы полыни горькой связаны с тем, что она относится к числу аккумулялирующих загрязнения видов и о степени модификации можно судить только по данным физико-химического анализа. Этот анализ отражает количественное накопление загрязнителя, а не его качественную характеристику и не всегда пропорционален их вредному воздействию. Химический состав пыльцы также модифицируется загрязнением воздуха.

Данные в Таблице 2 иллюстрируют хроматограмму экстракта пыльцы бассии веничной. Анализируя ее, мы видим, что указанный экстракт имел 5 хроматографических пиков. Как правило, интенсивность пиков варьировала в пыльце из разных пунктов наблюдения г. Чолпон-Ата: пик В в 1,25 раза превышал значения пика одноименной пыльцы из района биостанции. Вместе с тем пики Б и Г выше на хроматограмме экстракта пыльцы кохии веничной из биостанции. Напротив, пик А в экстракте пыльцы из г. Нарына был в 2,2 раза выше.

В хроматограмме пыльцы после ее экспериментальной обработки бензпиреном выявлено значимое уменьшение пиков А (12,5 раза) и Б (1,5 раза). Кроме того, увеличилась выраженность пиков В, Г (1,25 раза) и Д (2,6 раза). Контаминация пыльцы SO₂ вызывала уменьшение и увеличение тех же пиков: А (1,1 раза) и Б (1,5 раза), В, Г (1,5 раза) и Д (2 раза).

Таблица 2.

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ЭКСТРАКТА ПЫЛЬЦЫ БАССИИ (КОХИИ) ВЕНИЧНОЙ

Пункты наблюдения	Хроматографические пики				
	А	Б	В	Г	Д
г. Нарын	163	198	400	400	7
г. Чолпон-Ата					
Биостанция	72,5	97	500	164	12,6
Автовокзал	74	200	400	400	5
Контаминация					
Бензпирен	31	128	500	500	13
SO ₂	148	136,5	600	500	10

Итак, исходя из параметров хроматографического разделения экстрактов пыльцы бассии веничной, можно сделать вывод о зависимости выраженности пиков от специфики и интенсивности загрязнения районов.

При ВЭЖХ-анализе авторы выявили увеличение концентрации общих флавоноидов при сравнении пыльцы (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) из загрязненных и контрольных участков [36]. Предположили, что некоторые механизмы защиты растений инициируют более высокий биосинтез флавоноидов в загрязненной пыльце.

Таким образом, резюмируя результаты настоящих и обзорных исследований, следует подчеркнуть, что аллергенность пыльцы — это динамичное понятие, зависящее не только от внутренних характеристик аллергенного источника, его количественного уровня, способности деградировать и аккумулировать микрочастицы в окружающей среде и путей проникновения в организм человека. Она также включает биогенные ассоциированные молекулы (бактерии, споры грибов, липиды и органические малые молекулы) и ксеногенные и антропогенные ассоциированные загрязнители (газы, твердые частицы).

Выводы

Представляем основные выводы настоящего исследования:

1. Поверхность экзины пыльцы полыни горькой не модифицируется вследствие:

- а) толстой, прочной экзиной (2,7–3,7 мкм);
- б) формой 3-бороздно-поровой;
- в) неровной, шиповатой экзиной, помогающей в рассеивании пыльцы ветром;
- г) отношением к аккумулирующим видам, поэтому видимых повреждений на ее экзине не возникает, исключая районы с высоким уровнем радиоактивности.

Степень модификации можно определить лишь по данным химического анализа или по микрочастицам на поверхности экзины.

2. Пыльцы маревых характеризуется следующими показателями:

- а) толстой, прочной экзиной (2,7–3,4 мкм);
- б) округлой формой, сферической геометрией как у злаков, но многопоровой, а не однопоровой;
- в) неровной, мелкошиповатой экзиной;
- г) принадлежит к числу промежуточных по чувствительности видов, поскольку их пыльца избирательно реагирует на действие различных загрязнителей. СЭМ изображения показали разную степень деформации и изменение скульптурных элементов поверхности

эскины у пыльцы лебеды и бассии (кохии).

3. Стратегия в загрязнении пыльцы полыни и маревых заключается в прочной, шиповатой эскине и липофильности, благодаря чему она не модифицируется, а является очень хорошим биологическим аккумулятором всех видов газообразных или твердых загрязняющих веществ.

4. С помощью стандартизированного индекса вклада пыльцы оценена важность пыльцы полыни и маревых по следующим параметрам: фенологии, размеру пыльцевого зерна, видовому обилию и пыльцепродукции

5. ВЭЖХ результаты хроматографического разделения экстрактов пыльцы полыни горькой и кохии венечной показали количественную зависимость выраженности пиков от специфики и интенсивности загрязнения районов исследования.

Список литературы:

1. D'amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano I., Behrendt H., ..., Van Cauwenberge P. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe // *Allergy*. 2007. V. 62. №9. P. 976-990. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>

2. Werchan B., Werchan M., Muecke H. G., Gauger U., Simoleit A., Zuberbier T., Bergmann K. C. Spatial distribution of allergenic pollen through a large metropolitan area // *Environmental monitoring and assessment*. 2017. V. 189. №4. P. 169. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5876-8>

3. Kumar R., Kumar D., Singh K., Mavi A. K., Kumar M. Identification of airborne pollens in Delhi // *Indian Journal of Allergy, Asthma and Immunology*. 2018. V. 32. №1. P. 28. https://doi.org/10.4103/ijaai.ijaai_35_17

4. So H. J., Moon S. J., Hwang S. Y., Kim J. H., Jang H. J., Jo J. H., ... Lim D. H. Characteristics of airborne pollen in Incheon and Seoul (2015–2016) // *Asia Pacific Allergy*. 2017. V. 7. №3. P. 138. <https://doi.org/10.5415/apallergy.2017.7.3.138>

5. Toro R., Córdova A., Canales M., Mardones P. Trends and threshold exceedances analysis of airborne pollen concentrations in Metropolitan Santiago Chile // *PloS one*. 2015. V. 10. №5. P. e0123077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123077>

6. Абдрасил Г. С. Научные основы мониторинга биоаллергенов воздушной среды (на примере г. Алматы и Алматинской области): автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Алматы, 2004. 46 с.

7. Куприянов С. Н., Галактионова И. В., Куприянова Е. С. Аллергенная флора и пыльца земного шара. Ашгабат: Ылым, 1992. 432 с.

8. Манжос М. В., Рыжкин Д. В., Желтикова Т. М. Особенности течения поллиноза и аэропаленологическая характеристика в г. Пензе // *Аллергология*. 2004. №2. С. 29-33.

9. Прохорова С. В. Аэропаленологический режим некоторых районов Казахстана: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Алма-Ата, 1988. 29 с.

10. Nilsson S. Regional and global distribution of aeroallergens // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1990. V. 64. №1-4. P. 29-34. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90113-W](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90113-W)

11. Spiekma F. T. M. Allergological aerobiology // *Aerobiologia*. 1992. V. 8. №1. P. 5-8. <https://doi.org/10.1007/BF02291320>

12. Sénéchal H., Visez N., Charpin D., Shahali Y., Peltre G., Biolley J. P., ... Sutra J. P. A review of the effects of major atmospheric pollutants on pollen grains, pollen content, and allergenicity // *The Scientific World Journal*. 2015. V. 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/940243>

13. Behrendt H., Friedrich K. H., Kainka-Stänicke E., Darsow U., Becker W. M., Tomingas R. Allergens and pollutants in the air - a complex interaction // *New trends in allergy III*. Berlin,

- Heidelberg: Springer, 1991. P. 467-478. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46717-2_62
14. Depciuch J., Kasprzyk I., Roga E., Parlinska-Wojtan M. Analysis of morphological and molecular composition changes in allergenic *Artemisia vulgaris* L. pollen under traffic pollution using SEM and FTIR spectroscopy // Environmental Science and Pollution Research. 2016. V. 23. №22. P. 23203-23214. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7554-8>
 15. Depciuch J., Kasprzyk I., Roga E., Parlinska-Wojtan M. SEM and FTIR investigation of molecular composition changes in allergenic common mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) and hazel (*Corylus avellana*) pollen induced by traffic pollution // European Microscopy Congress 2016: Proceedings. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2016. P. 334-335. <https://doi.org/10.1002/9783527808465.EMC2016.5977>
 16. Vinckier S., Smets E. The potential role of orbicules as a vector of allergens // Allergy. 2001. V. 56. №12. P. 1129-1136. <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2001.00172.x>
 17. Guedes A., Ribeiro N., Ribeiro H., Oliveira M., Noronha F., Abreu I. Comparison between urban and rural pollen of *Chenopodium alba* and characterization of adhered pollutant aerosol particles // Journal of aerosol science. 2009. V. 40. №1. P. 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.07.012>
 18. Bianchimano A. S., Murray M. G., Aztiria M. E., Montes B., Calfuán M. L., Prat M. I. Morphological and immunochemical characterization of the pollen grains of *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae) in a temperate urban area in Argentina // Phytion, International Journal of Experimental Botany. 2014. V. 83. №1. P. 9-15.
 19. Oteros J., Bartusel E., Alessandrini F., Nunez A., Moreno D. A., Behrendt H., ... Buters J. *Artemisia* pollen is the main vector for airborne endotoxin // Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2019. V. 143. №1. P. 369-377. e5. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.05.040>
 20. Carlsten C. *Artemisia* species pollen (mugwort) as a major vector for ambient LPS: Brothers in harm? // Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2019. V. 143. №1. P. 94. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.08.034>
 21. Amjad L., Shafiqhi M. The effect of air pollution on *Chenopodium album* L. pollen structure // Journal of Agricultural Science and Technology. A. 2012. V. 2. №1A. P. 143.
 22. EEA, Air quality in Europe, EEA Report, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, 2013.
 23. ANSES, On the state of knowledge on the health impact associated with exposure of the general population to pollen found in ambient air, French agency for food, environmental and occupational health & Safety, Maisons-Alfort, 2014.
 24. Hughes D. D., Mampage C. B., Jones L. M., Liu Z., Stone E. A. Characterization of atmospheric pollen fragments during springtime thunderstorms // Environmental Science & Technology Letters. 2020. V. 7. №6. P. 409-414. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00213>
 25. Полевова С. В. Сценарий формирования спородермы // Сборник научно-популярных статей победителей конкурса РФФИ. Т. 14. Биология и медицинская наука. 2011. С. 148-156.
 26. Rojo J., Serrano-Bravo M. D., Lara B., Fernández-González F., Pérez-Badia R. Halonitrophilous scrub species and their relationship to the atmospheric concentration of allergenic pollen: case study of the Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L., Amaranthaceae) // Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 2019. V. 153. №1. P. 98-107. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1461699>
 27. Romero-Morte J., Rojo J., Rivero R., Fernández-González F., Pérez-Badia R. Standardised index for measuring atmospheric grass-pollen emission // Science of the Total Environment. 2018. V. 612. P. 180-191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.139>

28. Grewling Ł., Jenerowicz D., Bogawski P., Smith M., Nowak M., Frątczak A., Czarnecka-Operacz M. Cross-sensitization to Artemisia and Ambrosia pollen allergens in an area located outside of the current distribution range of Ambrosia // *Advances in Dermatology and Allergology/ Postępy Dermatologii i Alergologii*. 2018. V. 35. №1. P. 83. <https://doi.org/10.5114/ada.2018.73167>
29. Kadocsa E., Juhász M. Study of airborne pollen composition and allergen spectrum of hay fever patients in South Hungary (1990–1999) // *Aerobiologia*. 2002. V. 18. №3. P. 203-209. <https://doi.org/10.1023/A:1021399530403>
30. De Weger L. A., Bergmann K. C., Rantio-Lehtimäki A., Dahl Å., Buters J., Déchamp C., ... Waisel Y. Impact of pollen // *Allergenic pollen*. Dordrecht: Springer, 2013. P. 161-215. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4881-1_6
31. Villalba M., Barderas R., Mas S., Colás S., Batanero E., Rodríguez García R. Amaranthaceae pollens: review of an emerging allergy in the Mediterranean area // *Journal of Investigational Allergology Clinical Immunology*. 2014. V. 24. №6. P. 288-297.
32. Galán C., Infante F., Ruiz de Clavijo E., Guerra F., Miguel R., Domínguez E. Allergy to pollen grains from Amaranthaceae and Chenopodiaceae in Cordoba, Spain. Annual and daily variation of pollen concentration // *Annals of allergy*. 1989. V. 63. №5. P. 435-438. PMID: 2817534.
33. Ferrer L., Carnés J., Rojas-Hijazo B., Lopez-Matas M. A., Sobrevía M. T., Colas C. Assessing degree of flowering implicates multiple Chenopodiaceae/Amaranthaceae species in allergy // *International archives of allergy and immunology*. 2012. V. 158. №1. P. 54-62. <https://doi.org/10.1159/000330105>
34. Nouri H. R., Sankian M., Vahedi F., Afsharzadeh D., Rouzbeh L., Moghadam M., Varasteh A. Diagnosis of Chenopodium album allergy with a cocktail of recombinant allergens as a tool for component-resolved diagnosis // *Molecular biology reports*. 2012. V. 39. №3. P. 3169-3178. <https://doi.org/10.1007/s11033-011-1083-9>
35. Arias A. T., Amat M. L. Pollinosis in the Lleida (former Lérida) province // *Allergol. Inmunol. Clin*. 2003. Vol. 18. P. 84–88.
36. Rezanejad F. Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of Thuja orientalis L. (Cupressaceae) // *Grana*. 2009. V. 48. №3. P. 205-213. <https://doi.org/10.1080/00173130902949417>

References:

1. D'amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., ... & Van Cauwenberge, P. (2007). Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, 62(9), 976-990. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>
2. Werchan, B., Werchan, M., Muecke, H. G., Gauger, U., Simoleit, A., Zuberbier, T., & Bergmann, K. C. (2017). Spatial distribution of allergenic pollen through a large metropolitan area. *Environmental monitoring and assessment*, 189(4), 169. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5876-8>
3. Kumar, R., Kumar, D., Singh, K., Mavi, A. K., & Kumar, M. (2018). Identification of airborne pollens in Delhi. *Indian Journal of Allergy, Asthma and Immunology*, 32(1), 28. https://doi.org/10.4103/ijaai.ijaai_35_17
4. So, H. J., Moon, S. J., Hwang, S. Y., Kim, J. H., Jang, H. J., Jo, J. H., ... & Lim, D. H. (2017). Characteristics of airborne pollen in Incheon and Seoul (2015-2016). *Asia Pacific Allergy*, 7(3), 138. <https://doi.org/10.5415/apallergy.2017.7.3.138>
5. Toro, R., Córdova, A., Canales, M., & Mardones, P. (2015). Trends and threshold exceedances analysis of airborne pollen concentrations in Metropolitan Santiago Chile. *PLoS one*, 10(5), e0123077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123077>

6. Abdrasil, G. S. (2004). Nauchnye osnovy monitoringa bioallergenov vozduzhnoi sredy (na primere g. Almaty i Almatinskoi oblasti): authoref. Dr. diss. Almaty. (in Russian).
7. Kupriyanov, S. N., Galaktionova, I. V., & Kupriyanova, E. S. (1992). Allergennaya flora i pyl'tsa zemnogo shara. Ashgaba. (in Russian).
8. Manzhos, M. V., Ryzhkin, D. V., & Zheltikova, T. M. (2004). Osobennosti techeniya pollinoza i aeropalinologicheskaya kharakteristika v g. Penze. *Allergologiya*, (2), 29-33. (in Russian).
9. Prokhorova, S. V. (1988). Aeropalinologicheskii rezhim nekotorykh raionov Kazakhstana: authoref. Ph.D. diss. Alma-Ata. (in Russian).
10. Nilsson, S. (1990). Regional and global distribution of aeroallergens. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 64(1-4), 29-34. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90113-W](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90113-W)
11. Spieksma, F. T. M. (1992). Allergological aerobiology. *Aerobiologia*, 8(1), 5-8. <https://doi.org/10.1007/BF02291320>
12. Sénéchal, H., Visez, N., Charpin, D., Shahali, Y., Peltre, G., Biolley, J. P., ..., & Sutra, J. P. (2015). A review of the effects of major atmospheric pollutants on pollen grains, pollen content, and allergenicity. *The Scientific World Journal*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/940243>
13. Behrendt, H., Friedrich, K. H., Kainka-Stänicke, E., Darsow, U., Becker, W. M., & Tomingas, R. (1991). Allergens and pollutants in the air - a complex interaction. *New trends in allergy III. Berlin, Heidelberg, Springer*, 467-478. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46717-2_62
14. Depciuch, J., Kasprzyk, I., Roga, E., & Parlinska-Wojtan, M. (2016). Analysis of morphological and molecular composition changes in allergenic *Artemisia vulgaris* L. pollen under traffic pollution using SEM and FTIR spectroscopy. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(22), 23203-23214. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7554-8>
15. Depciuch, J., Kasprzyk, I., Roga, E., & Parlinska-Wojtan, M. (2016, November). SEM and FTIR investigation of molecular composition changes in allergenic common mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) and hazel (*Corylus avellana*) pollen induced by traffic pollution. *European Microscopy Congress 2016: Proceedings. Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA*, 334-335. <https://doi.org/10.1002/9783527808465.EMC2016.5977>
16. Vinckier, S., & Smets, E. (2001). The potential role of orbicules as a vector of allergens. *Allergy*, 56(12), 1129-1136. <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2001.00172.x>
17. Guedes, A., Ribeiro, N., Ribeiro, H., Oliveira, M., Noronha, F., & Abreu, I. (2009). Comparison between urban and rural pollen of *Chenopodium alba* and characterization of adhered pollutant aerosol particles. *Journal of aerosol science*, 40(1), 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.07.012>
18. Bianchimano, A. S., Murray, M. G., Aztiria, M. E., Montes, B., Calfuán, M. L., & Prat, M. I. (2014). Morphological and immunochemical characterization of the pollen grains of *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae) in a temperate urban area in Argentina. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, 83(1), 9-15.
19. Oteros, J., Bartusel, E., Alessandrini, F., Nunez, A., Moreno, D. A., Behrendt, H., ..., & Buters, J. (2019). *Artemisia* pollen is the main vector for airborne endotoxin. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 143(1), 369-377. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.05.040>
20. Carlsten, C. (2019). *Artemisia* species pollen (mugwort) as a major vector for ambient LPS: Brothers in harm? *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 143(1), 94. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.08.034>
21. Amjad, L., & Shafiqhi, M. (2012). The effect of air pollution on *Chenopodium album* L. pollen structure. *Journal of Agricultural Science and Technology. A*, 2(1A), 143.

22. EEA, Air quality in Europe, EEA Report, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, 2013.

23. ANSES, On the State of Knowledge on the Health Impact Associated with Exposure of The General Population to Pollen Found in Ambient Air, French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety, Maisons-Alfort, France, 2014.

24. Hughes, D. D., Mampage, C. B., Jones, L. M., Liu, Z., & Stone, E. A. (2020). Characterization of atmospheric pollen fragments during springtime thunderstorms. *Environmental Science & Technology Letters*, 7(6), 409-414. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00213>

25. Polevova, S. V. (2011). Stsenarii formirovaniya sporodermy. *Sbornik nauchno-populyarnykh statei pobeditelei konkursa RFFI. 14. Biologiya i meditsinskaya nauka, 148-156.* (in Russian).

26. Rojo, J., Serrano-Bravo, M. D., Lara, B., Fernández-González, F., & Pérez-Badia, R. (2019). Halo-nitrophilous scrub species and their relationship to the atmospheric concentration of allergenic pollen: case study of the Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L., Amaranthaceae). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 153(1), 98-107. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1461699>

27. Romero-Morte, J., Rojo, J., Rivero, R., Fernández-González, F., & Pérez-Badia, R. (2018). Standardised index for measuring atmospheric grass-pollen emission. *Science of the Total Environment*, 612, 180-191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.139>

28. Grewling, Ł., Jenerowicz, D., Bogawski, P., Smith, M., Nowak, M., Frątczak, A., & Czarnecka-Operacz, M. (2018). Cross-sensitization to Artemisia and Ambrosia pollen allergens in an area located outside of the current distribution range of Ambrosia. *Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii*, 35(1), 83. <https://doi.org/10.5114/ada.2018.73167>

29. Kadocsa, E., & Juhász, M. (2002). Study of airborne pollen composition and allergen spectrum of hay fever patients in South Hungary (1990-1999). *Aerobiologia*, 18(3), 203-209. <https://doi.org/10.1023/A:1021399530403>

30. De Weger, L. A., Bergmann, K. C., Rantio-Lehtimäki, A., Dahl, Å., Buters, J., Déchamp, C., ... & Waisel, Y. (2013). Impact of pollen. *Allergenic pollen. Dordrecht, Springer*, 161-215. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4881-1_6

31. Villalba, M., Barderas, R., Mas, S., Colás, S., Batanero, E., & Rodríguez García, R. (2014). Amaranthaceae pollens: review of an emerging allergy in the Mediterranean area. *Journal of Investigational Allergology Clinical Immunology*, 24(6), 288-297.

32. Galán, C., Infante, F., Ruiz de Clavijo, E., Guerra, F., Miguel, R., & Domínguez, E. (1989). Allergy to pollen grains from Amaranthaceae and Chenopodiaceae in Cordoba, Spain. Annual and daily variation of pollen concentration. *Annals of allergy*, 63(5), 435-438. PMID: 2817534.

33. Ferrer, L., Carnés, J., Rojas-Hijazo, B., Lopez-Matas, M. A., Sobrevía, M. T., & Colas, C. (2012). Assessing degree of flowering implicates multiple Chenopodiaceae/Amaranthaceae species in allergy. *International archives of allergy and immunology*, 158(1), 54-62. <https://doi.org/10.1159/000330105>

34. Nouri, H. R., Sankian, M., Vahedi, F., Afsharzadeh, D., Rouzbeh, L., Moghadam, M., & Varasteh, A. (2012). Diagnosis of Chenopodium album allergy with a cocktail of recombinant allergens as a tool for component-resolved diagnosis. *Molecular biology reports*, 39(3), 3169-3178. <https://doi.org/10.1007/s11033-011-1083-9>

35. Rezanejad F. (2009). Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of *Thuja orientalis* L. (Cupressaceae). *Grana*, 48(3). 205-213.

36. Rezanejad, F. (2009). Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of *Thuja orientalis* L. (Cupressaceae). *Grana*, 48(3), 205-213. <https://doi.org/10.1080/00173130902949417>

Работа поступила
в редакцию 17.12.2020 г.

Принята к публикации
22.12.2020 г.

Ссылка для цитирования:

Кобзарь В. Н. Стратегия загрязнения пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae* // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №2. С. 10-28. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/01>

Cite as (APA):

Kobzar, V. (2021). Pollen Pollution Strategy of *Artemisia* and *Chenopodiaceae*. *Bulletin of Science and Practice*, 7(2), 10-28. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/63/01>