



**В. Л. Шалабода, С. А. Дмитриева**

# **МЕТОДЫ** экспресс-анализа пыльцы растений и спор патогенных грибов Беларуси

*практическое пособие*



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича

***В. Л. Шалабода, С. А. Дмитриева***

# **МЕТОДЫ** **экспресс-анализа** **пыльцы растений** **и спор патогенных** **грибов Беларуси**

*практическое пособие*

Под редакцией академика  
В. И. Парфёнова

Минск  
«Беларуская навука»  
2015

УДК 581.331/.332.083.32

ББК 28.53

Ш18

Р е ц е н з е н т ы:

доктор геологических наук М. С. Комар,  
доктор биологических наук Г. Ф. Рыковский,  
кандидат биологических наук О. С. Гапиенко

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда  
фундаментальных исследований (грант № Б12-077).*

### **Шалабода, В. Л.**

Ш18 Методы экспресс-анализа пыльцы растений и спор патогенных грибов Беларуси : практ. пособие / В. Л. Шалабода, С. А. Дмитриева ; под ред. акад. В. И. Парфёнова ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники имени В. Ф. Купревича. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 41 с. ISBN 978-985-08-1801-0.

Описаны методы экспресс-анализа пыльцы растений и спор грибов в помещениях с натуральным воздухообменом. Дана оценка способности различных материалов аккумулировать внутри помещений бытовую пыль, содержащую пыльцу растений и споры патогенных грибов, возможности использования клейкой ленты для фиксации этой пыли. Представлены результаты изучения сохранности пыльцы в закрытом помещении с естественным воздухообменом в течение сезона пыления и после него.

Содержит краткие описания пыльцы аллергенных растений и спор грибов, а также Атлас микрофотографий пыльцы растений и спор патогенных грибов в помещениях с натуральным воздухообменом.

Для специалистов в области палинологии, микологии, аллергологии, ботаники, экологии, криминалистики, а также преподавателей и учащихся вузов биологического, географического, экологического профиля и широкого круга читателей.

УДК 581.331/.332.083.32

ББК 28.53

ISBN 978-985-08-1801-0

© Шалабода В. Л., Дмитриева С. А., 2015  
© Оформление. РУП «Издательский дом  
«Беларуская навука», 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Аэробиология – сравнительно молодая отрасль современной биологии. Одним из ее направлений является аэропалинология, изучающая состав и закономерности формирования спорово-пыльцевой компоненты атмосферного аэрозоля, так называемого пыльцевого дождя. Таксономическое разнообразие и концентрация в воздухе пыльцы и спор зависит от структуры растительного покрова, метеорологических факторов, ежегодной сезонной динамики пыления и пыльцевой продуктивности растений. В Беларуси изучение пыльцы и спор в аэрозоле для целей аллергологии впервые было проведено в 1990-е годы в Витебске Н. С. Гуриной. Начиная с 2006 г., такие исследования проводят систематически при помощи стационарной ловушки Буркарда в Минске.

В настоящее время на базе ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» функционирует первая и пока единственная в Беларуси стационарная аэропалинологическая станция (BYMINS Minsk), включенная в сеть европейского мониторинга. Наличие станции позволяет проводить ряд исследований по распространению аллергенной пыльцы в городе. Данные аэропалинологического мониторинга сопоставляются с изучением динамики пыления наземных растений. Многолетний опыт позволяет сравнивать наши данные с составом бытовой пыли помещений. Определенный фактический материал, полученный нами в результате отбора образцов в 2005–2006 гг. в Минске, в 2008–2009 гг. в Минске, Минской и Брестской областях, в 2011 г. в Витебске позволил разработать и опубликовать ряд оригинальных методик по изучению бытовой пыли в помещениях, а также метод экспресс-анализа пыльцы и спор.

В книге приведено описание методических приемов подготовки образцов к анализу и представлен рабочий атлас пыльцы и спор, встречающихся в различных помещениях на территории Беларуси.

*Академик В. И. Парфёнов*

## ВВЕДЕНИЕ

*Аэропалинология* – область современной аэробиологии, изучающая состав и закономерности формирования «пыльцевого дождя», состоящего из пыльцевых зерен (п. 3.), спор и некоторых других палиноморф. Целью аэропалинологии является изучение состава, концентрации и морфологии биологических и индустриальных частиц атмосферного аэрозоля для оценки загрязнения воздуха.

Аэропалинологические исследования направлены на изучение уровней аллергенной пыльцы растений и спор грибов в атмосферном воздухе, так как заболевания, вызванные аэроаллергенами, снижают качество жизни и наносят экономический ущерб, приобретая массовый характер. Накопленный материал позволяет говорить о важности этих исследований для Беларуси. В каждом географическом регионе отмечаются свои особенности пыления растений, связанные с климатическими условиями, особенностями растительного покрова, экологическими условиями и т. п. Выявление этих особенностей и закономерностей появления пыльцы и спор определенных таксонов в составе атмосферных аэрозолей позволит в дальнейшем прогнозировать развитие аллергоопасной обстановки и возникновение вспышек поллинозов в каждом конкретном регионе.

В то же время эти исследования помогают решить ряд других вопросов, связанных с пылью и спорами в атмосферном аэрозоле и в составе бытовой пыли. Попадая вместе с потоком воздуха в помещения, пыльца и споры накапливаются и сохраняются вместе с другой бытовой пылью на различных предметах вблизи открытых окон и дверей квартир, а также на балконах, в гаражах и в других подсобных помещениях с естественным воздухообменом. Люди, проводя большую часть времени в закрытом помещении, должны знать и понимать, как важны факторы, влияющие на присутствие аэроаллергенов в помещении, и какую потенциальную опасность представляют эти аэроаллергены. Как долго они могут сохраняться в составе пыли, могут ли вызывать аллергию при длительном хранении? Эти и некоторые другие вопросы нам предстояло выяснить в процессе выполнения данной работы.

Загрязнение воздуха внутри помещений – одна из главных экологических проблем во многих странах. Поэтому очень важно иметь данные для влияния

на уровне загрязнения. Основными частицами, содержащимися в атмосферном аэрозоле и влияющими на здоровье человека, являются пыльца, споры и индустриальные частицы РМ (particulate matter). В основном изучение биологических и индустриальных частиц проводится разными методами и в разных лабораториях, что затрудняет сопоставление результатов. Комплексное изучение этих частиц проводится единично (по всему миру, но лишь в отдельных лабораториях) и пока не приобрело массовый характер.

Современные люди проводят много времени в закрытых помещениях. Внутренние воздушные загрязнители могут вызывать астматические и аллергические реакции. Уровни загрязнения воздуха внутри помещений, составляя только  $\frac{1}{3}$  от наружного загрязнения, влияют на здоровье работающих так же, как и наружное. Так, аллергенным для помещений является содержание спор грибов 1000 частиц в 1 м<sup>3</sup> воздуха ( $\frac{1}{3}$  от наружного уровня), а пыльцы – 15 частиц в 1 м<sup>3</sup> воздуха ( $\frac{1}{3}$  от наружного уровня). Плохому качеству воздуха внутри помещений во многом способствуют современные дома, где предусмотрено низкое энергопотребление. Эти дома построены таким образом, что удерживают воздух внутри помещений и не подвержены резким колебаниям температуры. Однако то, что способствует экономии энергии, не обязательно обеспечивает хорошее качество воздуха внутри помещений. Такой тип строительства не позволяет дому «дышать». Открытые окна не всегда помогают, особенно если в доме кто-то страдает от аллергии. Чаще всего в таких домах используют различные воздухоочистители, которые, в свою очередь, при редкой замене фильтров становятся источниками загрязнения.

Систематические сезонные аэропалинологические исследования атмосферного аэрозоля в Беларуси проводят с 2001 г. Постоянная аэропалинологическая станция (первая и единственная в Беларуси) работает в Минске с 2006 г. по стандартным, общепринятым в европейских государствах методикам, что позволяет включать станцию BYMINS Minsk и ее данные в европейские базы данных EPI (EAN) и Polleninfo. В настоящее время работа станции осуществляется на базе ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси».

Данные аэробиологии используют в таких отраслях науки и хозяйственной деятельности, как: аллергология, сельское хозяйство, лесное хозяйство / лесоводство, садоводство, экология, ботаника, таксономия, систематика, биоповреждения, мелиссопалинология, палинология, криминалистика, генетика, климатология, метеорология, наука об аэрозолях, гигиена окружающей среды, биотерроризм.

*Целью данного исследования является разработка методов экспресс-анализа пыльцы растений и спор грибов, находящихся в составе бытовой пыли внутри помещений с естественным воздухообменом.*

В настоящее время для изучения пыльцы растений в составе бытовой пыли внутри помещений применяют различные методики [14, 18], требующие длительной и сложной обработки материала. Споры грибов при этом разрушаются,

а сферические техногенные частицы (сферулы) не учитываются. Для определения спор грибов в составе пыли в помещениях требуется выращивание колоний грибов на различных средах и при различных температурах, что, в свою очередь, требует времени и наличия специально оборудованных лабораторий. Все названные методы очень важны при тщательном исследовании, но иногда для быстрой предварительной оценки загрязнения требуется экспресс-анализ, который не может служить заменой основным методам изучения пыльцы растений и спор грибов в составе бытовой пыли, но может ускорять и дополнять уже известные методы.

Преимущество предлагаемой и используемой нами методики заключается в том, что: материал быстро готовится к просмотру (фиксация и окрашивание занимают мало времени); пыльца растений, споры грибов и техногенные частицы находятся в одном образце; в образце присутствуют споры аллергенных и патогенных грибов, которые не прорастают на питательных средах.

Сравнение и определение пыльцы и спор проводили при помощи светового микроскопа (СМ) по эталонным препаратам, приготовленным по аналогичной методике, и по имеющимся атласам пыльцы и спор. Просмотр отдельных образцов в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) использовали как вспомогательный метод: для уточнения определений.

**Объекты исследования.** Бытовую пыль собирали с различных поверхностей и материалов. Для исследования выбирали поверхности и объекты вблизи открытых окон, на балконах и т. п., где длительное время накапливалась пыль. При помощи стационарной ловушки получали контрольные образцы.

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

п. з. – пыльцевое(ые) зерно(а)

PM<sub>2,5</sub> (particulate matter) – твердые частицы аэрозоля (цифра – диаметр частиц в  $\mu\text{m}$ )

СМ – световой микроскоп

СЭМ – сканирующий электронный микроскоп

х/б ткань – хлопчатобумажная ткань

$\mu\text{m}$  – микрон

## ПРИБОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АЭРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время не существует универсальных ловушек, пригодных для исследования всех типов биологических частиц. Каждая область исследований (палинология, микология, вирусология и т. п.) требует своих методов отбора образцов, последующей обработки и идентификации материала [15]. В основном используют два принципа улавливания биологических частиц: с помощью гравитации – гравитационные (взвешенные в воздухе частицы осаждаются под действием силы тяжести на горизонтальную поверхность) и импакторные (impaction – столкновение) – взвешенные в воздухе частицы движутся вместе с потоком воздуха и осаждаются на поверхности различных типов и ориентации. Они, в свою очередь, бывают естественными (ветер) или искусственно созданными (волюметрические) с применением различных насосов. Большинство импакторных ловушек относится к волюметрическому типу, поток воздуха в них создается принудительно, за счет работы воздушной помпы. Американские и канадские исследователи в основном пользуются ловушками, произведенными в исследовательских центрах США; в Европе используют ловушки фирм Burkard (Англия) и Lanzoni (Италия), при явном преобладании пылеуловителей фирмы Burkard.

Для контроля за биологической составляющей атмосферного аэрозоля была использована семидневная ловушка Буркарда (рис. 1), СЭМ «JEOL JSM-35C» (рис. 2) и световые биологические микроскопы.

Принцип работы ловушки следующий. На барабан наклеивают ленту MELINEX, поверх которой наносят улавливающую смесь. Барабан помещают в камеру с узкой щелью. Через камеру прокачивают воздух со скоростью дыхания человека (10 л/мин), твердые частицы аэрозоля попадают через щель в камеру и фиксируются на липкой ленте барабана. Барабан, соединенный с часовым механизмом, вращается со скоростью 2 мм/ч (за сутки 48 мм). Завод часового механизма и окружность барабана рассчитаны на 7 дней, по прошествии которых барабан заменяют, ленту снимают, разрезают ее на участки, соответствующие одним суткам, окрашивают фуксином или сафранином и просматривают в СМ поперечными или продольными транссектами. Расчет содержания количества таксонов производят в кубическом метре воздуха за сутки [15]. Данные заносят в рабочий журнал, а затем в таблицы.





Рис. 1. Пыльцевая ловушка Буркарда



Рис. 2. СЭМ «JEOL JSM-35С»

Применение СЭМ для изучения состава аэрозолей показало высокую эффективность таких исследований по нескольким параметрам, так как оно позволяет:

- изучать субмикронные биологические и индустриальные частицы, которые из-за малых размеров не могут быть идентифицированы в обычном микроскопе, но которые представляют опасность для здоровья населения. Эти частицы вместе с потоком воздуха легко обходят защитные механизмы дыхательных путей человека, попадая непосредственно в легкие, а также могут служить дополнительным источником заражения и причиной усиления аллергии;
- отмечать изменения и разрушения у пыльцы, незаметные в СМ, но способные влиять на ее аллергенные свойства.

Для изучения состава аэрозоля в СЭМ на крышу ловушки помещают предметный столик электронного микроскопа с наклеенной двухсторонней клейкой лентой Scotch-3М (рис. 3). Столик заменяют каждые сутки, напыляют проводящим составом и просматривают в СЭМ. Дополнительное улавливание частиц необходимо использовать как для более надежной идентификации спор грибов, так и для изучения субмикронных частиц, сопутствующих пылению [32–34].



*а*



*б*

Рис. 3. Прозрачная клейкая лента: *а* – односторонняя; *б* – двухсторонняя

## МЕТОДЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА

Отбор образцов из воздуха обычно осуществляют при помощи гравиметрических и импакторных волюметрических ловушек по стандартным методикам. Нами разработана и использована оригинальная методика улавливания микрочастиц из атмосферы на поверхность клейкой ленты, применение которой широко практикуется в судебно-медицинской экспертизе. В качестве подставки нами были использованы столики СЭМ (рис. 4). На поверхность столиков наклеивали стекла с клейкой лентой площадью  $1 \text{ см}^2$ . Ловушки устанавливали навстречу ветровому потоку под углом  $45^\circ$ . Такая ловушка позволяет фиксировать большинство объектов из воздуха в диапазоне от 1 до  $100 \text{ мкм}$  и комплексно оценивать объекты воздушного загрязнения. Экспозиция продолжается 24 ч. Поверхность ловушки изучают в СЭМ (в данном случае «JEOL JSM-35C»), аналитик определяет и подсчитывает объекты [16]. После изучения в СЭМ клейкую ленту снимают с подставки, окрашивают фуксином и просматривают в СМ. Данная методика, разработанная в ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси», позволяет расширить круг изучаемых объектов и более точно их определять.

Отбор образцов из пыли помещений выполняли при помощи ткани с последующей фиксацией на клейкой ленте и окрашиванием фуксином или на клей-

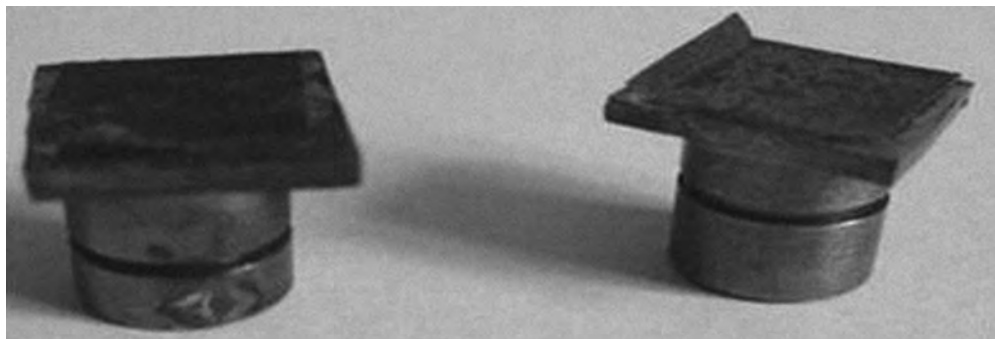


Рис. 4. Образцы пыли на клейкой ленте, закрепленные на предметных столиках СЭМ

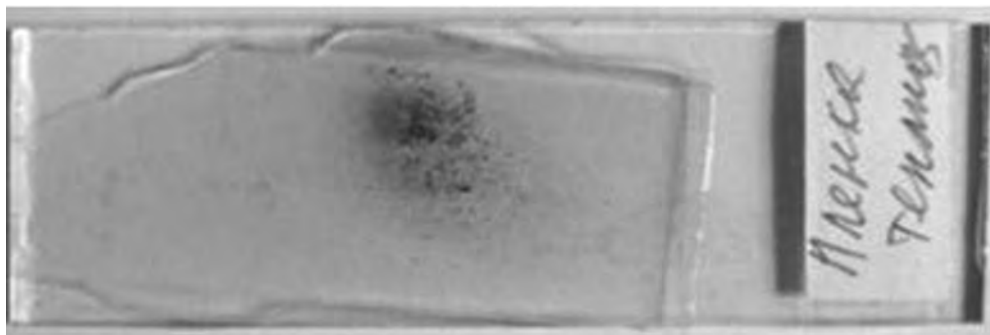


Рис. 5. Образец пыли для СМ на липкой ленте, зафиксированный в глицериножелатиновой смеси и окрашенный фуксином

кую ленту с последующим окрашиванием (рис. 5), а просмотр и подсчет объектов в образцах – при помощи СМ и СЭМ. Для определения таксонов применяли определители пыльцы и спор [3, 5–10, 12, 25, 26, 28, 30, 31, 35, 38]. Использовали также базы данных «PollenInfo», «PalDat», «APMRU» «RNSAGB2» и образцы из личной коллекции, а для обработки рисунков – программу «Photoshop» и графический редактор «Point».

**Подготовка образцов для СЭМ.** Если подложка позволяла, то из нее вырезали небольшие куски (1 см<sup>2</sup>) и наклеивали на предметный столик для СЭМ (образец пригоден только для СЭМ).

#### ***Комплексная подготовка образцов для СЭМ и СМ.***

*Метод А:* отбор пыли производили на прозрачную двухстороннюю клейкую ленту или на прозрачную одностороннюю клейкую ленту (использование прозрачной клейкой ленты не является оригинальным, этот метод широко практикуется во многих исследованиях). Для извлечения материала использовали следующие методы.

*Метод А1:* на предметное стекло наклеивали прозрачную двухстороннюю клейкую ленту; стекло вместе с лентой переворачивали и прижимали к объекту; операцию повторяли многократно и последовательно; по мере заполнения ленты, которое определяли на глаз, останавливали процесс отбора материала на этом стекле и продолжали на другом.

*Метод А2:* одностороннюю прозрачную клейкую ленту закрепляли на катушке клейкой стороной наружу; катушку с клейкой лентой последовательно прокатывали по поверхности изучаемого объекта; ленту заменяли по мере заполнения.

Далее клейкую ленту обрабатывали в зависимости от того, на каком микроскопе было решено осуществлять просмотр (рис. 6).

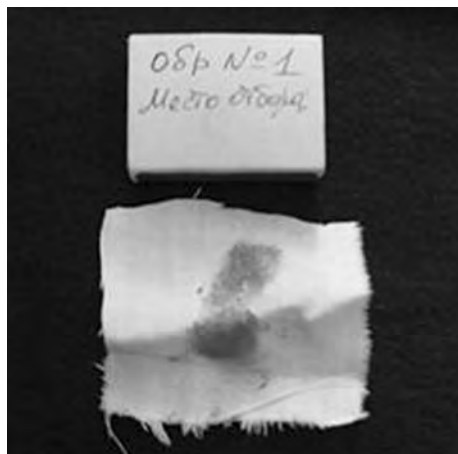
*Метод Б:* отбор пыли производили на х/б ткань, которую можно просматривать в СЭМ (рис. 7) или снимать с нее материал на клейкую ленту для просмотра в СМ (см. рис. 3).



Рис. 6. Схема подготовки образцов к просмотру в СМ и СЭМ



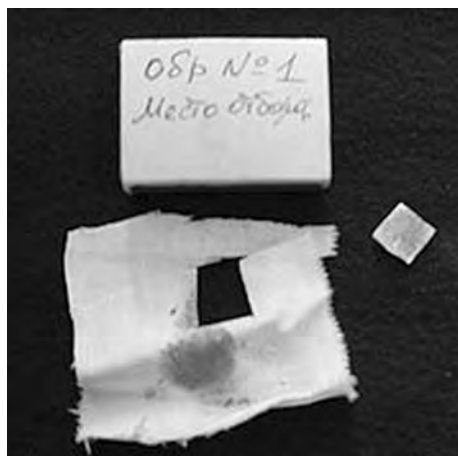
*a*



*б*



*в*



*г*

Рис. 7. Спичечный коробок для хранения х/б ткани: *a* – для отбора пыли; *б* – с образцом пыли; *в* – с образцом пыли, завернутым запыленной стороной внутрь; *г* – извлеченной из коробка, из которой вырезан запыленный участок 1 см<sup>2</sup> для просмотра в СЭМ

**Подготовка образцов для просмотра в СЭМ.** После извлечения частиц как по методам А1–А2, так и по методу Б, небольшие куски клейкой ленты с образцом на поверхности вырезают и наклеивают на стеклянные квадратики площадью 1 см<sup>2</sup>. Образцы закрепляют на предметном столике для СЭМ при помощи клея и напыляют углем, а затем золотом. Напыление проводят для нанесения проводящей пленки на поверхность образца. Для просмотра достаточно только угольного напыления. Двойное напыление (углем и золотом) выполняют для усиления контраста при съемке с большим увеличением.

**Подготовка образцов для просмотра в СМ.** Для подготовки препаратов использовали инструкцию [13], разработанную нами совместно с республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены». При выполнении работы нами был использован метод окрашивания фуксином: на полученный образец наносили разогретую до жидкого состояния глицерино-желатиновую смесь, окрашенную фуксином; образец закрывали покровным стеклом; остывшая глицериножелатиновая смесь фиксировала образец, а фуксин окрашивал органику (см. рис. 5). Пыльца приобретала розовый цвет разной интенсивности и хорошо выделялась на фоне пыли и волокон бумаги или ткани. Вместо фуксина можно использовать сафранин.

Описанная методика позволяет также просматривать в СМ образцы, которые вначале были изучены в СЭМ (напыление не мешает окрашиванию объектов). Для этого стеклянную подложку вместе с лентой снимают с предметного столика; на образец капают несколько капель глицериножелатиновой смеси, окрашенной фуксином; образец закрывают покровным стеклом. В готовом виде образец представляет собой небольшой квадратик площадью около 1 см<sup>2</sup>. Сборку к образцу прикрепляют этикетку.

Для изучения накопления пыльцы на различных материалах с последующим ее снятием была проведена серия опытов, при которых на различные материалы наносили пыльцу сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.). Затем материал стряхивали. В СМ определялось приблизительное количество оставшейся пыльцы. Поверхность материалов с остатками пыльцы обрабатывали при помощи клейкой ленты. Материал снова просматривали в СМ. Отмечали количество оставшейся пыльцы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА

В результате исследований было установлено, что лучше всего пыльцу и споры накапливают вата, марля, фильтровальная бумага, ткань и газетная бумага (табл. 1). Однако для исследования в микроскопе методом экспресс-анализа больше всего подходит х/б ткань и газетная бумага. С более рыхлого материала пыльца и споры плохо снимаются, а более гладкий материал их плохо накапливает.

*Таблица 1. Оценка возможности накопления пыли различными подложками и пригодности образцов к микроскопированию*

| Подложка              | Оценка накопления   | Пригодность для изучения   |   |
|-----------------------|---|--|---|
|                       |   | в СМ   | в СЭМ   |
| Вата, марля           | Рыхлый субстрат. Очень хорошо накапливает любую пыль  | Только после вываривания и последующей химической обработки. Неизбежна потеря части материала                          | Только после вываривания и последующей химической обработки. Неизбежна потеря части материала                                 |
| Фильтровальная бумага | Довольно рыхлый субстрат. Хорошо накапливает любую пыль   | Зависит от плотности фильтра. С плотных фильтров пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала незначительны | Зависит от плотности фильтра. Из плотных фильтров вырезают запыленный участок для просмотра. Потеря материала практически нет |
| Газета                | Довольно рыхлый субстрат. Хорошо накапливает любую пыль   | Пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала незначительные   | Вырезается запыленный участок для просмотра. Потеря материала практически нет   |
| Чертежная бумага*     | Потери материала могут быть большими на стадии подготовки образца (легко стряхивается с гладкой бумаги; рыхлая бумага накапливает пыль) | Пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала с ленты незначительные   | Пыль легко снимается на липкую ленту. Потери материала с ленты незначительные   |

| Подложка                           | Оценка накопления  | Пригодность для изучения  |  |
|------------------------------------|--|---|--|
|                                    |  | в СМ  | в СЭМ  |
| Глянцевая бумага                   | Практически не накапливает пыль. Она легко стряхивается. Остается более клейкая пыльца. Неизбежно искажение данных | При осторожном обращении пыль легко снимается на клейкую ленту  | При осторожном обращении пыль легко снимается на клейкую ленту   |
| Полиэтиленовая пленка              | Мало накапливает. Остается более клейкая пыльца. Неизбежно искажение данных  | Пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала незначительные                                    | Пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала незначительные   |
| Х/б ткань, плотная                 | Довольно рыхлый субстрат. Хорошо накапливает любую пыль  | Пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала незначительные                                    | Вырезается запыленный участок для просмотра. Потеря материала практически нет  |
| Шерстяная ткань                    | Довольно рыхлый субстрат. Хорошо накапливает любую пыль  | Пыль плохо снимается на клейкую ленту. Потери материала значительные                                      | Из-за большой ворсистости материала прямой просмотр исключен. Пыль плохо снимается на клейкую ленту. Потери материала значительные |
| Деревянные изделия, покрытые лаком | Мало накапливает. Остается более клейкая пыльца. Неизбежно искажение данных  | Пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала незначительные                                    | Пыль легко снимается на клейкую ленту. Потери материала незначительные   |
| Необработанная древесина           | Субстрат с шершавой поверхностью. Хорошо накапливает пыль  | Плохо снимается на клейкую ленту. Потери материала большие  | Плохо снимается на клейкую ленту. Потери материала большие   |
| Рубероид                           | Субстрат с шершавой поверхностью. Хорошо накапливает пыль  | Только после смывания и вываривания с последующей химической обработкой. Неизбежна потеря части материала | Только после смывания и вываривания с последующей химической обработкой. Неизбежна потеря части материала                          |
| Шифер                              | Субстрат с шершавой поверхностью. Хорошо накапливает пыль  | На клейкую ленту можно снять только часть материала. Неизбежна потеря части материала                     | На клейкую ленту можно снять только часть материала. Неизбежна потеря части материала  |
| Липкая лента (скотч)               | Хорошо накапливает пыль  | Просматривается полностью   | Просматривается полностью  |

\*Чем выше качество бумаги, тем меньше на ней накапливается пыли. Ватман (Госзнак) и калька практически не накапливают пыли, при подготовке образца она легко стряхивается.



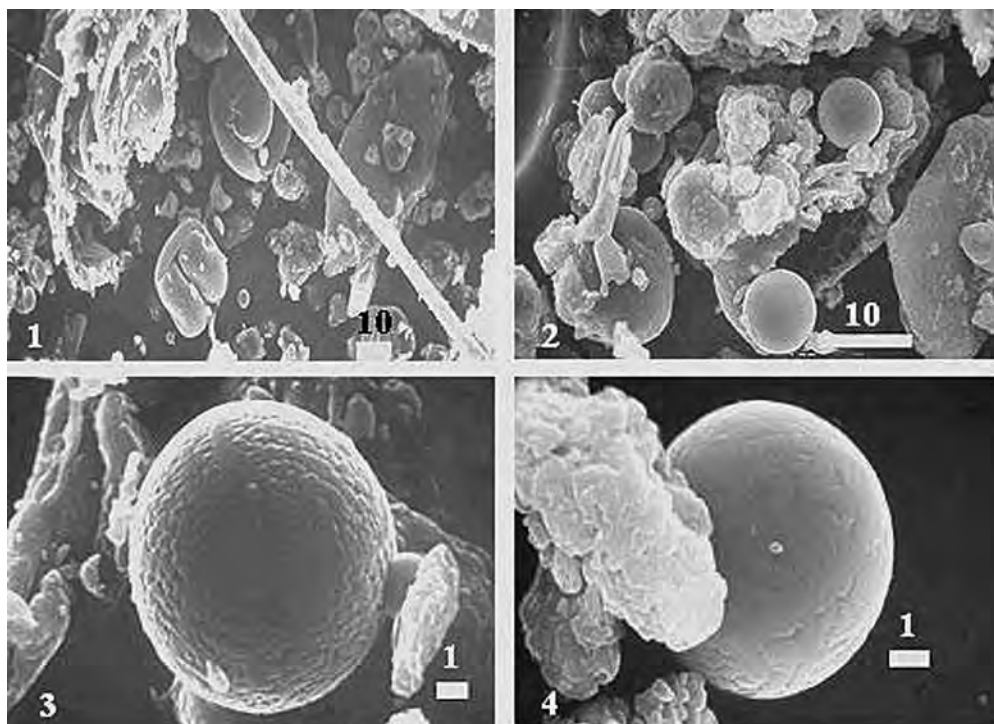


Рис. 8. Бытовая пыль в СЭМ: 1 – пыльца сосны в составе пыли; 2 – обрывки пыльцы и сферические частицы в составе пыли; 3, 4 – сферические частицы с кристаллизованной поверхностью.  
Линейка в  $\mu\text{м}$

В бытовой пыли городов постоянно присутствуют сферические частицы с кристаллизованной поверхностью (рис. 8, 9). Проведение химического анализа каждой отдельно взятой частицы пока затруднено из-за ее малых размеров (от 1 до 10–30  $\mu\text{м}$ ). Наибольшее количество таких частиц можно наблюдать в технических помещениях, на балконах. Малые размеры этих частиц способствуют проникновению их вместе с потоком воздуха в легкие людей, они могут травмировать слизистую и усугублять или провоцировать аллергическую реакцию на пыльцу растений и споры грибов.

В Минске исследования по таксономическому составу пыльцы и спор в бытовой пыли были проведены нами в разных районах города и в различных помещениях: в квартирах, на открытых балконах, в гаражах и некоторых других подсобных помещениях (около 100 образцов). Для контроля использовали данные, полученные с помощью стандартной семидневной ловушки Буркарда и пылевых гравитационных мини-ловушек, экспонированных подекадно с 21 марта по 1 июня в 30 точках города (210 образцов). Было установлено, что таксономический состав пыльцы растений и спор грибов как снаружи, так и внутри помещений имеет большое сходство. Пыльца сосны и березы доминирует во всех образцах, создавая фон препаратов, и является самой массовой как снаружи, так и внутри помещений.

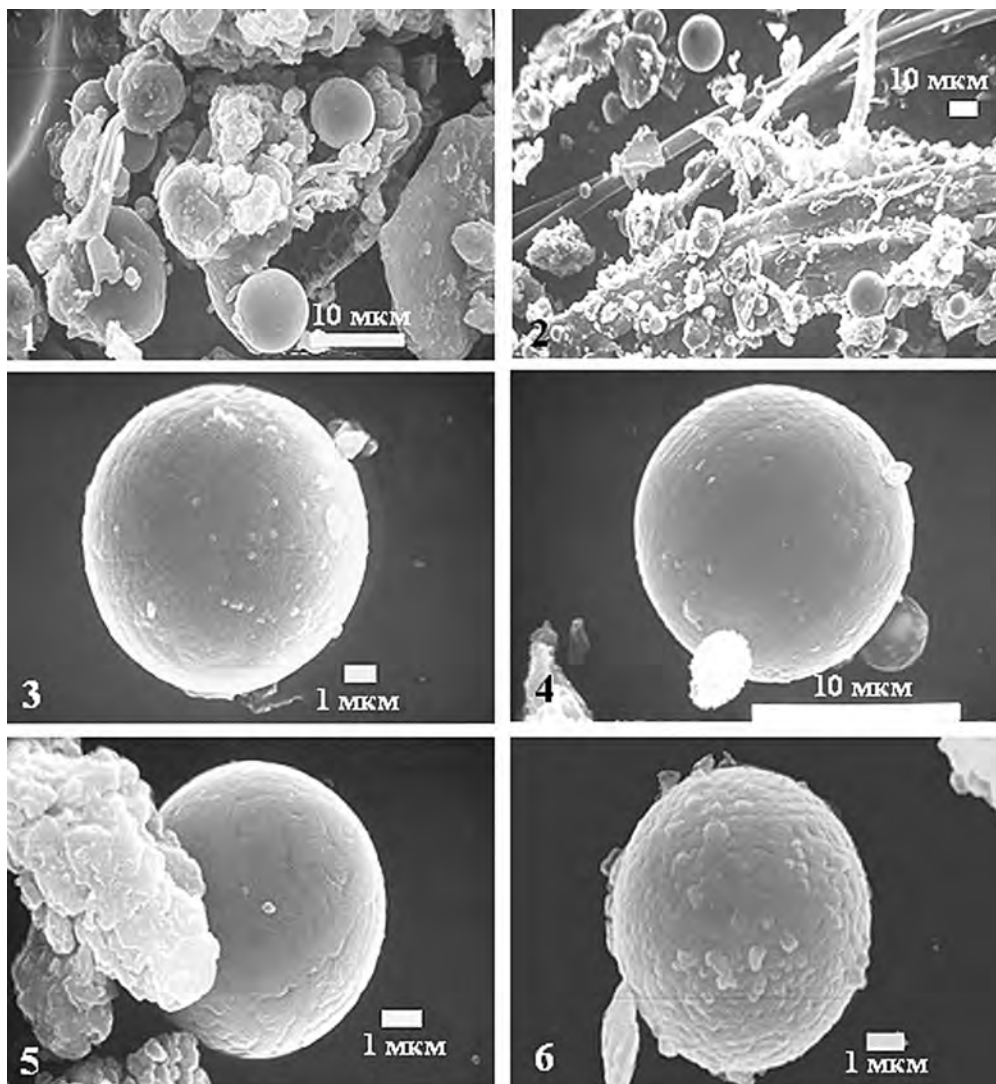


Рис. 9. Бытовая пыль в СЭМ, представленная сферическими частицами с кристаллизованной поверхностью (1–6). Линейка в  $\mu\text{м}$

Практически во всех изученных образцах пыли, отобранных в июле–сентябре, присутствовала пыльца ольхи, лещины, тополя, березы и других анемофильных (ветроопыляемых) растений. Это свидетельствует о начале накопления аллергенной пыли в составе пыли с начала ее появления в атмосферном аэрозоле.

Основную массу биологических частиц, изученных на ловушках, составляли пыльца ветроопыляемых растений и споры грибов, характерные для окрестностей г. Минска. Сезон пыления в г. Минске охватывает период с марта по сентябрь (включительно) и характеризуется последовательной сменой несколь-

ких пиков пыления, приуроченных к середине весны, началу и концу лета. Выделяются три основных пика:

1) (март–апрель–май) – деревья и кустарники в последовательности: ольха (*Alnus*) – лещина (*Corylus*) – граб (*Carpinus*) – тополь (*Populus*) – ива (*Salix*) – вяз (*Ulmus*) – береза (*Betula*) – клен (*Acer*) – дуб (*Quercus*) – ель (*Picea*) – розоцветные (*Rosaceae*) – сосна (*Pinus*);

2) (июнь) – злаки (*Poaceae*);

3) (июль–август) – разнотравье: подорожник (*Plantago*), щавель (*Rumex*), астровые (*Asteraceae*, в основном полынь – *Artemisia*), крапива (*Urtica*), маревые (*Chenopodiaceae*), золотарник (*Solidago*) – амброзия (*Ambrosia*).

Последовательность пыления внутри групп может изменяться в зависимости от климатических и погодных условий, многолетних биологических циклов развития растений.

В составе пыльцы растений отмечается анемофильная пыльца клена ясенелистного (*Acer negundo* L.), особенно в районах с частной застройкой, где этот клен, используемый для озеленения, дичает и распространяется самостоятельно, занимая свободные участки. Пыльца энтомофильной (насекомоопыляемой) липы представлена в атмосферном аэрозоле единичными п. з. Только в нескольких образцах бытовой пыли, собранных на нижних этажах зданий, она преобладала, что можно объяснить высотой деревьев и близостью их к месту отбора.

Для выяснения вопроса о длительности сохранения материала был проведен опыт с отбором пыли за полуоткрытым окном. Первый раз пыль была собрана летом на х/б ткань и хранилась в закрытой коробке. Второй раз пыль собирали весной. Зимой и осенью пыль за окном подвергали воздействию атмосферного воздуха. В результате было установлено, что пыльца и споры из первого образца практически не изменились, во втором образце часть пыльцы была разрушена. Просмотр образцов в СЭМ дал почти такой же результат, но во втором образце обнаружилось, что кроме разрушенных п. з. есть много пыльцы с гифами плесенных грибов на поверхности. Окрашивание фуксином показало, что высохшая пыльца таких аллергенов, как ольха, лещина, тополь, береза хорошо окрашивается и практически не отличается от окрашенных п. з. в сезон пыления. Свежие споры некоторых грибов также окрашивали фуксином (*Cladosporium*), но при высыхании они приобретали более толстую оболочку и не окрашивались как в одном, так и во втором образце.

Можно утверждать, что определение сроков накопления пыльцы проблематично, если накопление и сохранение ее происходило в сухих условиях, препятствующих развитию плесенных грибов. В основном пыльца сохраняется в помещениях с натуральным воздухообменом не дольше одного сезона. Иногда при проведении криминалистической экспертизы, если срок пыления того или иного таксона еще не наступил, мы можем говорить о пыльце из предыдущих сезонов. Изредка данные о времени накопления можно получить, если знать цикличность пыления некоторых деревьев, дальность распространения пыльцы и небольшие сроки ее накопления. Например, в районе Минска в со-

ставе весенне-летнего аэрозоля пыльца ели, дуба, липы отмечается не каждый год, в то время как последних два рода цветут ежегодно. В некоторых случаях близость скверов и парков с экзотическими растениями к месту отбора образцов обогащает аэрозоль и бытовую пыль п. з. растений, не характерных для флоры Беларуси. Данные предварительные выводы требуют более длительного исследования.

Рассмотрим примеры изучения пыльцы и спор в пыли, собранной в разное время на различных объектах.

**П р и м е р 1.** Результаты анализа образца, отобранного из пыли помещения в Минске 09.09.2008 г. Микроскопирование позволило отметить следующие особенности:

- образец насыщен пылью;
- пыльца расположена комками, состоящими из пыльцы одного таксона (сосна, береза, липа, ольха), либо нескольких таксонов (сосна с березой и ольхой, береза с лещиной) неравномерно по поверхности. Такая особенность накопления осадка может свидетельствовать как о непосредственной близости этих растений, так и о сквозняках в помещении (ветровой поток формирует шаровидные структуры – сферулы – из пыльцы);
- в образце преобладает пыльца сосны и березы, создавая местами непрозрачный фон;
- много разрушенной и сильно высохшей пыльцы. Такая пыльца слабо окрашивается фуксином. В то же время в образце присутствует хорошо окрашенная пыльца тех же таксонов. С начала сезонного цикла пыления прошло достаточно времени, чтобы пыльца начала разрушаться под воздействием атмосферного воздуха, плесенных грибов и др.

Данные представлены на рис. 10–12 (см. цветную вклейку 1) и в табл. 2.

По набору таксонов в данном образце представлен весь цикл пыления древесных пород от ольхи и лещины до липы (март–июль). Пыльца травянистых растений – от злаков до полыни (июнь–август).

Образец содержит большое количество пыльцы сосны и березы, которые создают фон препарата. Хвойные (ель и сосна) представлены как сильно смятыми и разорванными п. з., так и п. з. хорошей сохранности. Видовые определения сосны и ели не проводили из-за изменчивости пыльцы внутри одного вида. По той же причине не проводили видовой анализ пыльцы липы. В препарате отмечено несколько разновидностей пыльцы сосны, которые различаются по размерам, но говорить о видовом разнообразии трудно, так как пыльца даже одного вида сосны изменчива в условиях экологической обстановки города [4, 20]. Отмечено 2 п. з. пихты. Орех представлен 6 п. з. хорошей сохранности. Присутствует пыльца клена и тополя.

**П р и м е р 2.** Использование чертежной бумаги одного типа для сбора образцов пыли в разных помещениях и в различных районах Брестской области Беларуси (рис. 13–18; табл. 3; рис. 19–26, см. цветную вклейку 1). Экспонирование бумаги происходило в июле–августе после окончания пыления древесных пород.

Таблица 2. Результаты спорово-пыльцевого анализа образца, отобранного из пыли помещения в Минске 09.09.2008 г.

| Таксон                      | Латинское название    | Количество п. з. в 1 см <sup>2</sup> образца, шт. |
|-----------------------------|-----------------------|---|
| <b>Деревья и кустарники</b> |                       |   |
| 1. Лещина                   | <i>Corylus</i>        | 20  |
| 2. Ольха                    | <i>Alnus</i>          | 83  |
| 3. Ясень                    | <i>Fraxinus</i>       | 2   |
| 4. Клен                     | <i>Acer</i>           | 2   |
| 5. Вяз                      | <i>Ulmus</i>          | 2   |
| 6. Тополь                   | <i>Populus</i>        | 1   |
| 7. Граб                     | <i>Carpinus</i>       | 4   |
| 8. Береза                   | <i>Betula</i>         | 336   |
| 9. Кипарисовые              | <i>Cupressaceae</i>   | 1   |
| 10. Лиственница             | <i>Larix</i>          | 3   |
| 11. Орех                    | <i>Juglans</i>        | 6   |
| 12. Ива                     | <i>Salix</i>          | 3   |
| 13. Ель                     | <i>Picea</i>          | 9   |
| 14. Сосна                   | <i>Pinus</i>          | 511   |
| 15. Пихта                   | <i>Abies</i>          | 2   |
| 16. Дуб                     | <i>Quercus</i>        | 1   |
| 17. Бук                     | <i>Fagus</i>          | 2   |
| 18. Розоцветные             | <i>Rosaceae</i>       | 4   |
| 19. Липа                    | <i>Tilia</i>          | 16  |
| <b>Травы</b>                |                       |   |
| 20. Злаки (мятликовые)      | <i>Poaceae</i>        | 3   |
| 21. Зонтичные               | <i>Apiaceae</i>       | 1   |
| 22. Щавель                  | <i>Rumex</i>          | 1   |
| 23. Маревые (лебеда)        | <i>Chenopodiaceae</i> | 1   |
| 24. Крапива                 | <i>Urtica</i>         | 1   |
| 25. Амброзия                | <i>Ambrosia</i>       | 1   |
| 26. Полынь                  | <i>Artemisia</i>      | 7   |
| 27. Бобовые                 | <i>Fabaceae</i>       | 3   |
| <b>Споры</b>                |                       |   |
| 28. Многоножковые           | <i>Polypodiaceae</i>  | 2   |

Таблица 3. Результаты спорово-пыльцевого анализа образцов № 1–5

| Таксон                      | Латинское название | Количество п. з. с площади 200 мм <sup>2</sup> , шт. |             |             |             |             |
|-----------------------------|--------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                             |                    | Образец № 1  | Образец № 2 | Образец № 3 | Образец № 4 | Образец № 5 |
| <b>Деревья и кустарники</b> |                    |  |             |             |             |             |
| 1. Лещина                   | <i>Corylus</i>     | –  | –           | 8           | –           | –           |
| 2. Ольха                    | <i>Alnus</i>       | 1  | 3           | 2           | –           | –           |
| 3. Ясень                    | <i>Fraxinus</i>    | –  | –           | –           | –           | –           |
| 4. Клен                     | <i>Acer</i>        | –  | –           | –           | –           | –           |

| Таксон                 | Латинское название            | Количество п. з. с площади 200 мм <sup>2</sup> , шт. |             |             |             |             |
|------------------------|-------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        |                               | Образец № 1  | Образец № 2 | Образец № 3 | Образец № 4 | Образец № 5 |
| 5. Вяз                 | <i>Ulmus</i>                  | –  | –           | –           | –           | –           |
| 6. Тополь              | <i>Populus</i>                | –  | –           | –           | –           | –           |
| 7. Граб                | <i>Carpinus</i>               | 1  | –           | 1           | –           | –           |
| 8. Береза              | <i>Betula</i>                 | 1  | 19          | 13          | 3           | –           |
| 9. Кипарисовые         | <i>Cupressaceae</i>           | –  | –           | 4           | –           | –           |
| 10. Лиственница        | <i>Larix</i>                  | –  | –           | –           | –           | –           |
| 11. Орех               | <i>Juglans</i>                | –  | –           | –           | –           | –           |
| 12. Ива                | <i>Salix</i>                  | 2  | 2           | 3           | –           | –           |
| 13. Ель                | <i>Picea</i>                  | –  | –           | 1           | 1           | –           |
| 14. Сосна              | <i>Pinus</i>                  | 10   | 18          | 22          | 36          | 1           |
| 15. Пихта              | <i>Abies</i>                  | –  | –           | –           | –           | –           |
| 16. Дуб                | <i>Quercus</i>                | 2  | 4           | 1           | 2           | –           |
| 17. Бук                | <i>Fagus</i>                  | –  | –           | –           | –           | –           |
| 18. Каштан конский     | <i>Aesculus hippocastanum</i> | –  | –           | –           | –           | –           |
| 19. Розоцветные        | <i>Rosaceae</i>               | 8  | 9           | 1           | 4           | 2           |
| 20. Липа               | <i>Tilia</i>                  | 17   | 28          | 1           | 14          | –           |
| <b>Травы</b>           |                               |  |             |             |             |             |
| 21. Капустные          | <i>Brassicaceae</i>           | 1  | 1           | 4           | –           | –           |
| 22. Злаки (мятликовые) | <i>Poaceae</i>                | 131  | 588         | 246         | 314         | –           |
| 23. Зонтичные          | <i>Apiaceae</i>               | 1  | 2           | 3           | 1           | –           |
| 24. Гречишные          | <i>Polygonaceae</i>           | 2  | 3           | 1           | –           | –           |
| 25. Осока              | <i>Cyperaceae</i>             | –  | –           | 14          | –           | –           |
| 26. Щавель             | <i>Rumex</i>                  | –  | 4           | 7           | –           | –           |
| 27. Маревые (лебеда)   | <i>Chenopodiaceae</i>         | 1  | 4           | 4           | 2           | –           |
| 28. Крапива            | <i>Urtica</i>                 | 8  | 21          | 33          | 40          | –           |
| 29. Рогоз              | <i>Typha</i>                  | 3  | 1           | 12          | 1           | –           |
| 30. Астровые           | <i>Asteraceae</i>             | 3  | –           | 13          | –           | –           |
| 31. Амброзия           | <i>Ambrosia</i>               | –  | –           | 5           | 3           | –           |
| 32. Полынь             | <i>Artemisia</i>              | –  | 3           | 2           | 13          | –           |
| 33. Подорожник         | <i>Plantago</i>               | 5  | 2           | 1           | 2           | –           |
| 34. Бобовые            | <i>Fabaceae</i>               | –  | –           | –           | –           | –           |
| <b>Споры</b>           |                               |  |             |             |             |             |
| 35. Плаун              | <i>Lycopodium</i>             | –  | –           | –           | –           | –           |
| 36. Многоножковые      | <i>Polypodiaceae</i>          | –  | –           | –           | –           | –           |
| 37. Альтернания        | <i>Alternaria</i>             | –  | –           | –           | 240         | –           |
| 38. Кладоспорий        | <i>Cladosporium</i>           | –  | –           | –           | –           | –           |
| 39. Эпикоккум          | <i>Epicoccum</i>              | –  | –           | –           | 128         | –           |
| 40. Фузарий            | <i>Fusarium</i>               | –  | –           | –           | –           | –           |
| 41. Эциоспоры          | <i>Aeciospore</i>             | –  | –           | –           | –           | –           |
| 42. Уредоспора         | <i>Urediniospore</i>          | –  | –           | –           | 82          | 1           |

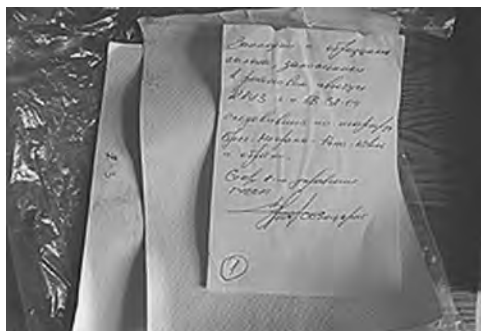


Рис. 13. Образец № 1: пыль из рейсового автобуса, следовавшего по маршруту Брест–Мокраны–Ратно (Украина)–Ковель (Украина)

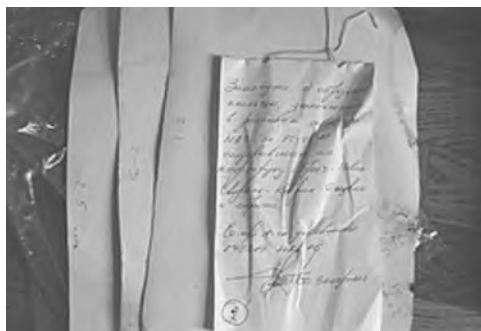


Рис. 14. Образец № 2: пыль из рейсового автобуса, следовавшего по маршруту Брест–Повить–Сварынь–Дивин



Рис. 15. Образец № 3: пыль в гаражном строении дома по ул. Проезд Дачный, 5 в г. Бресте



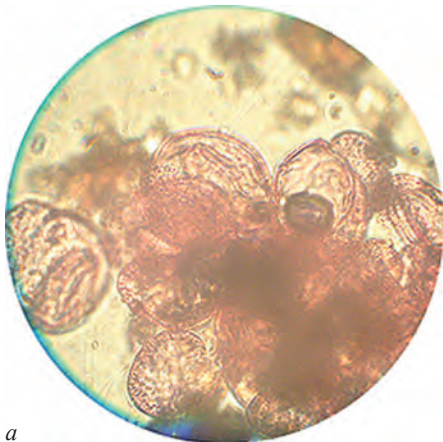
Рис. 16. Образец № 4: пыль за стеклом здания, расположенного по ул. Смирнова в г. Бресте



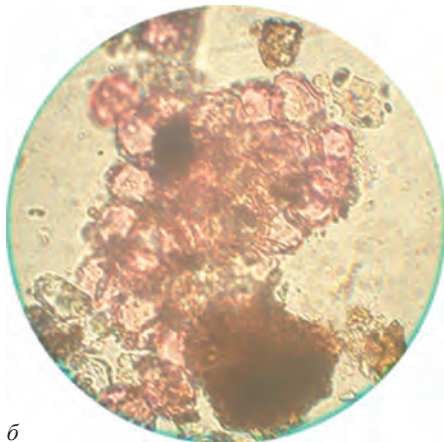
Рис. 17. Образец № 4а: пыль из бесхозной кабины на территории базы «Лада-Центр», расположенной по ул. Смирнова в г. Бресте



Рис. 18. Образец № 5: пыль в часовне на Кальварийском кладбище в г. Минске



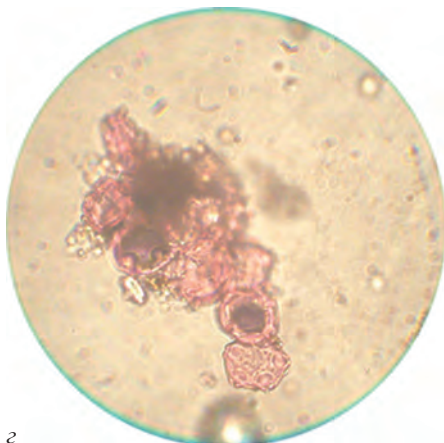
а



б



в



г

Рис. 10. Комок пыльцевых зерен: а – сосны и ели (*Pinus Picea*); б – ольхи и березы (*Alnus Betula*); в – липы (*Tilia*); г – ольхи, лещины и березы (*Alnus, Corulus, Betula*). Диаметр круга – 30  $\mu\text{m}$

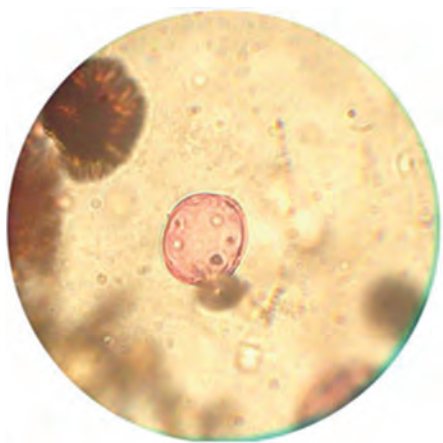


Рис. 11. Пыльцевое зерно ореха (*Juglans*). Диаметр круга – 30  $\mu\text{m}$



Рис. 12. Спора многоножковых (*Polypodiaceae*). Диаметр круга – 30  $\mu\text{m}$



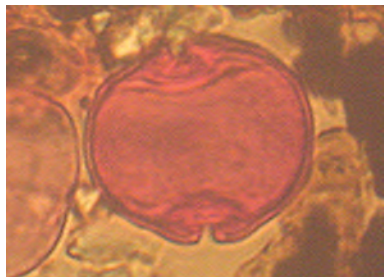


Рис. 19. Пыльца липы (двухпоровое п. з.)  
из образца № 3

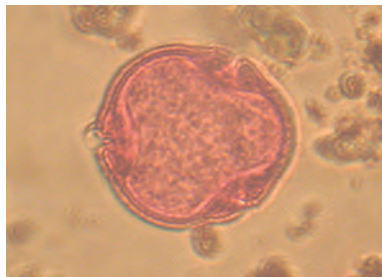


Рис. 20. Пыльца липы (трехпоровое п. з.)  
из образца № 3



Рис. 21. Пыльца василька из образца № 3

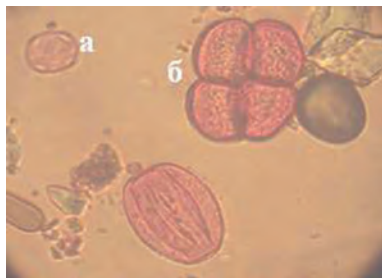


Рис. 22. Пыльца крапивы (а) и рогоза (б)  
из образца № 3

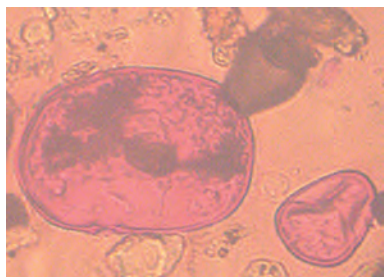


Рис. 23. Пыльца культурных злаков (рожь)  
из образца № 3

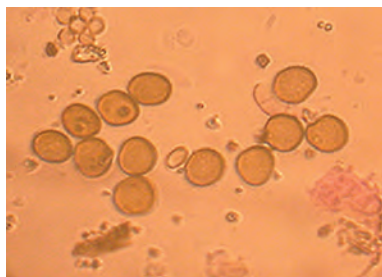


Рис. 24. Споры (урединоспоры) грибов  
ржавчины из образца № 4



Рис. 25. Спора (конидия) альтернарии  
из образца № 4

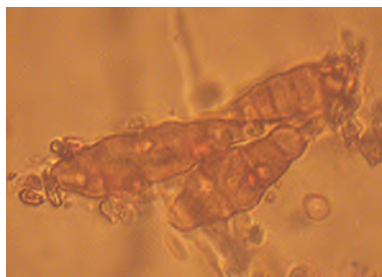


Рис. 26. Спора (конидии) альтернарии  
из образца № 4

## ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АЭРОПАЛИНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ГОРОДА МИНСКА

Нами предпринималась попытка моделирования переноса пыльцы из окрестностей города в Минск. Использовался метод компьютерного моделирования, разработанный В. П. Самодуровым [17] на основе уравнения М. Е. Берлянда [2]. Было установлено, что пыльцевой дождь в городе Минске формируется в основном за счет региональных и локальных источников. К региональным источникам относятся лесные и сельскохозяйственные территории районного масштаба, а к локальным – лесопарковые зоны внутри городской черты и в пригородной зоне. Влияние локальных источников особенно велико. Мониторинг территории города Минска, проведенный с помощью гравиметрических ловушек, установленных в разных районах города, показал, что в пределах каждой декады состав и концентрация пыльцы на ловушках различна и обусловлена типом растительности внутри данного жилого района. Кроме того, отмечаются и общие закономерности распределения пыльцы, связанные с региональными эффектами пыления растений в пределах данной декады [36, 37]. Деление источников пыления на локальные и региональные является, несомненно, условным и общие процессы переноса пыльцы могут быть описаны в рамках единого подхода.

Региональная составляющая пыльцевого дождя связана с поступлением пыльцы древесных пород из пригородных лесных массивов. Для Минска, например, характерны крупные лесные массивы в северном, северо-восточном и восточном направлениях. Компьютерное моделирование показывает, что при западных и южных ветрах региональная составляющая пыльцы древесных в составе аэрозолей уменьшается в 3–7 раз по сравнению с северными и восточными ветрами. В результате этих вариаций региональная составляющая пыльцы меняется в пределах 20–60% в составе пыльцевого дождя в разных точках города и при разных погодных условиях.

Локальная компонента, связанная с пылением растительности внутри городской черты и ближайших пригородов, оказывает основное влияние на состав и интенсивность пыльцевого дождя. Таким образом, аэропалинологическая обстановка города имеет общую (региональную) компоненту и существенные ло-

кальные вариации, а аллергенная обстановка различна в разных точках города в одно и то же время.

Анализ образцов пыли в помещениях, прилегающих к Ботаническому саду НАН Беларуси с экзотическими растениями, пыльца которых может служить своеобразным указателем направления переноса, а также изучение доминирующих ветров во время цветения внесли коррективы в построенные модели. Внутри города перенос пыльцы не всегда зависит от господствующих ветров. Так, в образцах пыли с западной стороны Ботанического сада была обнаружена единично пыльца растений, не характерных для Беларуси, а с восточной стороны такая пыльца не была найдена, в то время как в Беларуси преобладают ветры западного направления.

## ОПИСАНИЕ ПЫЛЬЦЫ ОСНОВНЫХ АЛЛЕРГЕНОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПЫЛЕНИЯ

При описании пыльцы использована международная терминология [29]. Распространение пыльцы в аэрозолях и ее аллергенность приведены по работе французских аллергологов [35].

### *Деревья и кустарники*

Весной, в период массового цветения древесных пород, основную массу пыльцы в атмосферных аэрозолях составляет пыльца деревьев и кустарников. Наибольшее количество пыльцы в атмосферу приносит пыление березы, иногда сосны, пыльца которых почти все лето циркулирует в атмосфере [19, 24]. После завершения массового пыления начинают фиксироваться разорванные п. з. с налипшими частицами грязи. Вероятно, это вторично попадает в атмосферу пыльца, осевшая на поверхности различных предметов, от которых она может переносить загрязнение. Изучение такой пыльцы в СЭМ показало, что довольно часто за грязь принимают споры и гифы грибов на поверхности п. з. [23].

**Вид:** Ольха клейкая или черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) (рис. А1<sup>1</sup>, см. цветную вклейку 2).

Как правило, аэропалеологи в аэрозолях ольху определяют только до рода.

**Семейство:** березовые (*Betulaceae* S. F. Gray).

**Тип пыльцы:** венчикопоровая (stephanoporate) – 4-5-поровые.

**Средний размер:** 19 × 25 μm.

**Описание:** в полярном положении п. з., как правило, многоугольные (4-5-поровые); в экваториальном положении – сплюснутые (эллиптические или широкоэллиптические), поры овальные, около каждой поры имеется утолщение «онкус» – линзообразная структура, присутствующая только у п. з., не подвергавшихся химической обработке. Между двумя соседними порами простираются арки – мощные, дуговидно изогнутые тяжи, хорошо заметные в СМ и СЭМ.

---

<sup>1</sup> Здесь и далее (рис. А1–А25) см. «Атлас микрофотографий пыльцы растений и спор патогенных грибов в помещениях с натуральным воздухообменом» (цветная вклейка 2).

**Толщина экзины:** до 2  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** мелкошипиковая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** март–апрель, до распускания листьев (иногда в Беларуси пыление ольхи может начаться в феврале). Из литературы известно, что пыление ольхи начинается при среднесуточной температуре +5 °С. По нашим данным, если пыление начинается в феврале, то оно приобретает затяжной характер и длится с перерывами еще две декады марта.

**Распространение в аэрозолях:** 3.

**Аллергенность:** 3.

**Вид:** Лещина обыкновенная – *Corylus avellana* L. (рис. А2, см. цветную вклейку 2).

**Семейство:** березовые (*Betulaceae* S. F. Gray).

**Тип пыльцы:** трехпоровая.

**Средний размер:** 23 × 26  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** в полярном положении п. з. треугольные или округло-треугольные, в экваториальном – эллиптические. Эндэкина заканчивается довольно далеко от внешней поры, создавая форму воронки. Поры округлые, около каждой поры утолщение «онкус» – линзообразная структура, присутствующая только у п. з., не подвергавшихся химической обработке.

**Толщина экзины:** до 3  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** мелкошипиковая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** март–апрель, до распускания листьев; практически совпадает с пылением ольхи, иногда опережая ее. Температурные критерии пыления те же, что у ольхи.

**Распространение в аэрозолях:** 2.

**Аллергенность:** 3.

**Вид:** береза – *Betula* sp. (рис. А3, см. цветную вклейку 2).

В аэрозолях пыльцу березы аэропалинологи обычно определяют только до рода, потому что в озеленении города много декоративных гибридных видов берез с нарушенной пыльцой. Кроме того, исследователи отмечают полиморфизм п. з. даже у одного вида [6].

**Семейство:** березовые (*Betulaceae* S. F. Gray).

**Тип пыльцы:** трехпоровая.

**Средний размер:** 20  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** в полярном положении п. з. округло-треугольные, в экваториальном – широкоэллиптические с выступающими порами. Разделение эктэкины от эндэкины вокруг поры (преддверие) является решающим для идентификации. Поры округлые, около каждой поры утолщение «онкус» – линзообразная структура, присутствующая только у п. з., не подвергавшихся химической обработке.

**Толщина эскины:** 1–2  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** мелкошипиковая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** апрель–май, с распусканием первого листа. Начало пыления берез некоторые исследователи связывают с накоплением суммы положительных среднесуточных температур свыше 100 °С для данной местности. В наших исследованиях этот критерий не прослеживается. Начало пыления носит взрывной характер – пыльца появляется в аэрозолях сразу в больших количествах.

**Распространение в аэрозолях:** 3.

**Аллергенность:** 5.

**Вид:** тополь серебристый – *Populus alba* L. (рис. А4: 1–3, см. цветную вклейку 2).

В аэрозолях пыльцу тополя аэропалинологи обычно определяют только до рода. Кроме того, исследователи отмечают полиморфизм п. з. даже у одного вида [6].

**Семейство:** ивовые – *Salicaceae* Mirb.

**Тип пыльцы:** безапертурные.

**Средний размер:** 30  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** сфероидальные п. з. с тонкой эскиной, гранулированной, неровной, трещиноватой и местами разорванной. Многочисленные незрелые, пустые, очень маленькие п. з., часто смятые.

**Толщина эскины:** до 1,8  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** мелкобугорчатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** март–апрель, до распускания листьев.

**Распространение в аэрозолях:** 3.

**Аллергенность:** 2.

**Вид:** вяз шершавый – *Ulmus glabra* Huds. (рис. А4: 4–6, см. цветную вклейку 2).

Аэропалинологи обычно определяют пыльцу только до рода.

**Семейство:** вязовые – *Ulmaceae* Mirb.

**Тип пыльцы:** венчикопоровые п. з. (4-5-поровые).

**Средний размер:** 28–33  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. округло-четырёх- и пятиугольные в полярном положении, в экваториальном положении – сплюснутые – эллиптические или широкоэллиптические. Эскина относительно толстая, волнистая, помятая. Поры, иногда еле заметные, неравномерно расположенные вокруг экватора.

**Толщина эскины:** 2–3  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** извилистая или извилисто-бугорчатая (в литературе часто используется термин «ульмоидная скульптура»).

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** март–апрель, до распускания листьев.

**Распространение в аэрозолях:** 1.

**Аллергенность:** 1.

**Вид:** клен ясенелистный – *Acer negundo* L. (рис. А5, А6, см. цветную вклейку 2).

Пыльца этого вида клена хорошо отличается от пыльцы остальных кленов своей тонкосетчатой скульптурой.

**Семейство:** кленовые – *Aceraceae* Juss.

**Тип пыльцы:** трехбороздная.

**Средний размер:** 25  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. округло-трехлопастные в полярном положении, эллиптические – в экваториальном. Орнамент поверхности пыльцы тонкосетчатый. Стенки ячеек слегка приподняты. Ячейки уменьшаются в сторону борозд, формируя «маржи» (*margo* – площадь экзины вокруг внешней борозды, которая отличается от остальной части экзины орнаментом либо толщиной). Борозды короткие и широкие, бороздные мембраны на краях имеют мелкие гранулы.

**Толщина экзины:** до 1,7  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** мелкосетчатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** с марта по май, до распускания листьев.

**Распространение в аэрозолях:** 1.

**Аллергенность:** 1.

**Вид:** кипарис вечнозеленый – *Cupressus sempervirens* L. (рис. А7, см. цветную вклейку 2).

Аэропалинологи определяют пыльцу до уровня семейства. Похожую пыльцу имеют можжевельник (*Juniperus* L.), туя (*Tuja* L.), тис (*Taxus* L.).

**Семейство:** кипарисовые – *Cupressaceae* Bartl.

**Тип пыльцы:** безапертурный.

**Средний размер:** 35  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** сфероидальные п. з. Экзина тонкая с округлыми, нерегулярно разбросанными гранулами (орбикулы). Интина очень толстая, окружающая звездчатую цитоплазму. Пыльца полиморфная, часто смятая и разорванная.

**Толщина экзины:** до 1  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** гладкая, на поверхности неравномерно расположены орбикулы.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** пыльца в аэрозолях встречается единично с марта по май. Пыление неравномерное, зависит от температуры и освещенности.

**Распространение в аэрозолях:** 3.

**Аллергенность:** 5.

**Вид:** бук европейский – *Fagus sylvatica* L. (рис. А8: 1–3, см. цветную вклейку 2).

Аэропалинологи определяют эту пыльцу до уровня рода.

**Семейство:** буковые – *Fagaceae* Dumort.

**Тип пыльцы:** трехборзднопоровый.

**Средний размер:** около 43  $\mu\text{m}$  по литературным данным [11]. Нами изучена пыльца в Беларуси (около ботанических садов Витебска и Минска) и в Украине размером 30  $\mu\text{m}$ . В препаратах присутствует разноразмерная и смятая пыльца.

**Описание:** п. з. в полярном положении округло- и трехлопастные, в экваториальном – сфероидальные. Короткие борозды с заостренными концами, в которых расположены небольшие поры. Рисунок поверхности составляют короткие, изометрические бородавки.

**Толщина экзины:** до 2  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** шершавая, узловатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** апрель–май, пыление начинается одновременно с распусканием листьев.

**Распространение в аэрозолях:** 2.

**Аллергенность:** 2.

**Вид:** дуб черешчатый или летний – *Quercus robur* L. (рис. А8: 4–8, см. цветную вклейку 2).

Аэропалинологи определяют эту пыльцу до уровня рода.

**Семейство:** буковые – *Fagaceae* Dumort.

**Тип пыльцы:** трехборздная.

**Средний размер:** 29  $\times$  32  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** форма довольно изменчива, округлые, округло-треугольные в полярной проекции; сплюснутые и эллиптические в экваториальной проекции. Характерны закругленные бородавки различных размеров. Борозды часто тонко гранулированные. Пыльца полиморфна.

**Толщина экзины:** 2,5  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** бородавчатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** апрель–май, нет четкого максимума.

**Распространение в аэрозолях:** 3.

**Аллергенность:** 3.

**Вид:** ясень обыкновенный – *Fraxinus excelsior* L. (рис. А9, см. цветную вклейку 2).

Аэропалинологи определяют эту пыльцу до уровня рода.

**Семейство:** маслинные – *Oleaceae* Hoffm. & Link.

**Тип пыльцы:** трехборздная, иногда четырехборздная.

**Средний размер:** 21  $\times$  26  $\mu\text{m}$ .



**Описание:** в полярном положении п. з. округлые или округло- и четырехугольные, в экваториальном – сплюснутые, широкоэллиптические. Борозды короткие, узкие с довольно неровными краями. П. з. тонко и равномерно сетчатые; с сеткой, которая не уменьшается в направлении борозд. Пыльца полиморфна.

**Толщина экзины:** до 2  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** сетчатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** с марта по май, до распускания листьев.

**Распространение в аэрозолях:** 3.

**Аллергенность:** 3.

**Вид:** бирючина обыкновенная – *Ligustrum vulgare* L. (рис. А10, см. цветную вклейку 2).

**Семейство:** маслинные – *Oleaceae* Hoffm. & Link.

**Тип пыльцы:** трех- или четырехборозднопоровая.

**Средний размер:** 28  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. округлые или треугольно-округлые в полярном положении, эллипсоидальные в экваториальном; очень толстая экзина. П. з. крупносетчатые, стенки сетки высокие с гранулами. Один или два ряда мелких ячеек сетки граничат с бороздой (маржи). Поры иногда чуть видимые.

**Толщина экзины:** до 4  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** сетчатая.

**Способ опыления:** насекомоопыляемое растение.

**Время пыления:** с мая по июль.

**Распространение в аэрозолях:** 0.

**Аллергенность:** 3.

**Вид:** ива козья – *Salix caprea* L. (рис. А14: 4–6, см. цветную вклейку 2).

В городских посадках большое видовое разнообразие ив, пыльца которых во многом похожа; аэропалинологи определяют пыльцу только до рода.

**Семейство:** ивовые – *Salicaceae* Mirb.

**Тип пыльцы:** трехбороздная, реже двух- и четырехбороздная.

**Средний размер:** 19  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. в полярном положении 3-лопастные (или 2–4-лопастные), в экваториальном эллиптические или широкоэллиптические, орнамент экзины тонкосетчатый. Сеть состоит из довольно широких ячеек в середине мезокольпума, диаметр сетки уменьшается к борозде и здесь редеет (маржи). Пыльца полиморфна.

**Толщина экзины:** до 1,5  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** сетчатая.

**Способ опыления:** насекомо- и ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** с марта по май, до распускания листьев.

**Распространение в аэрозолях:** 2.

**Аллергенность:** 2.

**Вид:** ель голубая – *Picea pungens* Engelm. (рис. А11: 4–3, см. цветную вклейку 2).

В городском озеленении часто используют интродуцированные декоративные ели других климатических зон, пыльца которых имеет много морфологических нарушений. В аэропалинологии пыльцу ели определяют до рода.

**Семейство:** сосновые – *Pinaceae* Lindl.

**Тип пыльцы:** безапертурная пыльца с двумя воздушными мешками.

**Средний размер:**  $115 \times 75 \mu\text{m}$ .

**Описание:** П. з. с двумя воздушными мешками. Пыльца больше по размеру, чем у сосны или кедра. В полярном положении п. з. широкоэллипсоидальные. Щит утолщенный. Воздушные мешки по ширине не отличаются или мало отличаются от центральной части п. з. Внутри мешков присутствует воздух, который в СМ мешает рассмотреть их строение, создавая черный фон. Пыльца полиморфна.

**Толщина экзины:** от  $0,3 \mu\text{m}$  на дистальной стороне до  $6 \mu\text{m}$  на проксимальной.

**Скульптура:** бугорчатая на поверхности п. з. В СМ и в СЭМ при низком вакууме видна сетка на щите п. з. (мелкая) и на воздушных мешках (крупная) – это строение эктэкины.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** май, обычно пылит за 1–2 недели до пыления сосны. В пылении ели четко прослеживается двухлетний цикл.

**Распространение в аэрозолях:** 1.

**Аллергенность:** 0.

**Вид:** сосна Веймутова – *Pinus strobus* L. (рис. А11: 4–8, см. цветную вклейку 2).

В городском озеленении часто используют интродуцированные декоративные сосны других климатических зон, пыльца которых имеет много морфологических нарушений. В аэропалинологии пыльцу сосны определяют до рода.

**Семейство:** сосновые – *Pinaceae* Lindl.

**Тип пыльцы:** безапертурная пыльца с двумя воздушными мешками.

**Средний размер:**  $85 \mu\text{m}$ , тело –  $44 \times 54 \mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. окружено двумя воздушными мешками; центральная часть п. з. эллипсоидальная. Ширина воздушных мешков больше ширины центральной части п. з. Внутри мешков присутствует воздух, который в СМ мешает рассмотреть их строение, создавая черный фон. Пыльца полиморфна.

**Толщина экзины:** от  $0,3 \mu\text{m}$  на дистальной стороне до  $3 \mu\text{m}$  на проксимальной.

**Скульптура:** бугорчатая на поверхности п. з. – это строение эндэскины. В СМ и в СЭМ при низком вакууме видна сетка на щите п. з. (мелкая) и на воздушных мешках (крупная) – это строение эктэскины.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** май.

**Распространение в аэрозолях:** 1.

**Аллергенность:** 0.

**Вид:** кедр – *Cedrus* sp. (рис. А12, см. цветную вклейку 2).

Пыльца кедра отмечается в наших широтах только вблизи ботанических садов. В аэрозолях эту пыльцу аэропалинологи определяют до уровня рода.

**Семейство:** сосновые – *Pinaceae* Lindl.

**Тип пыльцы:** безапертурная пыльца с двумя воздушными мешками.

**Средний размер:** 90 × 50 μm.

**Описание:** п. з. окружено двумя воздушными мешками, гребень щита более или менее расширен. П. з. с двумя воздушными мешками. В полярном положении п. з. широкоэллипсоидальные. Щит утолщенный. Воздушные мешки по ширине не отличаются или мало отличаются от центральной части п. з. Внутри мешков присутствует воздух, который в СМ мешает рассмотреть их строение, создавая черный фон. Пыльца полиморфна.

**Толщина эскины:** от 0,3 μm на дистальной стороне до 3 μm на проксимальной.

**Скульптура:** бугорчатая на поверхности п. з. – это строение эндэскины. В СМ и в СЭМ при низком вакууме видна сетка на щите п. з. (мелкая) и на воздушных мешках (крупная) – это строение эктэскины.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** с сентября по ноябрь.

**Распространение в аэрозолях:** 1.

**Аллергенность:** 0.

## Травы

Наиболее активными аллергенными свойствами обладает пыльца сорных трав и кустарников, значительными аллергенными свойствами – пыльца злаковых трав. Пыльца деревьев в аллергенном отношении гораздо менее активна, чем пыльца сорных растений и злаковых трав.

Пыльца трав начинает отмечаться на ловушках в конце апреля – начале мая. Появляются единичные п. з. астровых и злаков. Первый заметный пик пыльцы трав в Минске приурочен к началу лета (конец мая – начало июня). В составе спорово-пыльцевого спектра в начале лета преобладают п. з. злаков и хвойных, в первую очередь сосны. В это же время в воздухе появляется в большом количестве растительный пух, который повреждает слизистую носа и глаз, способствуя усилению реакции на аллергены [1, 22]. Этот период наиболее неблаго-

приятен с медицинской точки зрения из-за постоянной циркуляции в воздухе п. з. злаков. Именно злаки продуцируют п. з., обладающие наиболее аллергенными в наших широтах свойствами, поэтому этот период пыления наиболее опасен для людей, чувствительных к пыльце растений. Второй пик пыльцы трав наблюдается в конце лета и связан в основном с цветением полыни, которое начинается в июле и продолжается почти весь август [21]. В это же время на ловушках отмечается пыльца маревых.

**Вид:** мятлик луговой – *Poa pratensis* L. (рис. А13: 1–2, см. цветную вклейку 2).  
Обычно аэропалинологи отмечают пыльцу мятликовых до уровня семейства.

**Семейство:** злаки, мятликовые – *Poaceae* Barnhart.

**Тип пыльцы:** однопоровая.

**Средний размер:** 35 × 40 μm.

**Описание:** п. з. округлые, эллипсоидальные или сфероидальные, с гладкой, более-менее гранулированной или даже бородавчатой экзиной.

**Толщина экзины:** до 1,5 μm.

**Скульптура:** мелко гранулированная или плоскобородавчатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** основной период пыления конец мая – июнь; но цветут различные виды мятликовых до сентября.

**Распространение в аэрозолях:** 3.

**Аллергенность:** 5.

**Вид:** подорожник – *Plantago* sp. (рис. А13: 3–6, см. цветную вклейку 2).  
Обычно аэропалинологи отмечают пыльцу подорожника до уровня рода или до уровня семейства.

**Семейство:** подорожниковые – *Plantaginaceae* Juss.

**Тип пыльцы:** многопоровая.

**Средний размер:** 28 μm.

**Описание:** сфероидальные или сплющено-сфероидальные п. з.; вокруг поры выражено утолщение – оперкулум; экзина тонкая, шершавая.

**Толщина экзины:** около 2 μm.

**Скульптура:** бугорчатая и мелкошиповая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** с конца мая по сентябрь.

**Распространение в аэрозолях:** 2.

**Аллергенность:** 3.

**Вид:** щавель воробьиный – *Rumex acetosella* L. (рис. А14: 1–3, см. цветную вклейку 2).

Обычно аэропалинологи отмечают пыльцу щавеля до уровня рода.

**Семейство:** гречишные – *Polygonaceae* Juss.

**Тип пыльцы:** трех- и четырехборозднопоровая с гранулярной экзиной.

**Средний размер:** 22  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. округлые в полярном положении, округлые или почти округлые в экваториальном положении; утолщенная, тонкосетчатая с мелкими углублениями экзина; длинные узкие борозды; небольшие, четко выраженные поры.

**Толщина экзины:** до 1,5  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** сетчатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** май–август.

**Распространение в аэрозолях:** 1.

**Аллергенность:** 2.

**Вид:** амброзия полыннолистная – *Ambrosia artemisifolia* L. (рис. А15: 1, 2, см. цветную вклейку 2).

Обычно аэропалинологи отмечают пыльцу амброзии до уровня рода.

**Семейство:** астровые – *Asteraceae* Dumort.

**Тип пыльцы:** трехборозднопоровая с шиповатой экзиной.

**Средний размер:** 19  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. округло-, двух-, трех-, четырехлопастные – в полярном положении, округлые или широкоэллиптические – в экваториальном. П. з. покрыты равномерно распределенными широкими шипами. Поры, как правило, едва заметные в СМ, расположены в бороздах.

**Толщина экзины:** до 2  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** шиповатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** август–сентябрь. Растение является карантинным сорняком и при нахождении уничтожается. Тем не менее в Беларуси отмечается два небольших пика этой пыльцы в аэрозолях (конец августа – рис. А15: 1, см. цветную вклейку 2; середина сентября – рис. А15: 2, см. цветную вклейку 2).

**Распространение в аэрозолях:** 2.

**Аллергенность:** 5.

**Вид:** полынь обыкновенная – *Artemisia vulgaris* L. (рис. А15: 3–5, см. цветную вклейку 2).

Обычно аэропалинологи отмечают пыльцу полыни до уровня рода.

**Семейство:** астровые – *Asteraceae* Dumort.

**Тип пыльцы:** трехборозднопоровые с шиповатой экзиной.

**Средний размер:** 22  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. трех- и четырехлопастные почти круглые в полярном положении, эллипсоидальные – экваториальном. Экзина шиповатая с очень короткими, едва видимыми в СМ шипами. Толстая экзина истончается в направлении борозды, создавая форму полумесяца в полярной проекции. Пыльца полиморфна.

**Толщина экзины:** 2–4  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** шиповатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** июль–сентябрь.

**Распространение в аэрозолях:** 2.

**Аллергенность:** 4.

**Вид:** марь белая – *Chenopodium album* L. (рис. А15: 6, 7, см. цветную вклейку 2).

Обычно аэропалинологи отмечают пыльцу маревых до уровня семейства.

**Семейство:** маревые – *Chenopodiaceae* Vent.

**Тип пыльцы:** многопоровая.

**Средний размер:** до 30  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** сфероидальные п. з. с большим количеством пор (в среднем около 30–70) диаметром 1,5–2,0  $\mu\text{m}$  каждая. Экзина мелкошиповатая. Пыльца полиморфна.

**Толщина экзины:** до 3  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** мелкошиповатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** с июля по октябрь.

**Распространение в аэрозолях:** 1.

**Аллергенность:** 3.

**Вид:** крапива двудомная – *Urtica dioica* L. (рис. А15: 8, см. цветную вклейку 2).

Обычно аэропалинологи отмечают пыльцу крапивы до уровня рода.

**Семейство:** крапивные – *Urticaceae* Juss.

**Тип пыльцы:** трех- или четырехпоровая.

**Средний размер:** 12 × 15  $\mu\text{m}$ .

**Описание:** п. з. в полярном положении округлые, округло-, трех- и четырехугольные, сплющено-эллипсоидальные – в экваториальном. Малые п. з., которые часто деформированы, с очень тонкой экзиной и онкусом у каждой поры.

**Толщина экзины:** до 1  $\mu\text{m}$ .

**Скульптура:** мелкошиповатая.

**Способ опыления:** ветроопыляемое растение.

**Время пыления:** с июня по октябрь.

**Распространение в аэрозолях:** 4.

**Аллергенность:** 0.

### *Споры грибов*

При изучении сезонной динамики спор в городских атмосферных аэрозолях на ловушках отмечено большое морфологическое разнообразие спор грибов (рис. А16–А25, см. цветную вклейку 2). Нам пока трудно сказать о таксоно-

мическом разнообразии спор грибов, так как существуют определенные трудности в их идентификации. Грибы могут иметь некоторое морфологическое разнообразие спор на разных ступенях развития (например, Uredinales – ржавчинные) [2, 7, 22]. Первыми появляются телиоспоры (teliospores) и эциоспоры (aeciospores). В июле–августе споры ржавчинных представлены в основном уредоспорами (urediniospores), которые фиксируются на ловушках большими группами (иногда более 50 спор). В одной группе могут быть как сферические, так и продолговатые формы. На данной ступени исследований мы можем только выделять морфологические группы для спор ржавчинных грибов и устанавливать их сезонные колебания в атмосферных аэрозолях. Споры головневых грибов (Ustilaginales) представлены в аэрозолях летом. В сезонных календарях пыления и таблицах указывают отдельные, наиболее многочисленные группы спор. Среди грибов класса Fungi imperfecti легко определяются до рода конидии *Alternaria* и *Cladosporium*. Они постоянно присутствуют в препаратах. Причем конидии кладоспория обычно фиксируются на ловушках разветвленными группами, представляющими одну «веточку» колонии или ее часть. Конидии пеницилловых и аспергилловых грибов встречаются как единично, так и группами. Исследование спороносящих колоний этих грибов в СЭМ показало, что скульптура поверхности конидий изменяется в зависимости от степени созревания. Иногда конидии этих двух родов настолько похожи, что большинством аэропалеологов принято объединять их в одну группу *Aspergillus/Penicillium*. Хорошо диагностируются конидии аспергилла черного (*Aspergillus niger*), имеющие характерную шиповатую скульптуру и кольцевидное образование на поверхности. На ловушках *Penicillium* и *Aspergillus* часто фиксируются фрагментами (конидиефора с конидиями). В таких случаях определение их до рода затруднений не вызывает. Иногда встречаются цепочки самоделящихся клеток, которые можно отнести к Saccharomycetales (дрожжам).

Споры грибов переносятся воздушными потоками на большие расстояния [23, 35]. Иногда встречаются и другие механизмы переноса: перенос гифов, спор и колоний грибов пылью растений. После окончания массового пыления древесных растений, на ловушках начинает фиксироваться пыльца с гифами и спорами грибов, а в некоторых случаях с целой колонией плесени на поверхности. Такая пыльца служит источником питания для грибов и помогает им более длительное время сохранять жизнеспособность. Споры (конидии) несовершенных грибов – признанные аллергены [25–27, 29–31]. Среди них выделяются конидии альтернарии, которая является одним из основных аллергенов среди плесеней. Споры аспергилла также могут провоцировать аллергию, а споры аспергилла дымящего (*Aspergillus fumigatus*) способны вызывать тяжелые легочные заболевания. Споры ржавчинных и головневых грибов токсичны и в массовом количестве провоцируют токсикозы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Накопленный материал позволяет говорить о важности этих исследований для Беларуси. В каждом географическом регионе отмечаются свои особенности пыления растений, связанные с климатическими условиями, особенностями растительного покрова, экологическими условиями и т. п. Выявление этих особенностей и закономерностей появления пыльцы и спор определенных таксонов в составе атмосферных аэрозолей и в составе бытовой пыли позволит в дальнейшем прогнозировать развитие аллергоопасной обстановки и возникновение вспышек поллинозов в каждом конкретном регионе.

Проведенные нами исследования, а также литературная информация свидетельствуют о том, что в атмосферных аэрозолях содержание спор грибов значительно превышает содержание пыльцы растений. Ежегодные сезонные наблюдения за составом спор грибов в атмосфере г. Минска показали большое их разнообразие. Однако идентификация грибов по морфологии спор до сих пор недостаточно разработана. Вместе с тем хорошо известно, что грибы ответственны за многие заболевания людей, работающих в помещениях, зараженных спорами патогенных грибов. В связи с этим возникает необходимость разработки методов идентификации спор грибов и распознавания среди них спор патогенных грибов. Логическим продолжением данного аспекта исследований является изучение сезонной динамики патогенных спор грибов в атмосфере, что необходимо для предупреждения заболеваний растений, животных и людей.

В составе атмосферных аэрозолей Беларуси изучены споры различных групп грибов, способных вызывать аллергическую реакцию: споры ржавчинных, головневых и мучнисторосяных грибов, вызывающих болезни растений, а в больших количествах являющихся токсичными для людей и животных. Электронно-микроскопическое исследование позволило отметить морфологические особенности этих спор на разных этапах их развития, что облегчает их диагностику, позволяет изучать сезонность их присутствия в воздухе, а это, в свою очередь, позволяет делать прогноз их возможного воздействия.

Выполненные исследования показали пригодность экспресс-метода изучения пыльцы растений и спор грибов в пыли помещений с естественным возду-



хообменом. При невозможности использовать клейкую ленту отбор пыли можно производить на х/б ткань с последующей ее изоляцией (пакетик, спичечный коробок и т. п.).

Уровни пыльцы растений и спор грибов в помещениях с естественным воздухообменом, можно объяснить их соответствующими наружными уровнями. Многие факторы, связанные с воздействием пыльцы и спор в закрытом помещении, зависят от самих жителей, которые могут ограничивать поток воздуха в помещения во время пыления аллергенных растений.

## ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Астафьева, Н. Г. Поллиноз – пыльцевая аллергия / Н. Г. Астафьева, Л. А. Горячкина // Аллергология. – 1999. – № 5. – С. 2.
2. Берлянд, М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы / М. Е. Берлянд. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
3. Бобров, А. Е. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР / А. Е. Бобров. – Л. : Наука, 1983. – 208 с.
4. Глазунова, К. П. Пыльца как индикатор негативных факторов окружающей среды : эмбриологический аспект / К. П. Глазунова // Пыльца как индикатор состояния окружающей среды и палеоэкологические реконструкции : матер. Междунар. совещания. – СПб., 2001. – С. 61–63.
5. Дзюба, О. Ф. Атлас пыльцевых зерен (неацетолизированных и ацетолизированных), наиболее часто встречающихся в воздушном бассейне Восточной Европы / О. Ф. Дзюба. – М., 2005. – 68 с.
6. Дзюба, О. Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды / О. Ф. Дзюба. – СПб. : Недра, 2006. – 198 с.
7. Еланский, С. Н. Встречаемость спор грибов различных систематических групп в приземном слое атмосферы средних широт России / С. Н. Еланский, С. Н. Лекомцева // Микология и фитопатология. – 1998. – Т. 32, № 1. – С. 37–43.
8. Каратыгин, И. В. Семейство Устилаговые / И. В. Каратыгин, З. М. Азбукина // Определитель грибов СССР. Порядок Головневые. – Л. : Наука, 1989. – Вып. 1. – 290 с.
9. Куприянова, Л. А. Палинология сережкоцветных / Л. А. Куприянова. – М ; Л. : Наука, 1965. – 216 с.
10. Куприянова, Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР / Л. А. Куприянова, Л. А. Алешина. – Л. : Наука, 1972. – Т. 1. – 172 с.
11. Леунова, В. М. Применение методов палинологии в криминалистике / В. М. Леунова, П. И. Токарев // Палинология, стратиграфия и геоэкология : сб. науч. тр. XII Всерос. палин. конф. – СПб., 2008. – Т. 1. – С. 267–270.
12. Новожилов, Ю. К. Класс Миксомицеты / Ю. К. Новожилов // Определитель грибов России. Отдел Слизевки. – СПб. : Наука, 1993. – Вып. 1. – 288 с.
13. Организация стационарных и временных точек мониторинга пыльцы растений и спор грибов в атмосферных аэрозолях : инструкция по применению // Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний : сб. инструкт.-метод. док-тов. – Минск, 2007. – Т. 6 : Организация и управление здравоохранением. Гигиена и эпидемиология. Фармация. – С. 201–216.
14. Применение спорово-пыльцевого анализа в практике производства судебно-почвоведческих экспертиз / Р. М. Алиева, О. Б. Градусова, Н. Д. Куропатина, Е. М. Нестерина // Палинология, стратиграфия и геоэкология : сб. науч. тр. XII Всерос. Палин. конф. – Т. 1. – СПб., 2008. – С. 227–230.
15. Принципы и методы аэропалинологических исследований / Н. Р. Мейер-Меликан [и др.]. – М., 1999. – 48 с.
16. Самодуров, В. П. Электронная микроскопия для изучения состава атмосферных аэрозолей / В. П. Самодуров, В. Л. Шалабода // XIII Рос. симп. по растровой электронной микроскопии и аналитическим методам исследования твердых тел (РЭМ–2003), Черноголовка. – 2003. – С. 152.

17. Самодуров, В. П. Моделирование процессов переноса пыльцы и прогноз аллергенной обстановки в городе Минске / В. П. Самодуров, В. Л. Шалабода // Сб. науч. тр. XII Всерос. палинолог. конф. – СПб., 2008. – Т. 1. – С. 178–183.

18. Санитарно-гигиеническое обследование, обнаружение и оценка признаков биоповреждения больничного здания / Т. Д. Гриценко [и др.] // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены. – Минск, 2008. – Вып. 11. – С. 63–68.

19. Северова, Е. Дальнезасносная пыльца в аэропалинологическом спектре Москвы / Е. Северова, P. Sijlamo, C. Skjoth // Сб. науч. тр. XII Всерос. палинолог. конф. – СПб., 2008. – Т. 1. – С. 185–187.

20. Солнцева, М. П. Влияние промышленного и транспортного загрязнения среды на репродукцию семенных растений / М. П. Солнцева, К. П. Глазунова // Журнал общей биологии. – 2010. – Т. 71, № 2. – С. 163–175.

21. Суточная ритмика пыления *Artemisia* (Compositae) / Н. Р. Мейер-Меликян [и др.] // Аэрозоли. – 1997. – Т. 3. – С. 6–9.

22. Федорович, С. В. Экологическая аллергология и иммунология в Республике Беларусь / С. В. Федорович, Н. С. Гурина, С. М. Соколов. – Барановичи, 2004. – 198 с.

23. Шалабода, В. Л. Пыльца и споры в составе атмосферных аэрозолей г. Минска (сезонные колебания, морфология, идентификация) / В. Л. Шалабода // Бюл. Московского об-ва испытателей природы. Отдел биологический. – 2004. – Т. 109, вып. 1. – С. 81–84.

24. Ярославцева, Т. В. Моделирование процессов распространения пыльцы растений / Т. В. Ярославцева // Оптика атмосферы и океана. – 2002. – № 5–6. – С. 483–487.

25. Basidiospore allergens: analysis of *Coprinus quadridifidus* spore, cap and stalk extracts / W. E. Davis [et al.] // Clinical Allergy. – 1988. – Vol. 18. – P. 161–267.

26. Castlebury, L. A. *Tilletia walkeri*, a new species on *Lobium multiflorum* and *L. perenne* / L. A. Castlebury, L. M. Carris // Mycologia. – 1999. – Vol. 91, № 1. – P. 1–131.

27. Corden, J. M. Seasonal variation in *Alternaria* spore concentrations in three European cities, Derby, UK, Cracow, Poznan, Poland (1995–2002) / J. M. Corden // TESA. Abstract. – 2003. – P. 19.

28. Das Pollen der Südtiroler Honige / E. Bucher [et al.]. – Stuttgart, 2004. – 678 p.

29. Glossary of pollen and spore terminology / W. Punt [et al.]. – Utrecht : LPP Foundation. – III. – (LPP contributions series ; no. 1). – 1994. – 73 p.

30. Johnson, D. A. Image analysis of urediniospores that infect *Mentha* / D. A. Johnson, T. A. Ball, W. M. Hess // Mycologia. – 1999. – Vol. 91, № 6. – P. 1016–1020.

31. Lacey, J. Spore dispersal – its role in ecology and disease : the British contribution to fungal aerobiology / J. Lacey // Mycol. Res. – 1996. – Vol. 100. – P. 641–660.

32. Shalaboda, V. L. Airborne particulate matter investigated by SEM and microprobe analysis / V. L. Shalaboda, V. P. Samodurov // TESA. Abstract. Worcester UK. – 2003. – P. 151.

33. Shalaboda, V. L. Allergic and toxic airborne particulate matter in Minsk / V. L. Shalaboda, V. P. Samodurov // 1st WOREAL Congress and/or to the 4 ICD Symposium. – Helsinki, 2003. – P. 109.

34. Singh, A. Fungal Spores are an important component of Library air / A. Singh, M. Ganguli, A. B. Singh // Aerobiologia. – 1995. – Vol. 11. – P. 213–237.

35. The pollen content of the air identification key [Electronic resource] / Sulmont Gerard, Laine Catherine, Sulmont Domitille, Dupuy Nadine, Lachasse Charlotte, Thibaudon Michel. – Mode of access : [www.medsyn.fr.-RNSA-rnsa@rnsa.fr](http://www.medsyn.fr.-RNSA-rnsa@rnsa.fr). – Date of access : 17.06.2014.

36. The Analysis and Monitoring Division, Pollen Sampling Program [Electronic resource]. – Mode of access : [www.akojelg@co.forsyth.nc.us](http://www.akojelg@co.forsyth.nc.us). – Date of access : 17.06.2014.

37. Uruska, A. Regional differentiation of the dynamics of the pollen seasons of *Betula*, *Quercus* and *Pinus* in Poland. Preliminary results / A. Uruska // TESA. Abstract. – 2003. – P. 39.

38. Winkler, H. Pollen best immungs buch der Stiftung Deutscher Pollen in formations dienst / H. Winkler. – Paderborn. – 2001. – 80 p. // Pollen. Daily Pollen Report [Electronic resource] // [www.forsyth.nc.us/envaffairs/](http://www.forsyth.nc.us/envaffairs/). – Date of access : 17.06.2014.

**Атлас микрофотографий  
пыльцы растений и спор патогенных грибов  
в помещениях с натуральным воздухообменом**

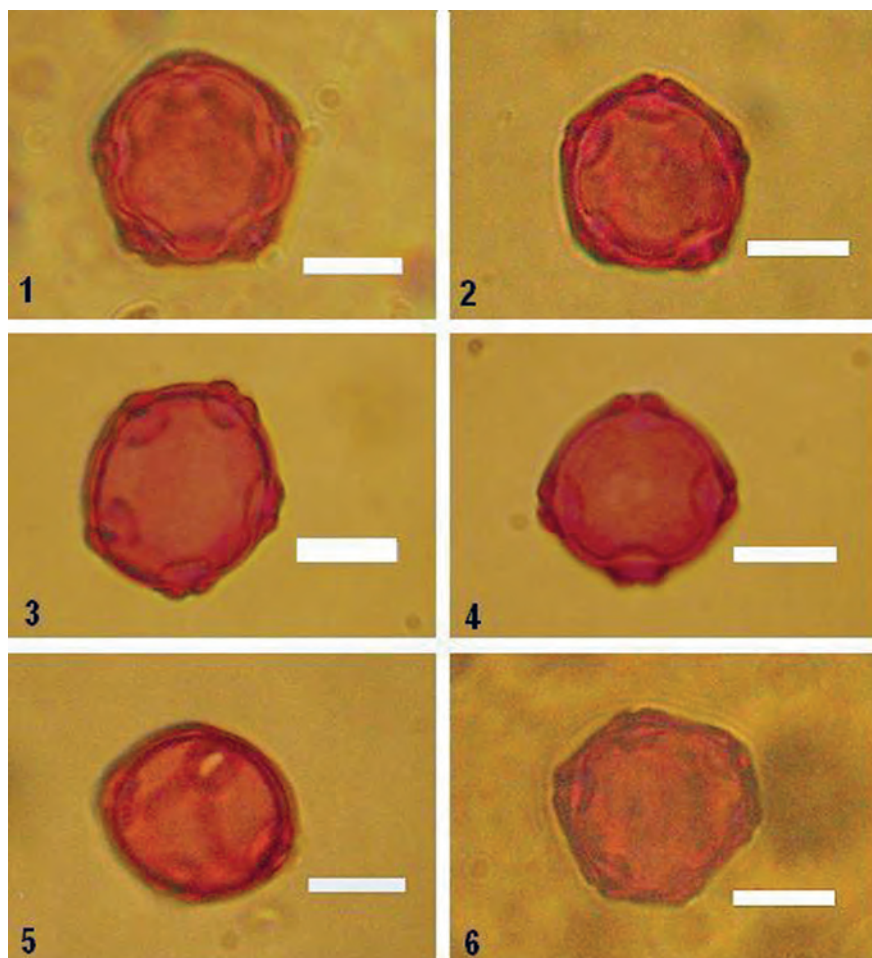


Рис. А1. Пыльца ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) в СМ: 1–3 – пятипоровые п. з.; 4 – четырехпоровое п. з.; 5 – четырехпоровое п. з. (видна пора и «арки»), 6 – шестипоровое п. з. с нарушенной симметрией. Линейка 10  $\mu\text{m}$

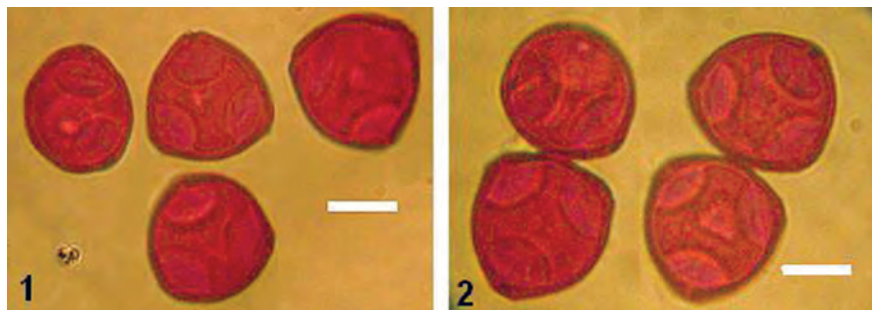


Рис. А2. Пыльца лещины обыкновенной (*Corylus avellana* (L.) H. Karst.) в СМ: 1, 2 – трехпоровые п. з. Линейка 10 µm

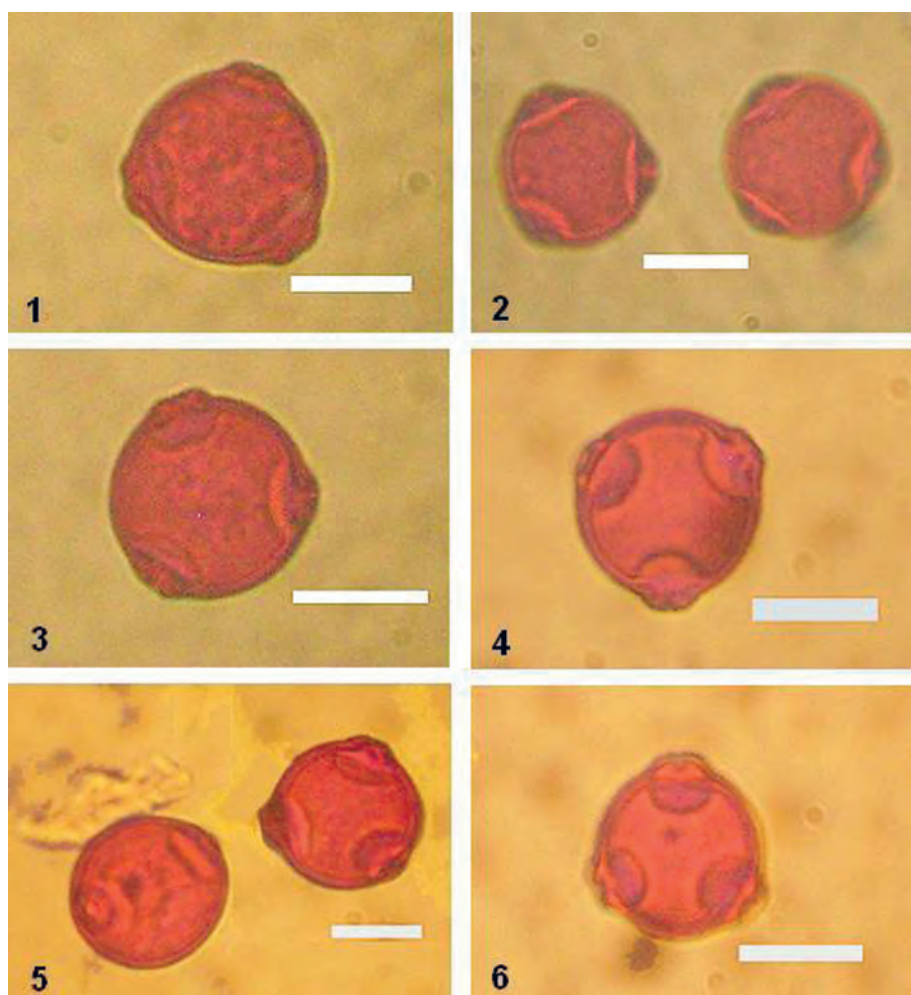


Рис. А3. Пыльца березы (*Betula* sp.) в СМ: 1–6 – трехпоровые п. з. Линейка 10 µm

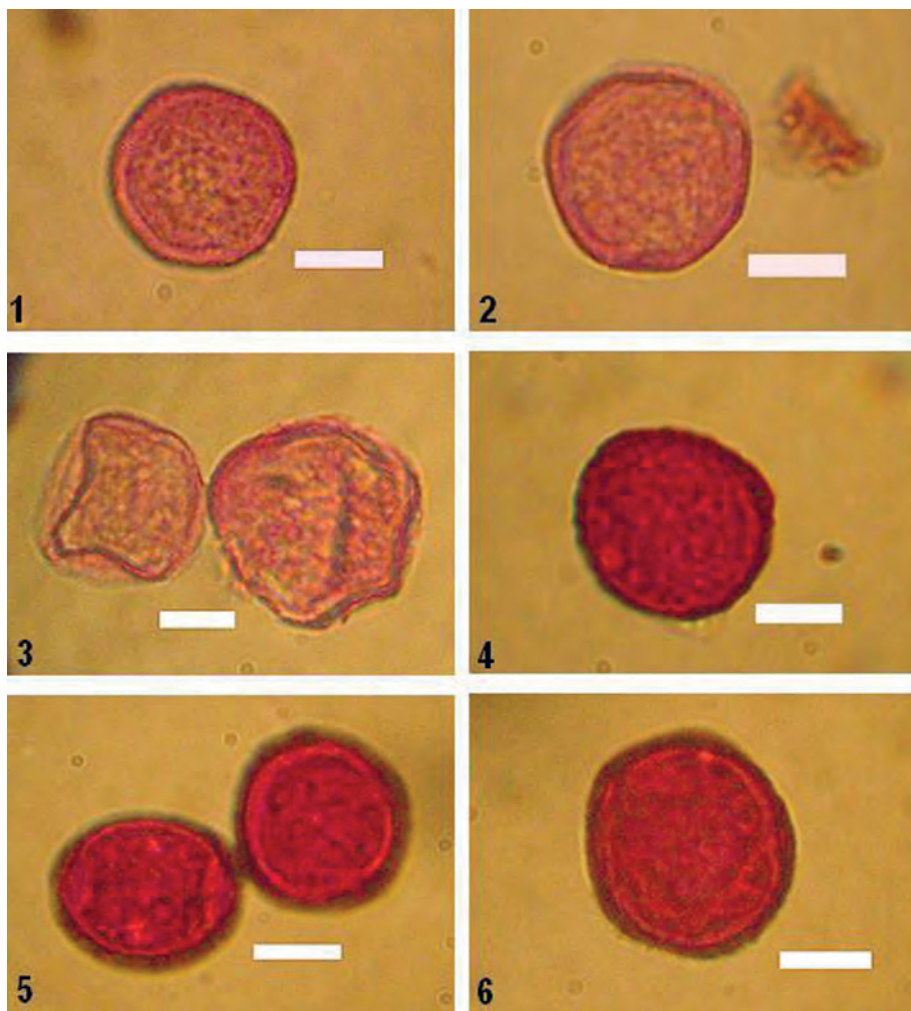


Рис. А4. Пыльца тополя серебристого (*Populus alba* L.) и вяза шершавого (*Ulmus glabra* Huds.) в СМ: 1-3 – п. з. тополя, 4-6 – многопоровые п. з. вяза. Линейка 10  $\mu$ m

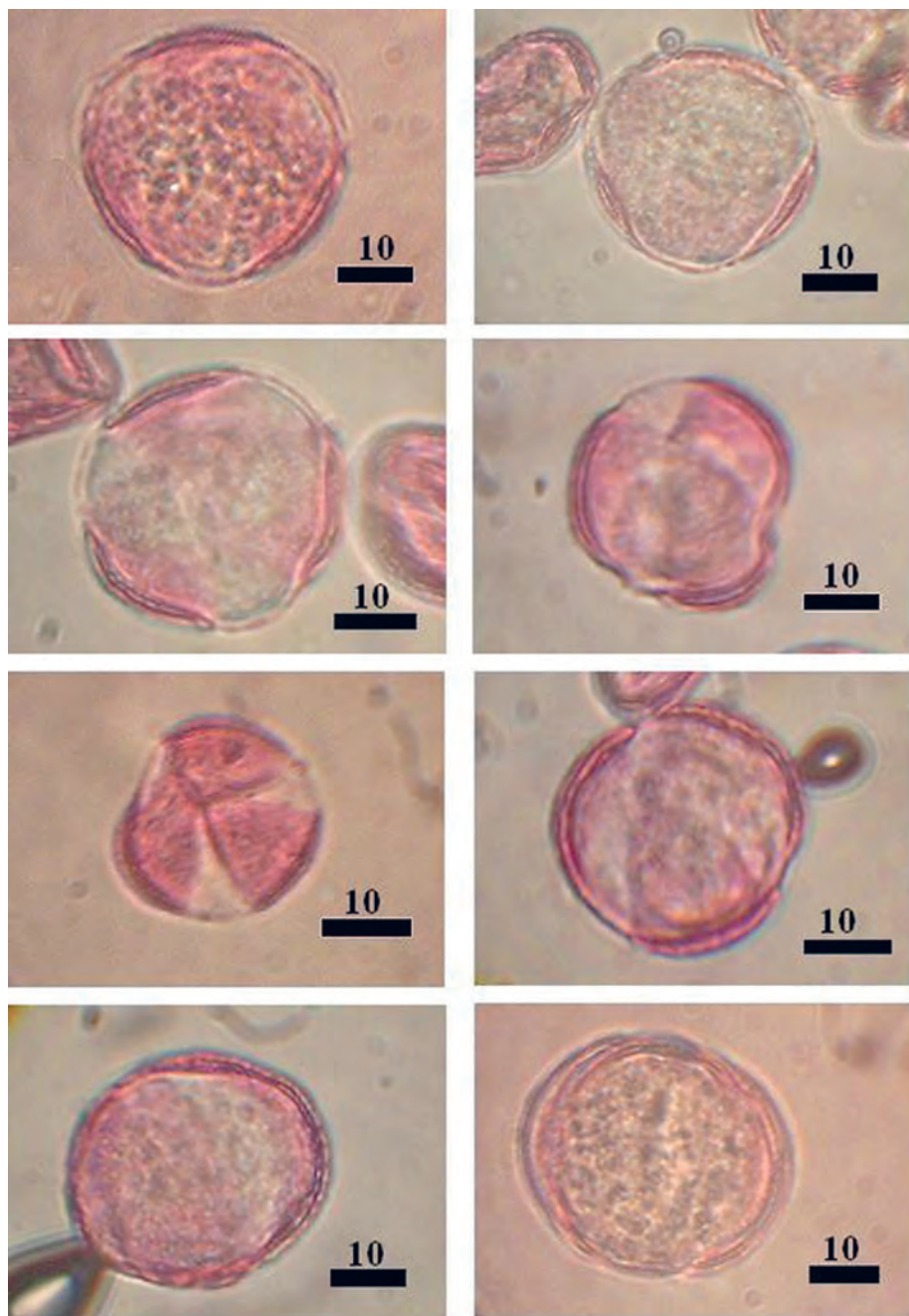


Рис. А5. Пыльца клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в СМ: 1–8 – трехбороздные п. з. клена ясенелистного при разной глубине резкости в полярном (1–6) и экваториальном положении (7, 8).  
 Линейка 10 μm

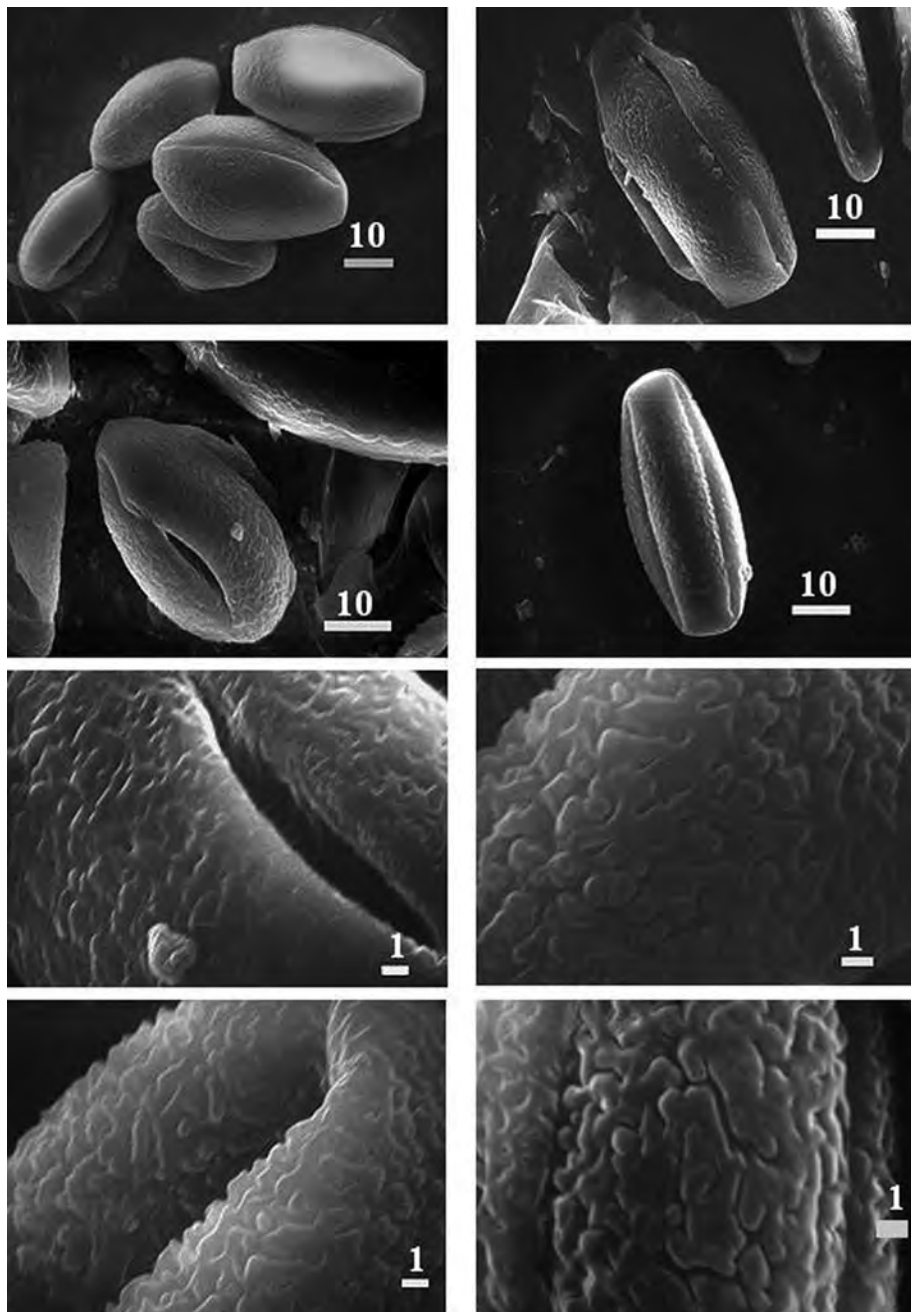


Рис. А6. Пыльца клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в СЭМ: 1-4 – п. з. в экваториальном положении; 5, 7 – борозда п. з.; 6, 8 – скульптура п. з. Линейка в  $\mu\text{m}$



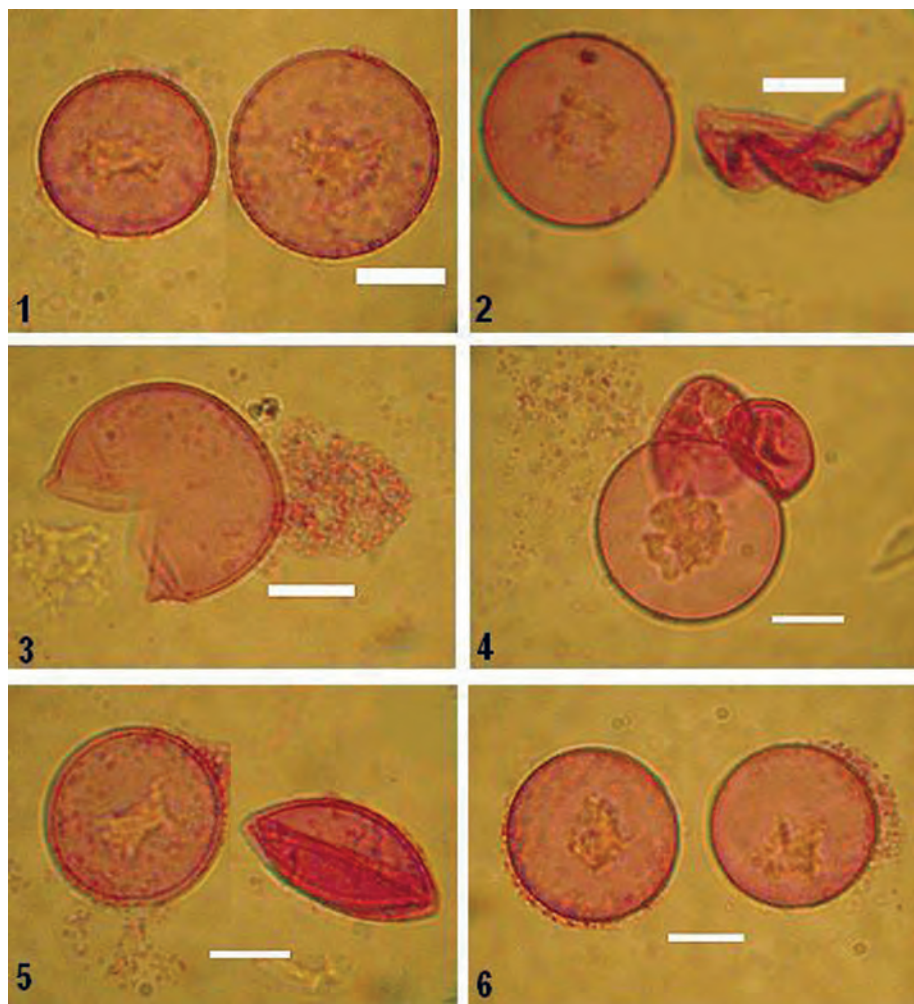


Рис. А7. Пыльца кипариса вечнозеленого (*Cupressus sempervirens* L.) в СМ: 1, 4 – разноразмерные п. з. кипариса; 2, 5 – нормально развитое п. з. и п. з. с морфологическими отклонениями; 3 – разорванное п. з.; 6 – нормально развитые п. з. Во всех препаратах присутствует большое количество субмикронных частиц – орбикул (тельца Убиши). Линейка 10  $\mu\text{m}$

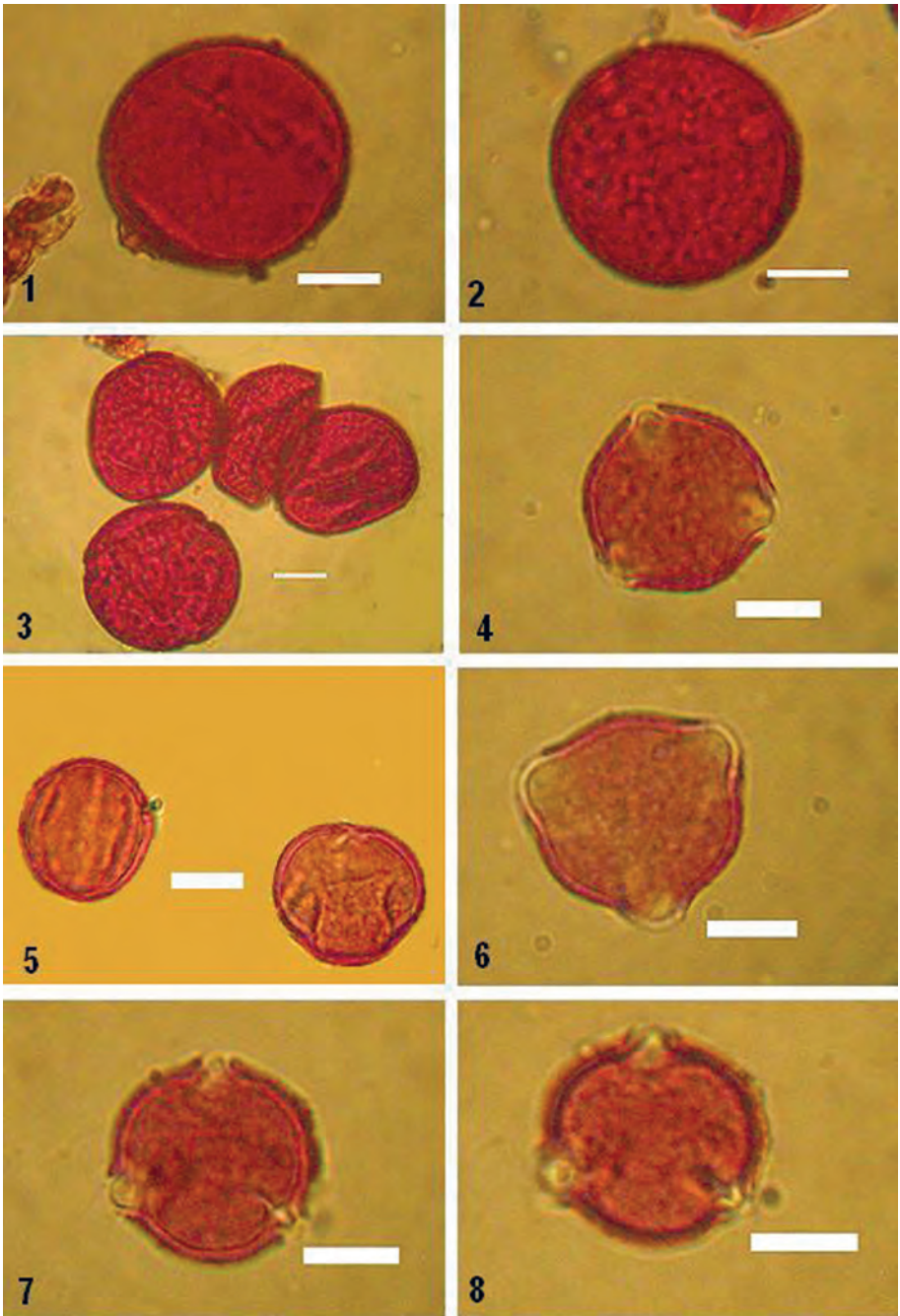


Рис. А8. Пыльца бука европейского (*Fagus sylvatica* L.) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в СМ: 1–3 – пыльца бука; 4, 6–8 – пыльца дуба в полярном положении; 5 – пыльца дуба в экваториальном положении. Линейка 10  $\mu\text{m}$

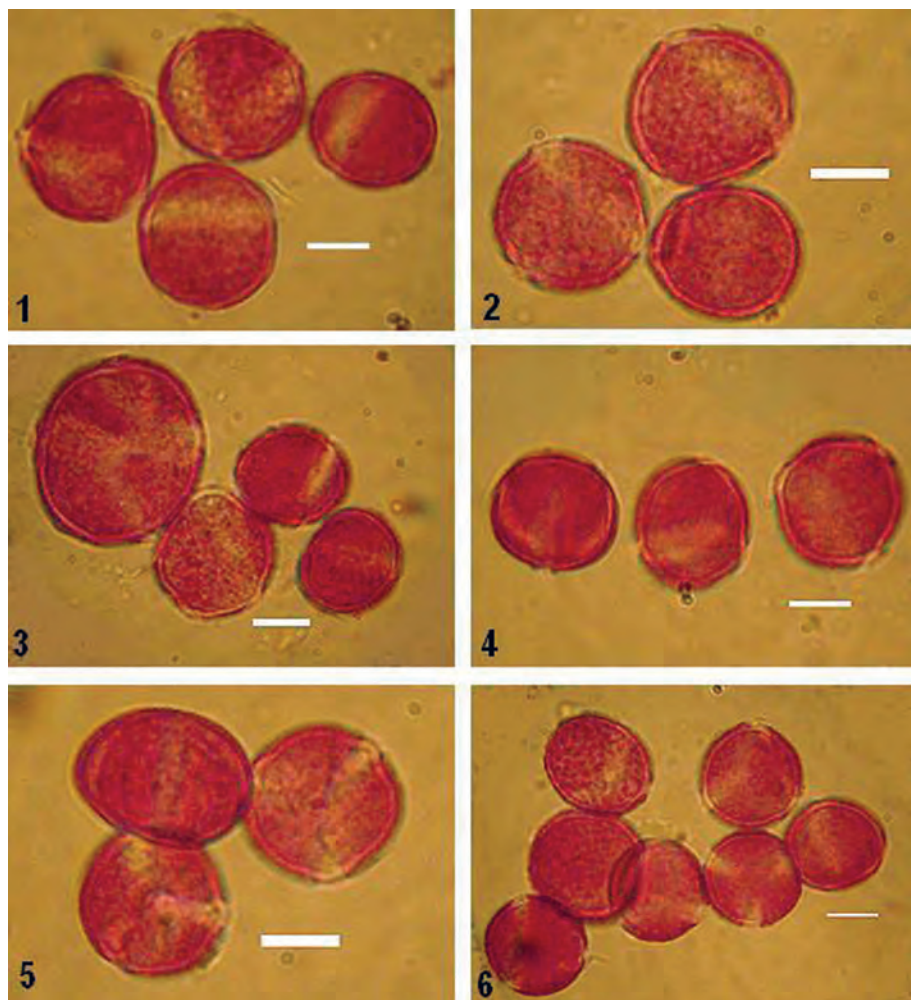


Рис. А9. Пыльца ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) в СМ: 1–6 – разноразмерные п. з. в различном положении. Линейка 10  $\mu\text{m}$

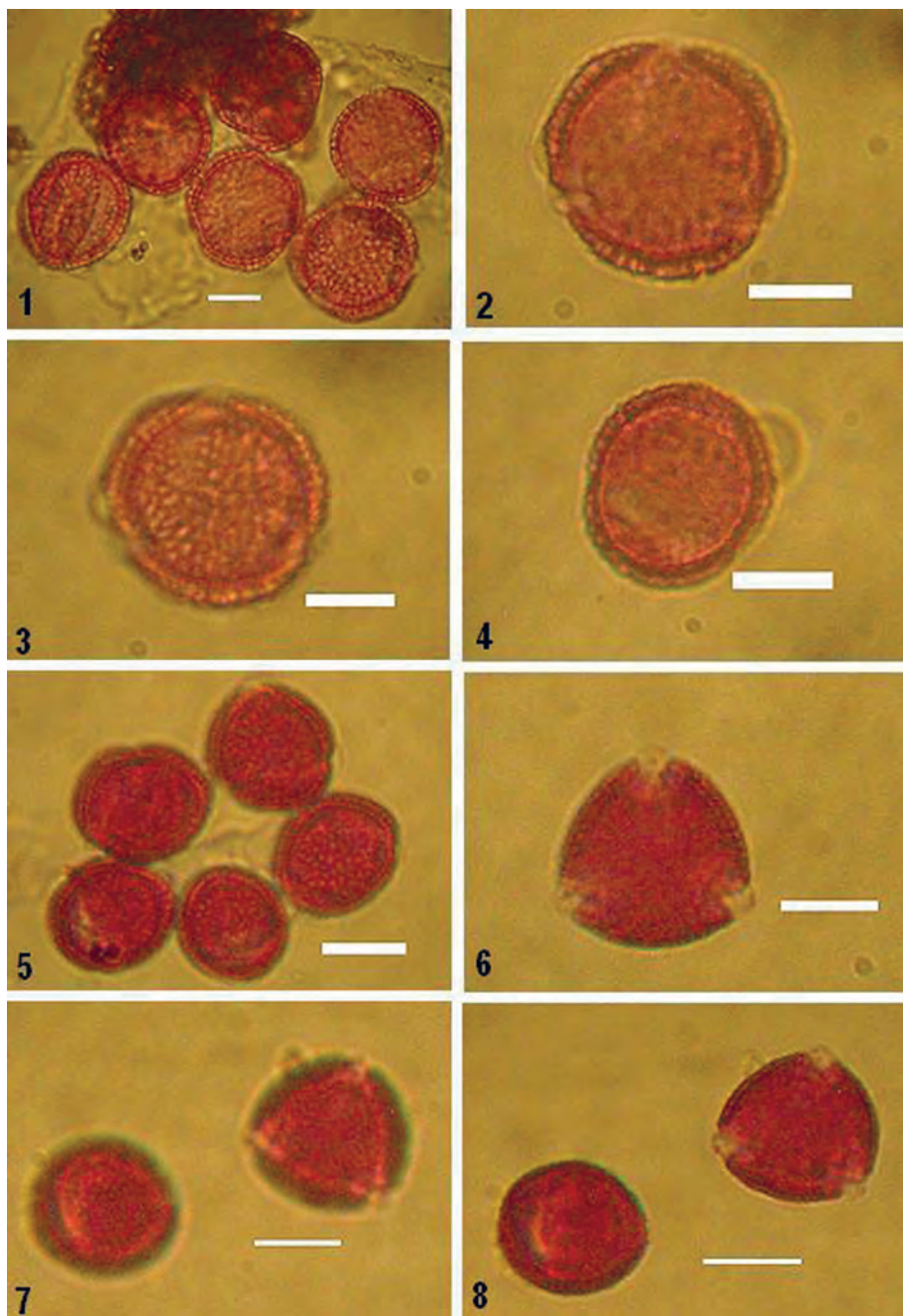


Рис. А10. Пыльца бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.) в СМ: 1–8 – п. з. в различном положении. Линейка 10  $\mu$ m

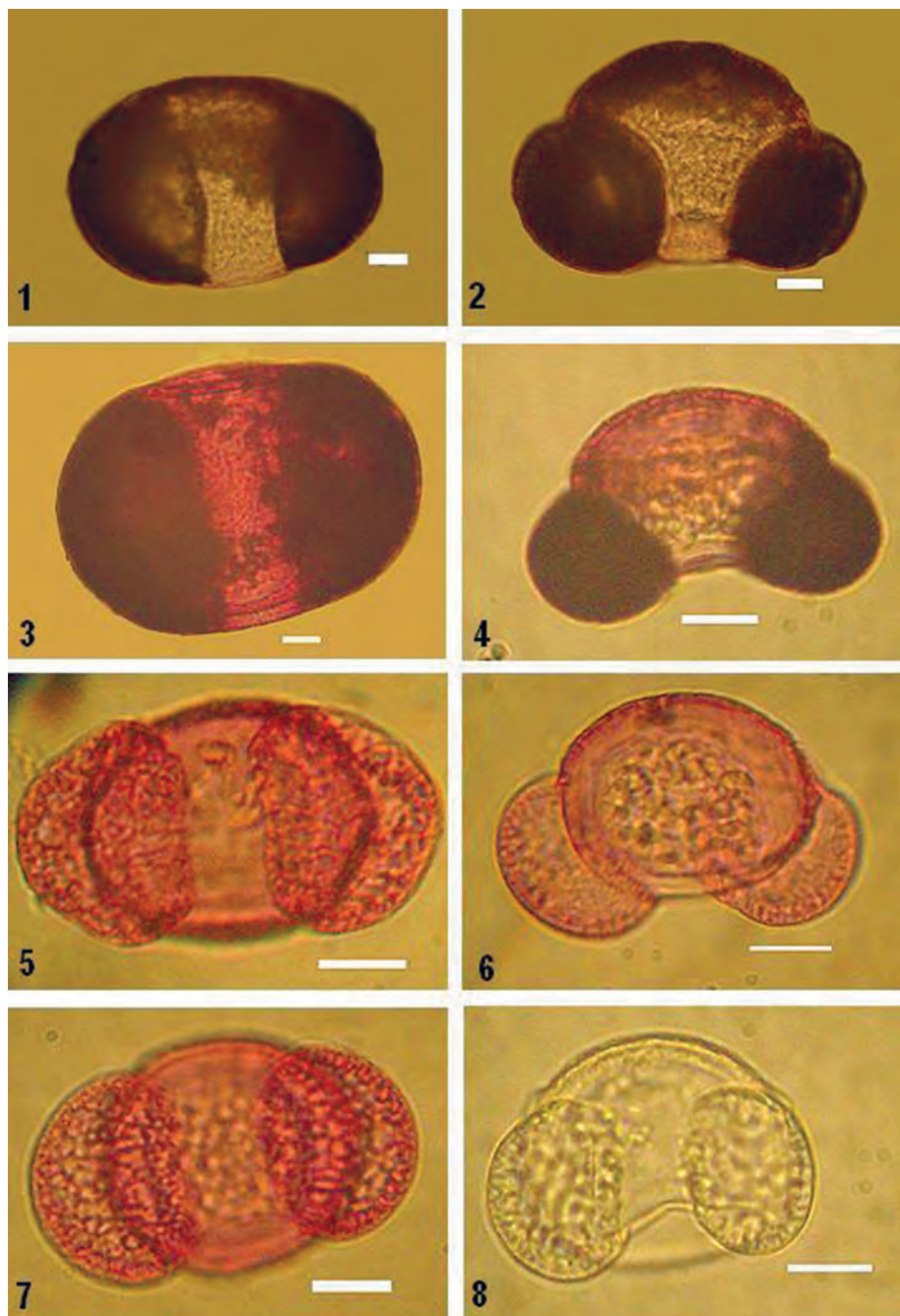


Рис. А11. Пыльца ели голубой (*Picea pungens* Engelm.) и сосны Веймутова (*Pinus strobus* L.) в СМ: 1–3 – пыльца ели, наполненная воздухом (темные участки); 4–8 – пыльца сосны. Линейка 10  $\mu\text{m}$

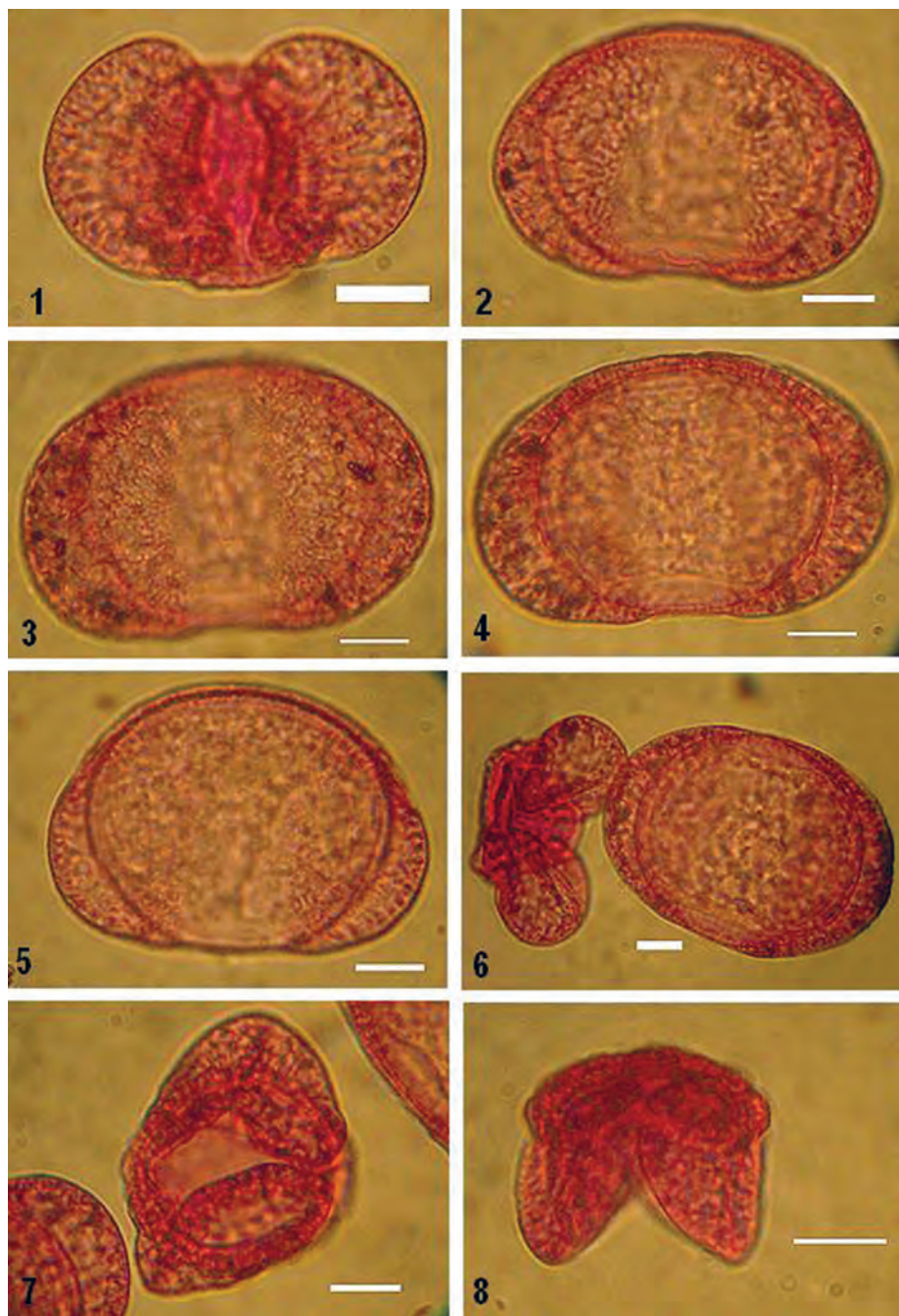


Рис. А12. Пыльца кедра (*Cedrus* sp.) в СМ: 1–5 – п. з. в различном положении и с различной глубиной резкости (3, 4); 6–8 – п. з. с нарушениями в строении. Линейка 10 µm

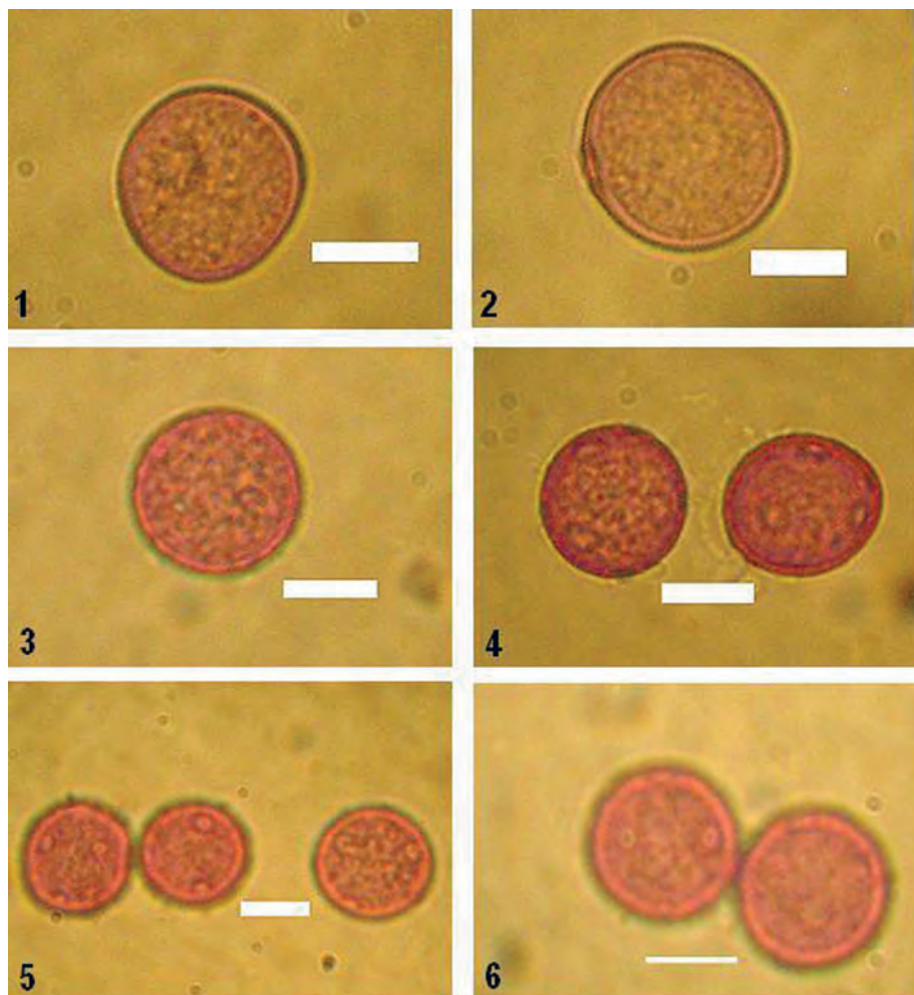


Рис. А13. Пыльца мятлики лугового (*Poa pratensis* L.) и подорожника (*Plantago* sp.) в СМ:  
1, 2 – п. з. мятлики лугового; 3–6 – п. з. подорожника. Линейка 10  $\mu\text{m}$

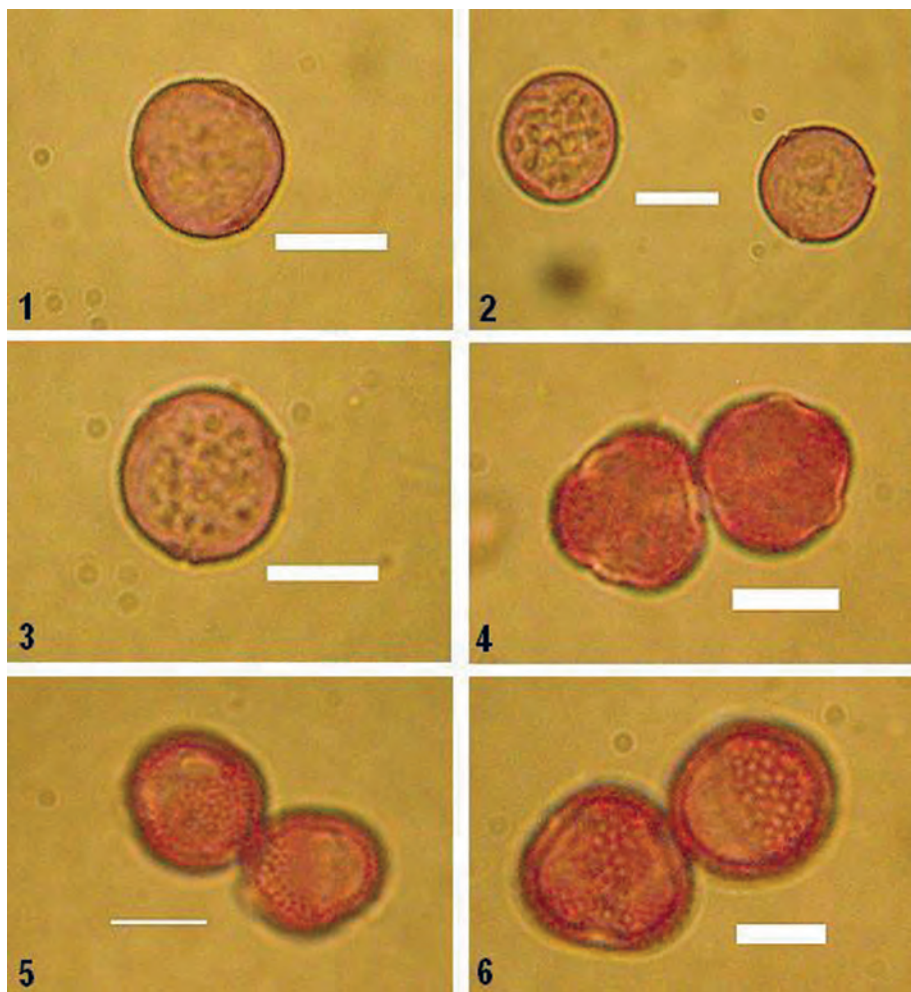


Рис. А14. Пыльца щавеля воробьиного (*Rumex acetosella* L.) и ивы козьей (*Salix caprea* L.) в СМ: 1-3 – пыльца щавеля в разных проекциях с различным увеличением; 4-6 – пыльца ивы козьей в разных проекциях и с различным увеличением. На краю п. з. ивы ячейки более крупные. Линейка 10  $\mu$ m



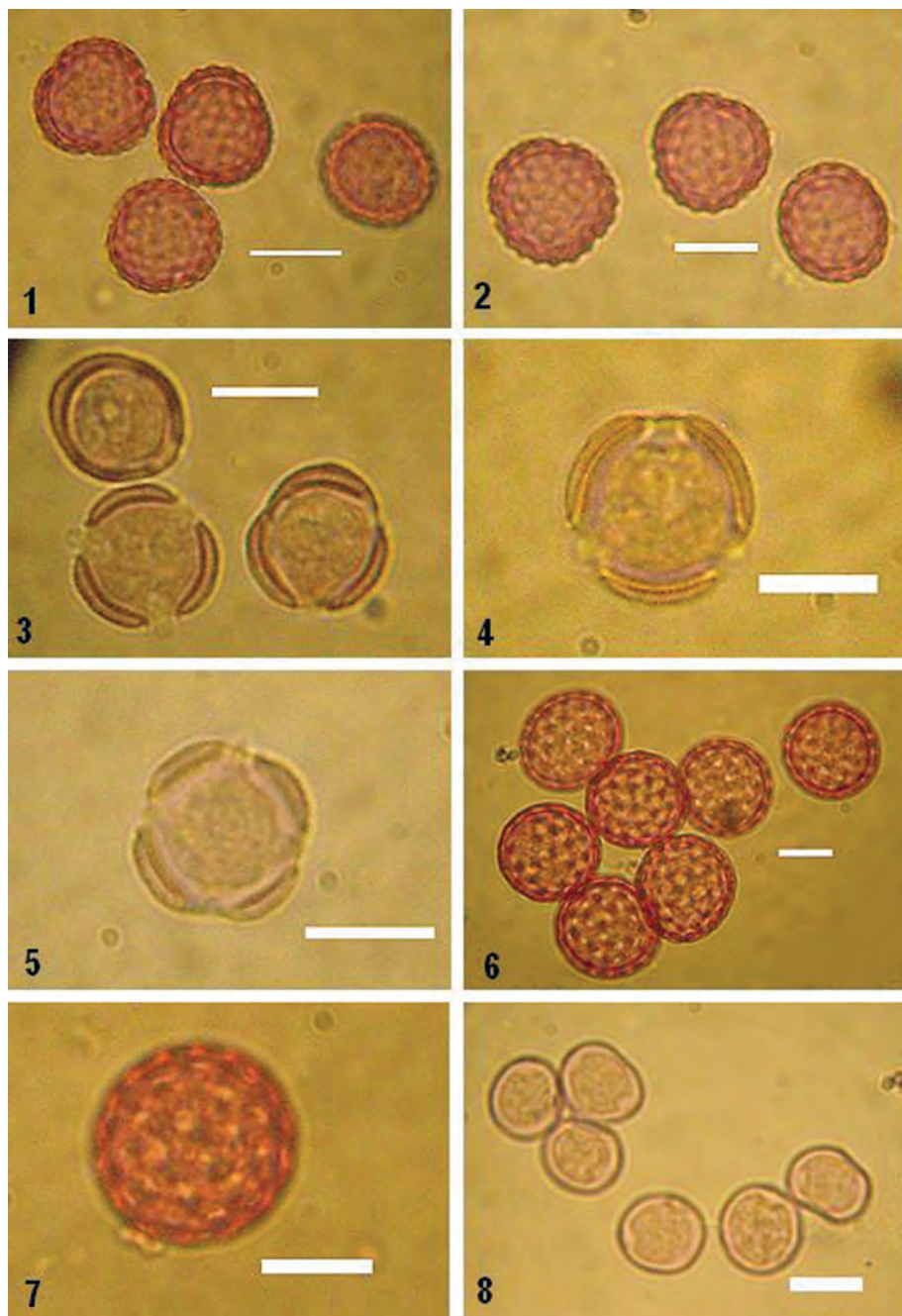


Рис. А15. Пыльца в СМ: 1, 2 – амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.); 3–5 – полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.); 6, 7 – мари белой (*Chenopodium album* L.); 8 – крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.). Линейка 10 µm

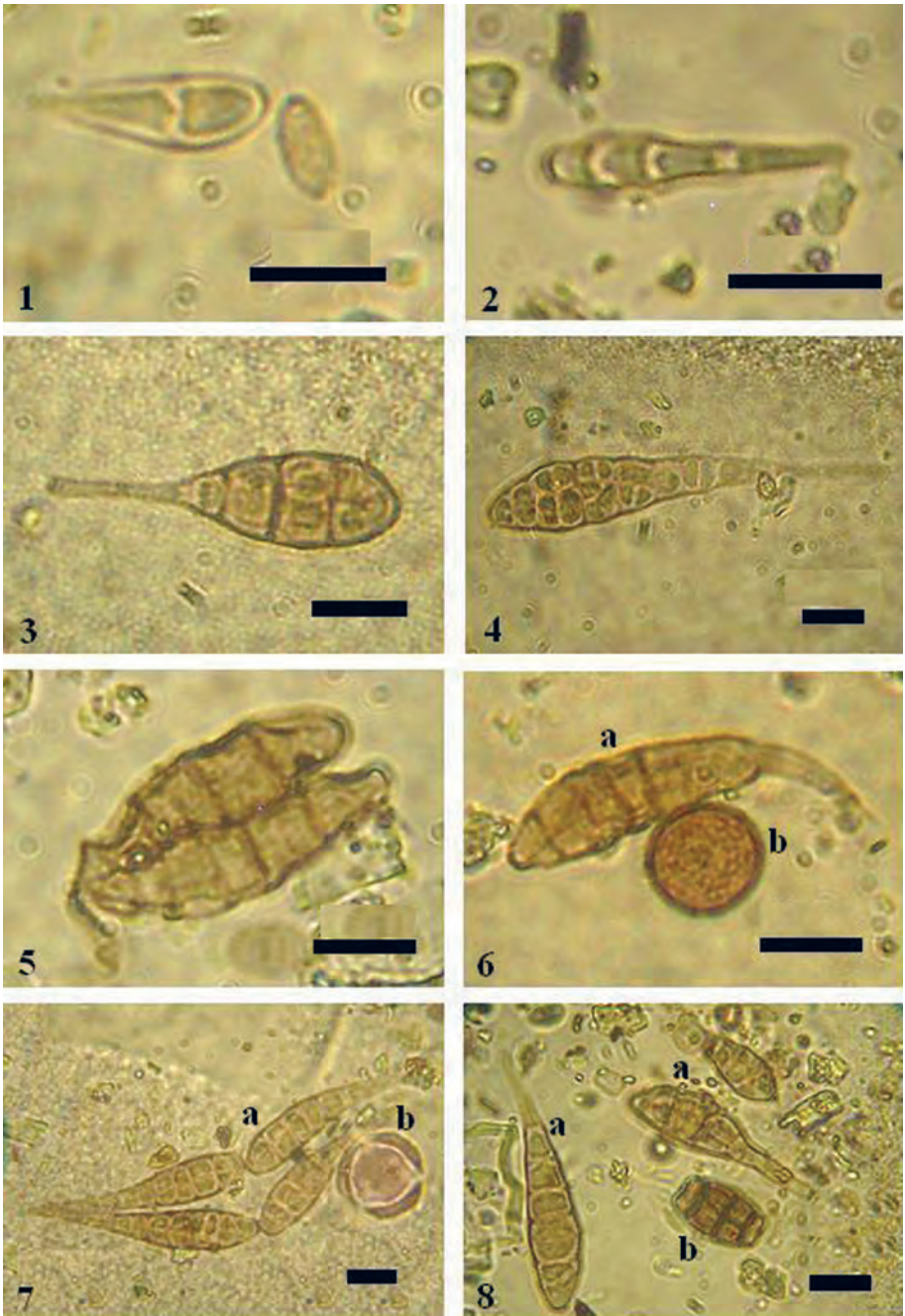


Рис. А16. Конидии альтернрии (*Alternaria* sp.) и некоторые другие объекты в СМ: 1–5 – конидии альтернрии в составе бытовой пыли; 6 – конидии альтернрии (а) и периконии *Periconia* sp. (b); 7 – конидии альтернрии (а) и пыльцевое зерно полыни *Artemisi* sp. (b); 8 – конидии альтернрии (а) и питомицес *Pithomyces* sp. (b)

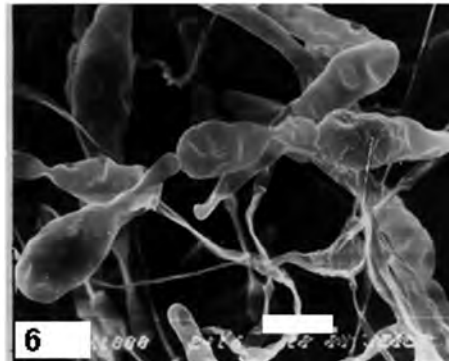
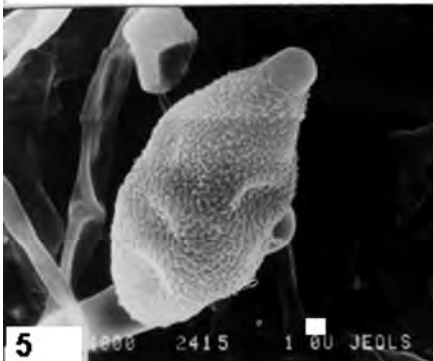
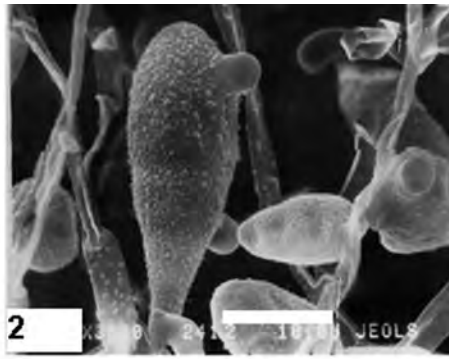
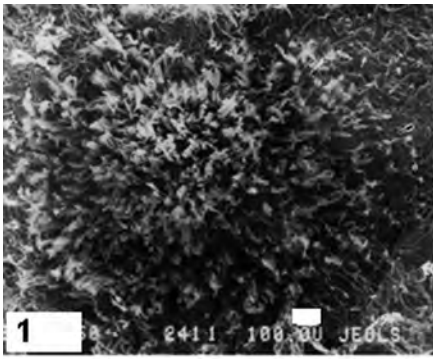


Рис. А17. Альтернэрия (*Alternaria* sp.) в СЭМ: 1 – колония альтернэрии; 2–5 – конидии; 6 – цепочка конидий. Линейка на кадрах,  $\mu\text{m}$ : 1 – 100; 2, 6 – 10; 3–5 – 1

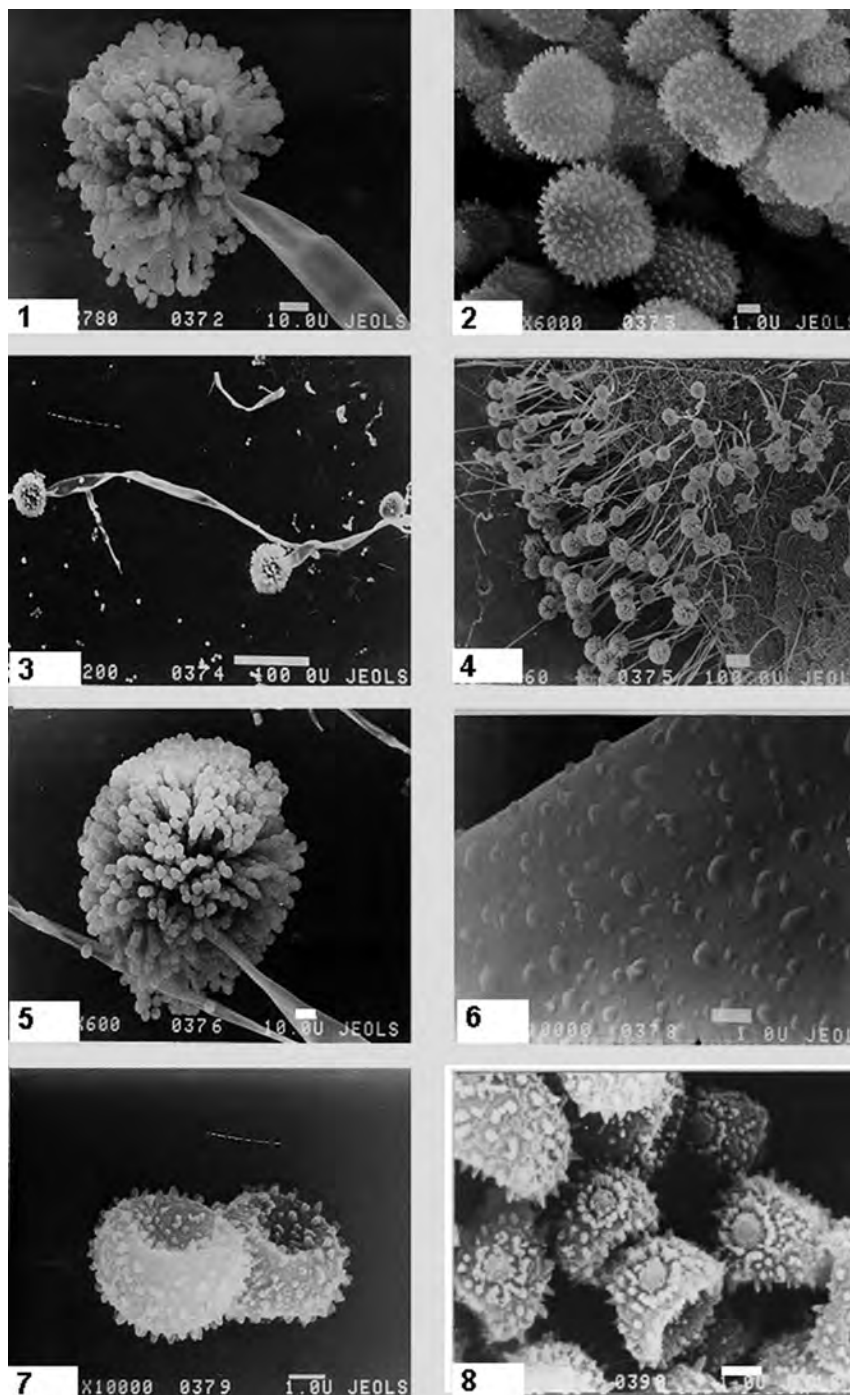


Рис. А18. Аспергилл черный (*Aspergillus niger* Tiegh.) в СЭМ: 1, 3, 5 – конидиофоры с конидиями при разных увеличениях; 2, 7, 8 – конидии, на которых видно кольцо, характерное для этого вида; 4 – участок колонии; 6 – поверхность гифа. Линейка на кадрах,  $\mu\text{m}$ : 1, 5 – 10; 2, 6–8 – 1; 3, 4 – 100

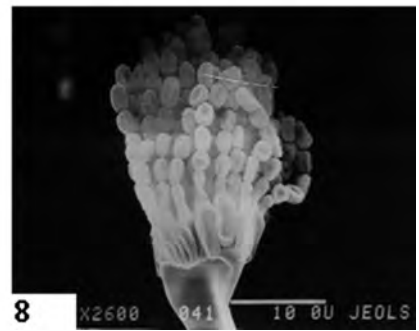
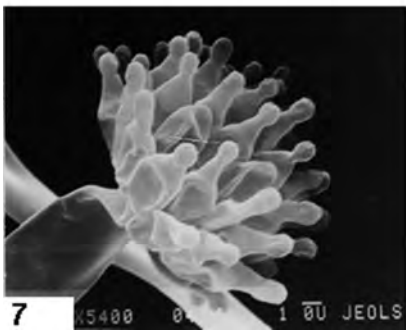
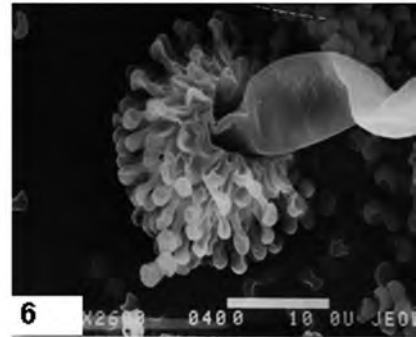
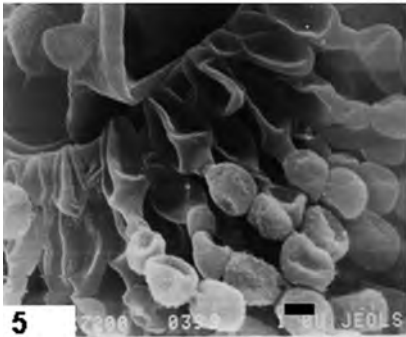
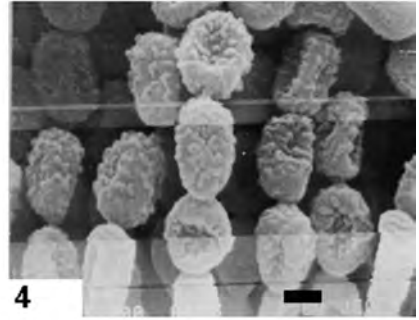
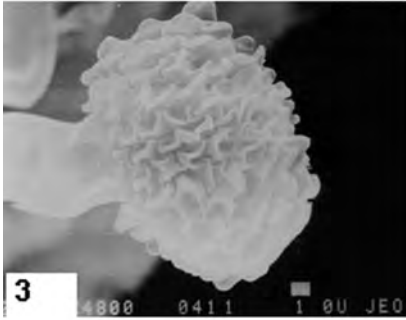
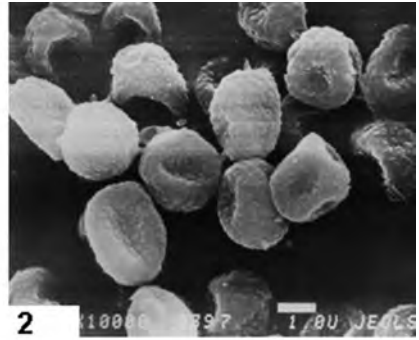
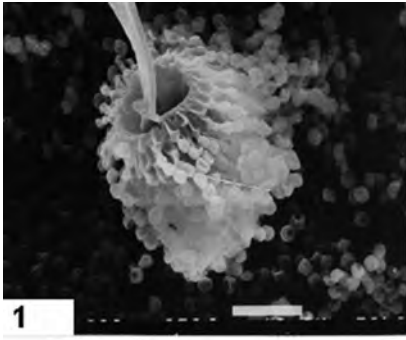


Рис. А19. Аспергилл дымящий (*Aspergillus fumigatus* Fresenius) в СЭМ: 1, 3, 5–8 – различные стадии развития конидиофоры и конидий; 2, 4 – конидии. Линейка на кадрах,  $\mu\text{m}$ : 1, 6, 8 – 10; 2–5, 7 – 1

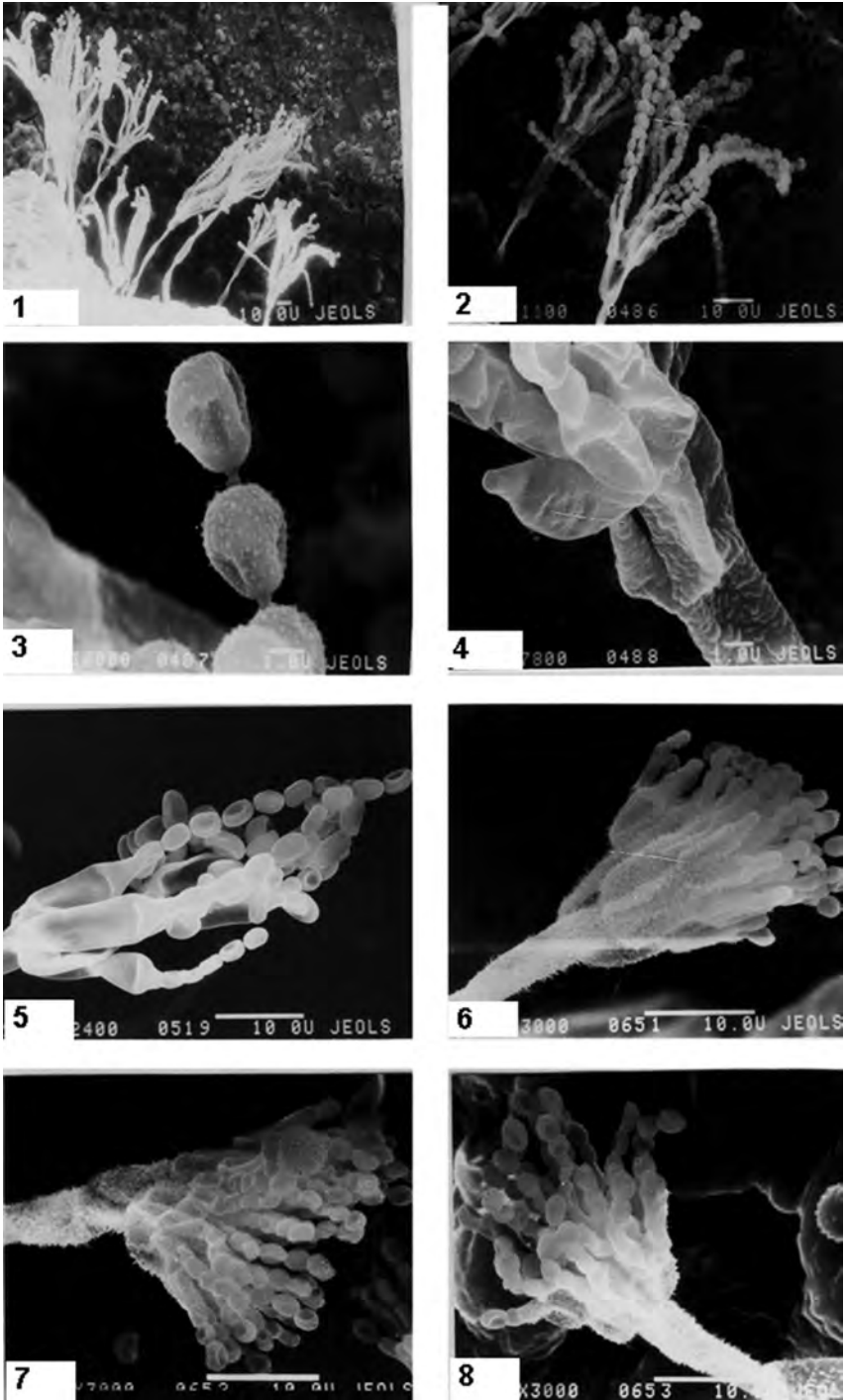


Рис. А20. Пеницилл (*Penicillium* sp.) в СЭМ: 1 – участок колонии; 2, 4–8 – конидиофоры с конидиями на разной степени развития; 3 – конидии. Линейка на кадрах,  $\mu\text{m}$ : 1, 2, 5–8 – 10; 3, 4 – 1

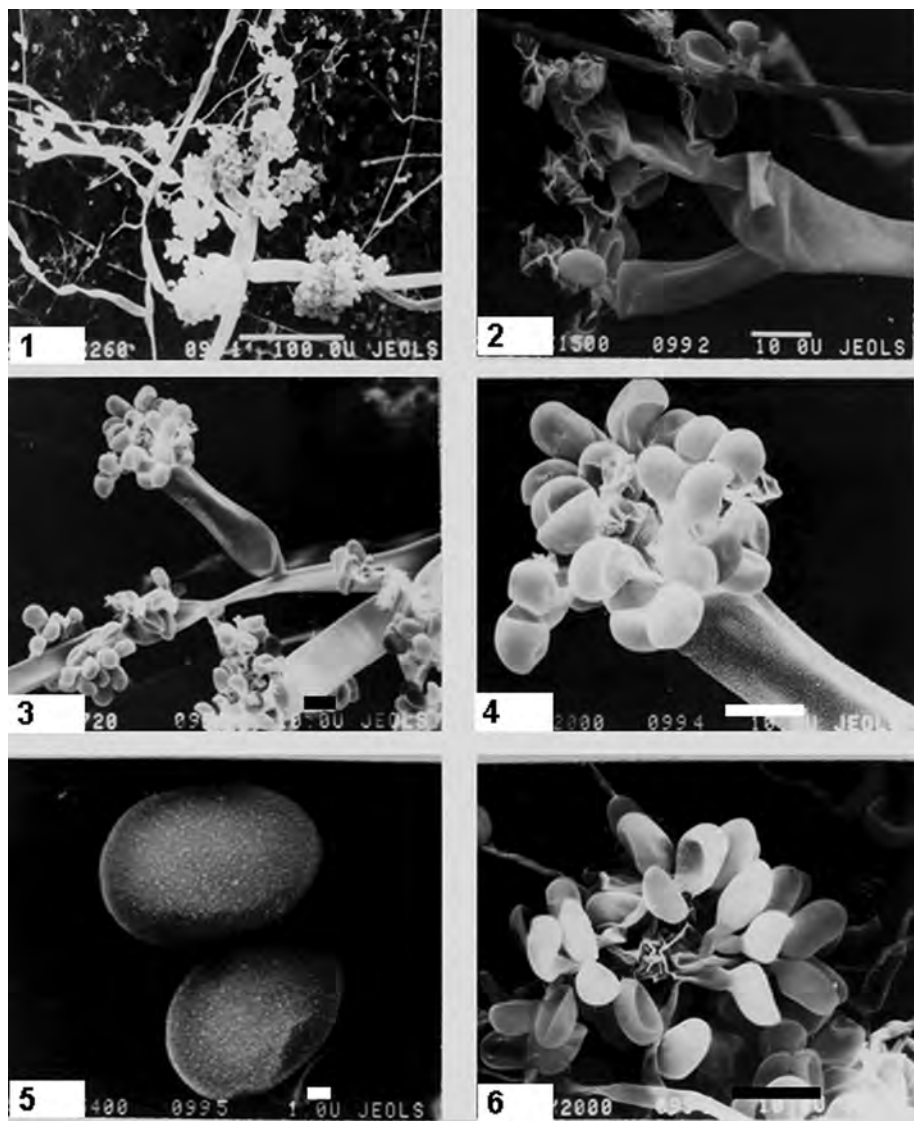


Рис. А21. Ботритис (*Botrytis* sp.) в СЭМ: 1 – участок колонии; 2–4, 6 – конидиеносцы с конидиями; 5 – конидии. Линейка на кадрах,  $\mu\text{m}$ : 1 – 100; 2–4, 6 – 10; 5 – 1

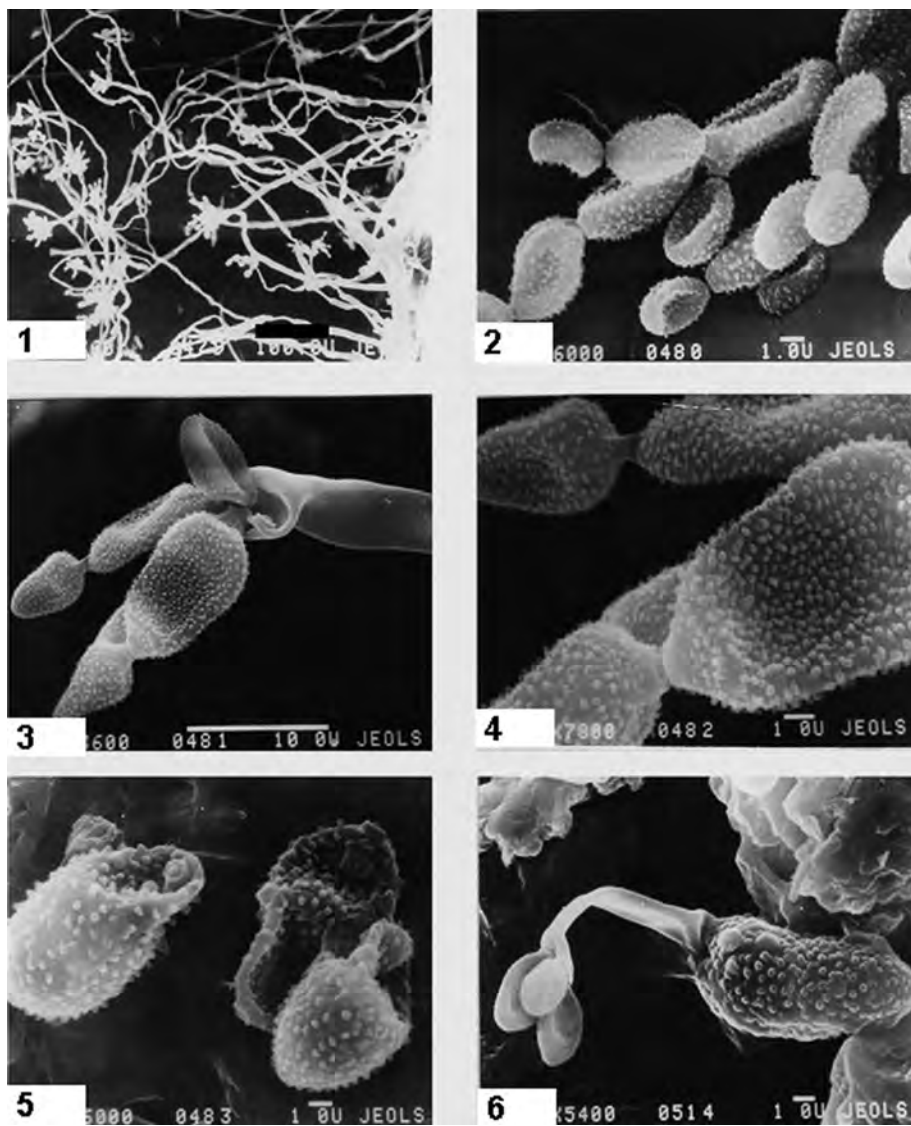


Рис. А22. Кладоспорий (*Cladosporium* sp.) в СЭМ: 1 – участок колонии; 2–5 – конидии; 6 – прорастание конидии. Линейка на кадрах, µм: 1 – 100; 2, 4–6 – 1; 3 – 10



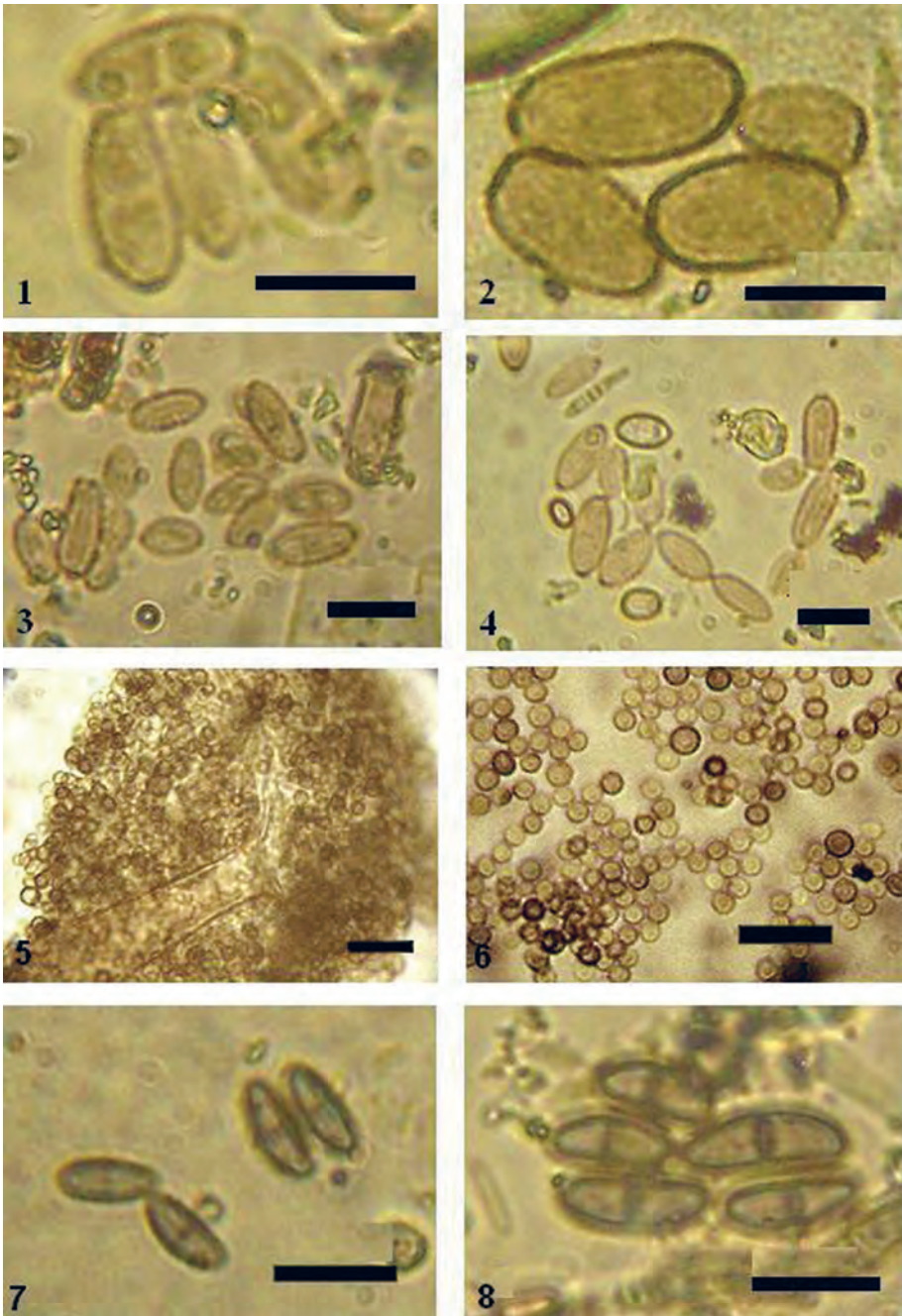


Рис. А23. Кладоспорий (*Cladosporium* sp.), аспергилл (*Aspergillus* sp.) и ксилария (*Xylaria* sp.) в СМ: 1–4 – конидии кладоспория в образцах; 5, 6 – конидиефора и конидии аспергилла; 7, 8 – споры ксиларии. Линейка 10 µm

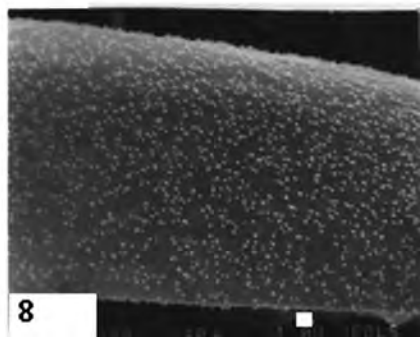
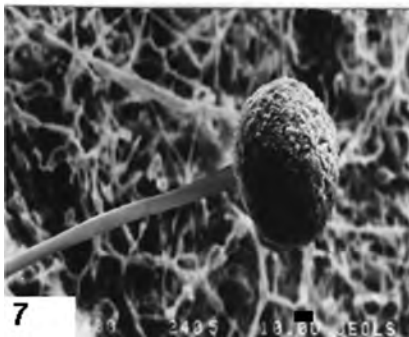
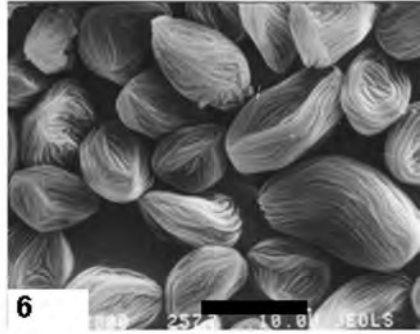
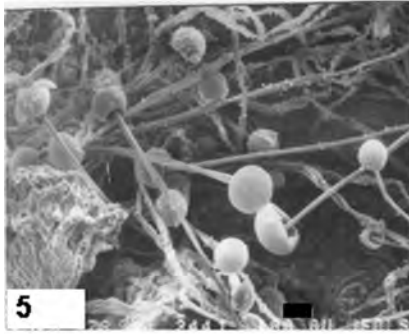
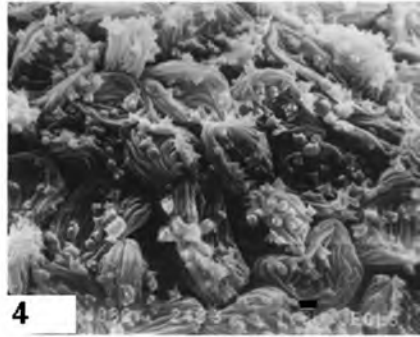
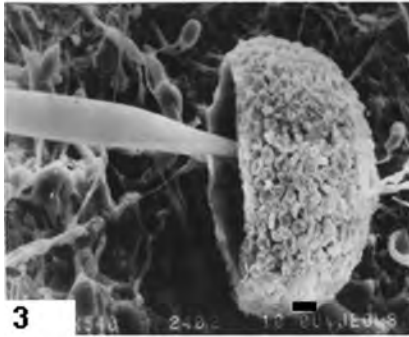
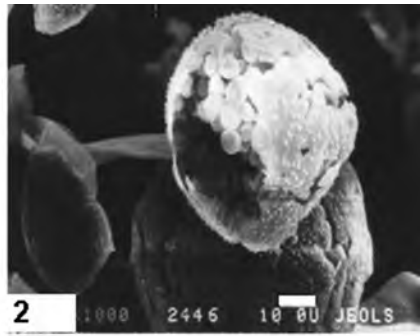
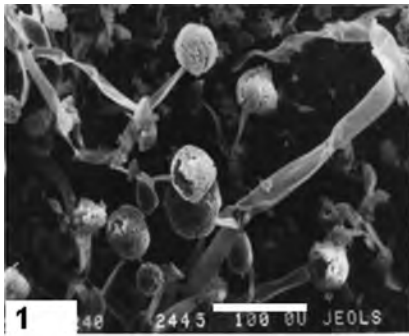


Рис. А24. Ризопус (*Rhizopus* sp.) в СЭМ: 1 – участок колонии; 2, 3, 5, 7 – конидиеносцы с конидиями в разной степени созревания; 4, 6 – конидии; 8 – скульптура гифа. Линейка на кадрах,  $\mu\text{m}$ : 1 – 100; 2, 3, 5–7 – 10; 4, 8 – 1



Рис. А25. Группа Биполярис/Дрешлера (*Bipolaris/Drechslera*) в СМ: 1–8 – разнообразие конидий группы. Линейка 10  $\mu\text{m}$

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>Предисловие</b> .....   | 3  |
| <b>Введение</b> .....  | 4  |
| Приборное обеспечение аэриобиологических исследований .....                                | 7  |
| Методы экспресс-анализа .....  | 9  |
| Результаты экспресс-анализа .....  | 14 |
| Основные закономерности формирования аэропалеонтологической обстановки города Минска ..... | 23 |
| <b>Заключение</b> .....  | 37 |
| <b>Литература</b> .....  | 39 |
| <b>Принятые сокращения</b> .....   | 41 |

Производственно-практическое издание

**Шалабода** Валентина Леонидовна,  
**Дмитриева** София Александровна

## **МЕТОДЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ПЫЛЬЦЫ РАСТЕНИЙ И СПОР ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ БЕЛАРУСИ**

### **Практическое пособие**

Редактор *Н. Т. Гавриленко*  
Художественный редактор *Д. А. Комлев*  
Технический редактор *О. А. Толстая*  
Компьютерная верстка *М. Э. Маляревич*

Подписано в печать 08.01.2015. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 3,41 + 2,11 вкл. Уч.-изд. л. 4,6. Тираж 120 экз. Заказ 237.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/18 от 02.08.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.

ISBN 978-985-08-1801-0



9 789850 818010