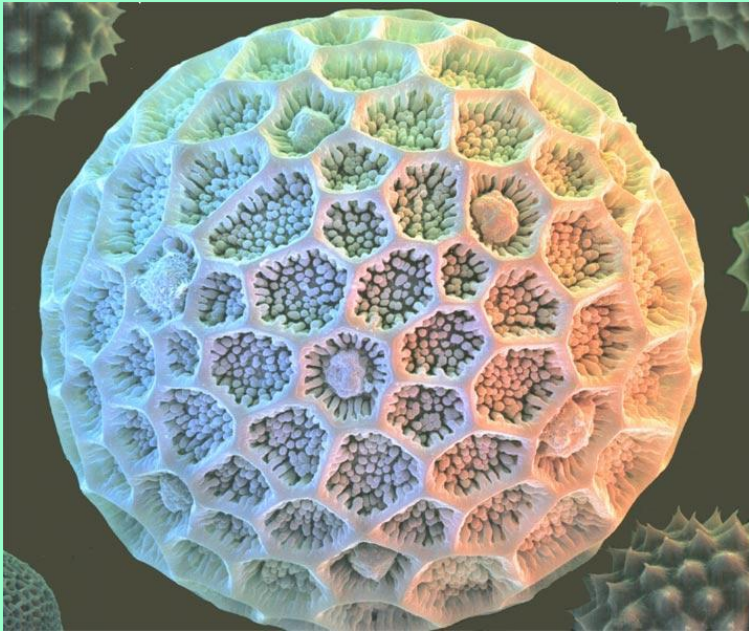




ПАЛИНОЛОГИЯ

Спорово-пыльцевой анализ

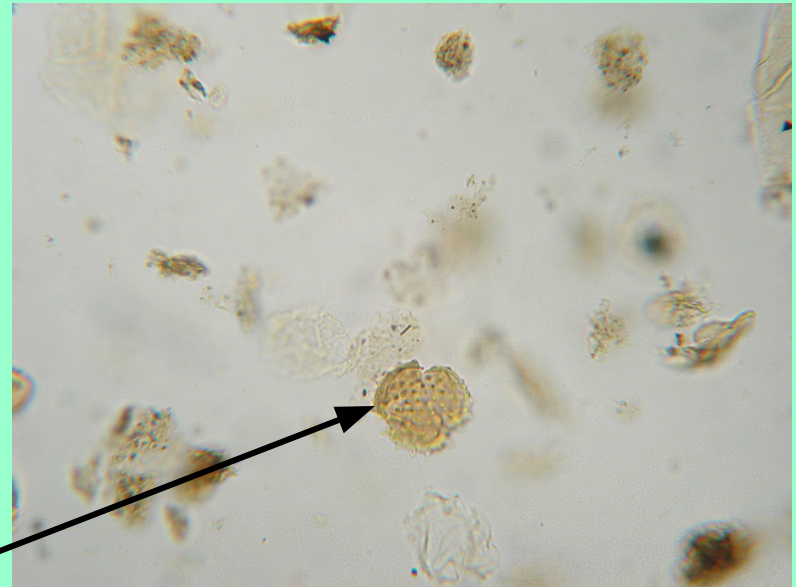
Палинология – отрасль ботаники, изучающая споры и пыльцевые зерна (пыльцу) высших растений, как современных, так и ископаемых (**палеопалинология**).

Размер спор и пыльцевых зерен равен **десяткам**, а иногда **сотням микрон**.

Споры и пыльцевые зерна являются **репродуктивными образованиями**.

Споры и пыльцевые зерна образуются у высших растений:

**Мохообразные, плауновидные,
папоротникообразные, голосеменные,
покрытосеменные**



**Пыльцевые зерна и споры растений в специально
приготовленных препаратах**

Высшие растения

```
graph TD; A[Высшие растения] --> B[мохообразные]; A --> C[плауновидные]; A --> D[папоротникообразные]; A --> E[голосеменные]; A --> F[покрытосеменные]; B --> G[Равноспоровые (изоспоровые)]; C --> G; D --> G; D --> H[Разноспоровые]; E --> H; F --> H;
```

мохообразные

плауновидные

папоротникообразные

покрытосеменные

голосеменные

Равноспоровые (изоспоровые)

У представителей одного и того же вида этих групп присутствуют только **одинаковые по величине споры**.

У данных растений **споры** служат для **размножения, сохранения и распространения вида**.

Разноспоровые

Эти группы имеют **мегаспоры** и **микроспоры** (пыльцевые зерна).

У данных растений функции **сохранения и распространения вида** принадлежат **семенам**.

ИЗОСПОРОВЫЕ РАСТЕНИЯ

В жизненном цикле чередуются особи бесполового и полового поколений, которые размножаются, соответственно, бесполовым и половым путем.

Формирование спор у плауновидных, моховидных и папоротниковых происходит в **спорангиях – специальныхместилищах на нижней стороне обыкновенных листьев или в **спорофиллах** - особых видоизмененных редуцированных листьях.**

Предварительно в спорангиях образуются материнские клетки спор. Затем каждая материнская клетка делится на 4 клетки - тетраду спор. Число спор в спорангиях от 8 до 64.

После созревания клетки спорангий лопаются, а споры высыпаются и разносятся воздушными потоками.

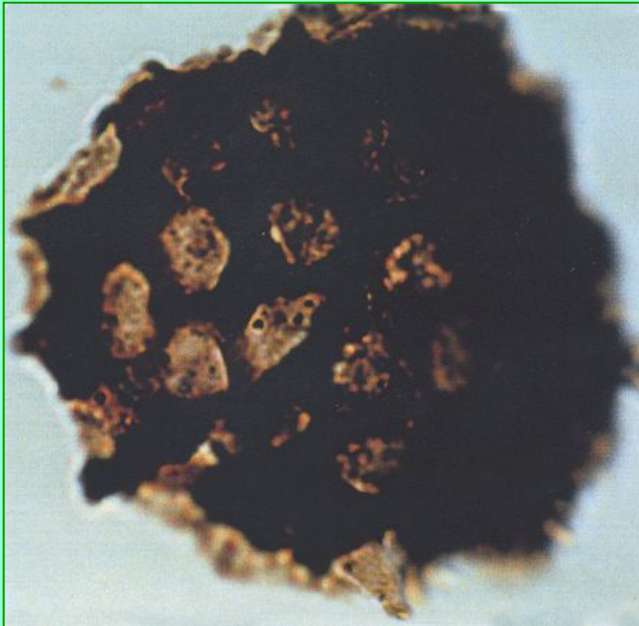
У изоспоровых отсутствуют цветы и плоды

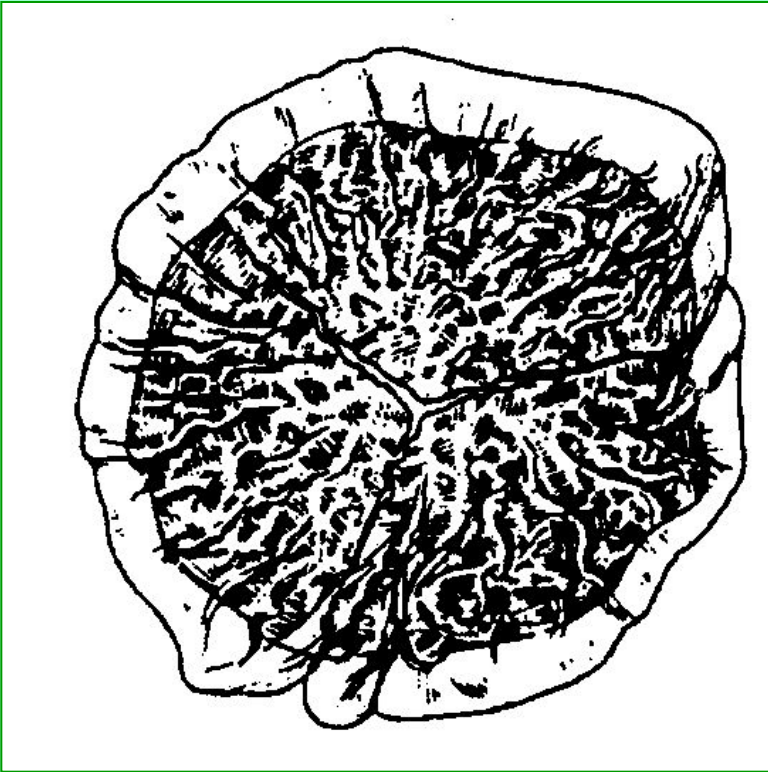
Спора состоит из **оболочек - наружной (экзина) и внутренней (интина) и протоплазмы.**

Экзина выполнена **пектиновым веществом**, которое обладает исключительной стойкостью в отношении внешних воздействий и **сохраняется в ископаемом состоянии.**

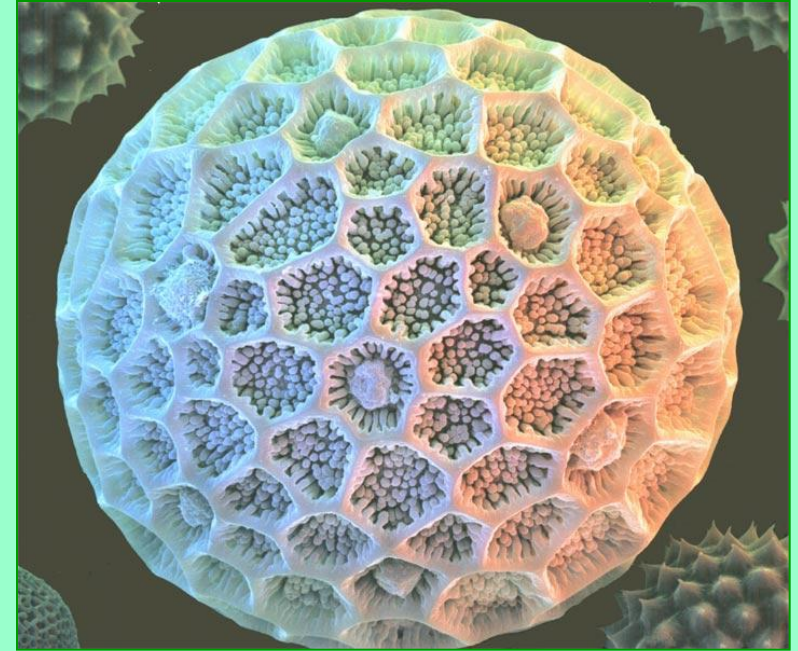
Интина и протоплазма в ископаемом состоянии не сохраняются.

Разнообразное строение экзин спор





**Ископаемая спора -
сохранилась только **экзина**
(наружная оболочка из
пектинового вещества)**



**Современная пыльца.
Видна **экзина** (наружная
оболочка), внутри
находится **интина**
(внутренняя оболочка) и
протоплазма**

Строение спор

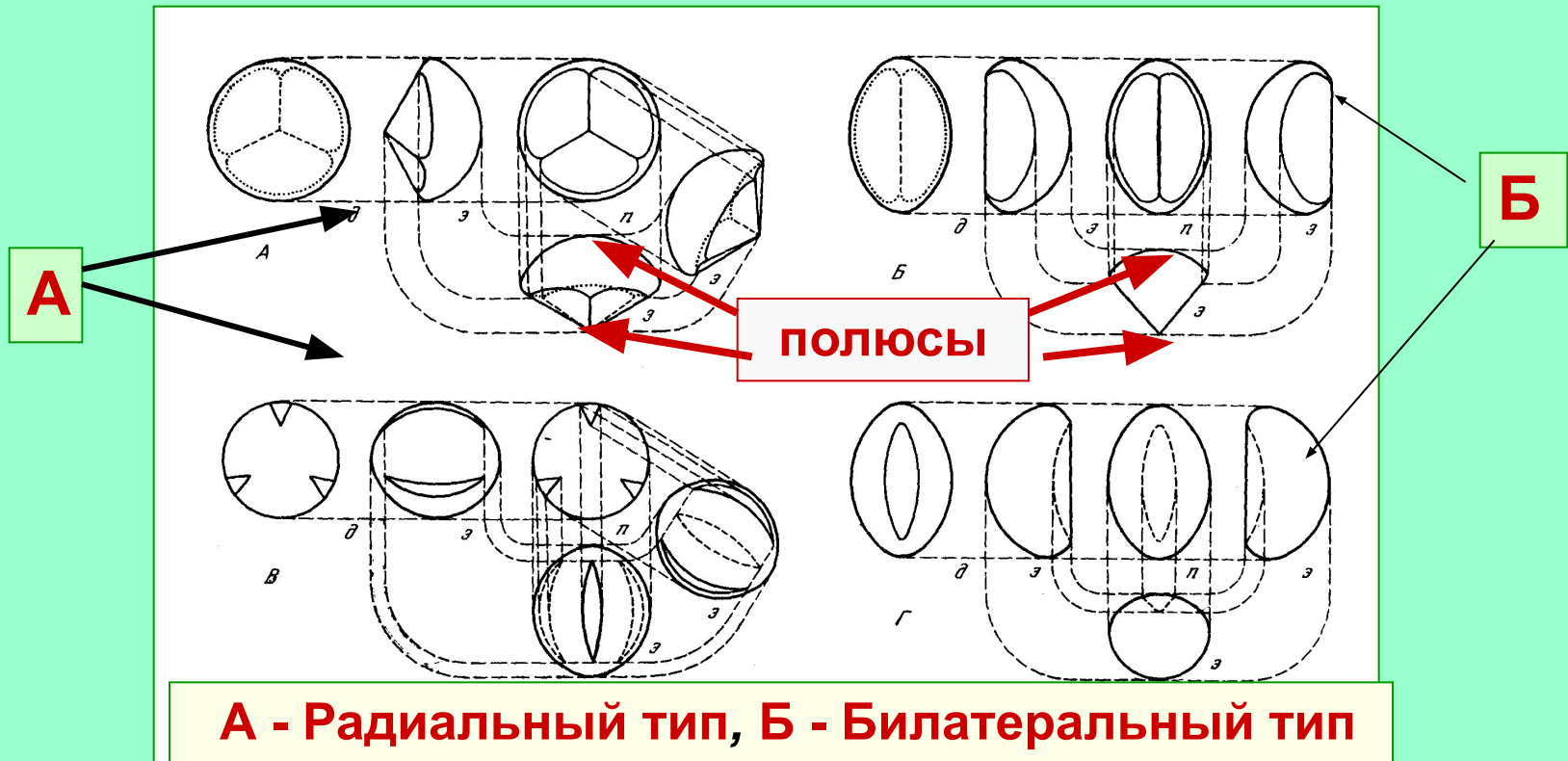
Материнская клетка всегда содержит 4 споры (**тетрада спор**).

Существует 2 типа расположения спор в зависимости от упаковки их в материнской клетке: **Радиальный** и **Билатеральный** типы

А - Радиальный тип, когда споры образуются в виде четырех **шарообразных тетраэдров**. При этом **три** внутренние стороны каждой споры **уплощены**, т.к. соприкасаются с соседними спорами, четвертая - наружная сторона каждой споры остается свободной и **выпуклой**.

Б - Билатеральный тип (двусторонний), когда споры залегают четырьмя удлинненными **сферическими секторами**. Каждая спора соприкасается с соседними **двумя** сторонами, подобно дольке апельсина. Эти стороны являются **уплощенными**, а третья сторона – **выпуклой**.

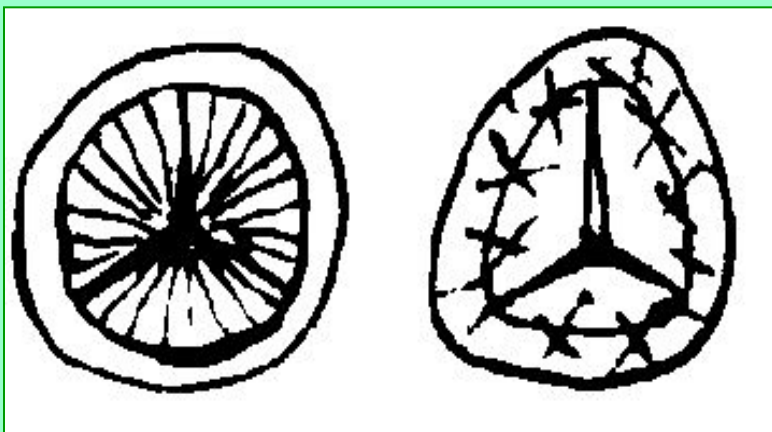
Типы распада тетрады спор на отдельные споры



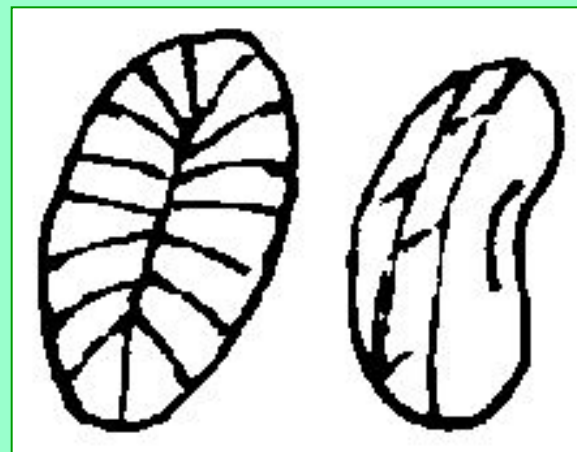
В каждой споре можно различить две крайние точки - **два полюса**: внутренний, обращенный к центру тетрады, и наружный, расположенный на наружной стороне. **К внутреннему полюсу подходят гребни, которые образуются на местах соприкосновения соседних спор.**

При радиальном строении каждая спора у внутреннего полюса имеет **три гребня или рубца** на местах соприкосновения с соседними спорами. В дальнейшем рубцы во время созревания лопаются и превращаются в **трехлучевую щель**, которая и является местом прорастания споры.

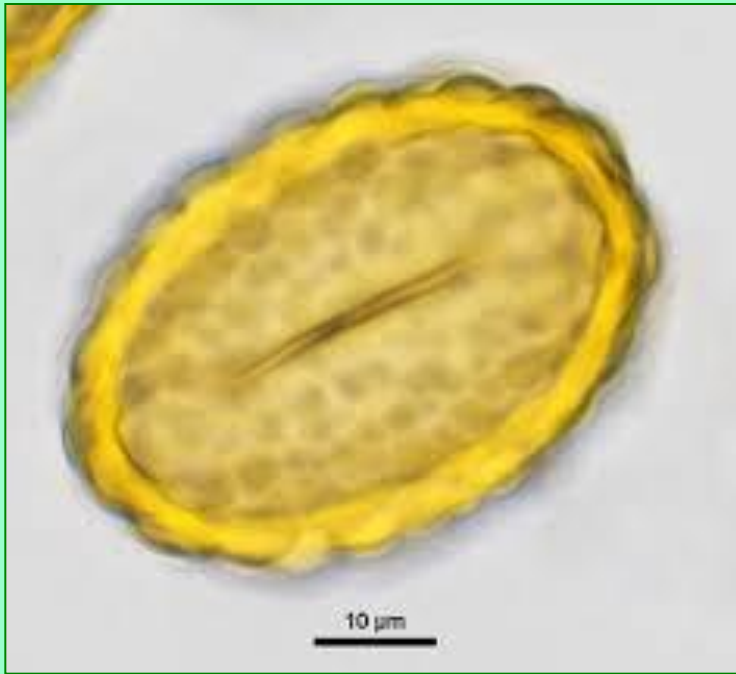
При билатеральном типе формирования спора имеет один **линейный гребень**, который в дальнейшем превращается в **однолучевую щель**.



Спора с **трехлучевой щелью**

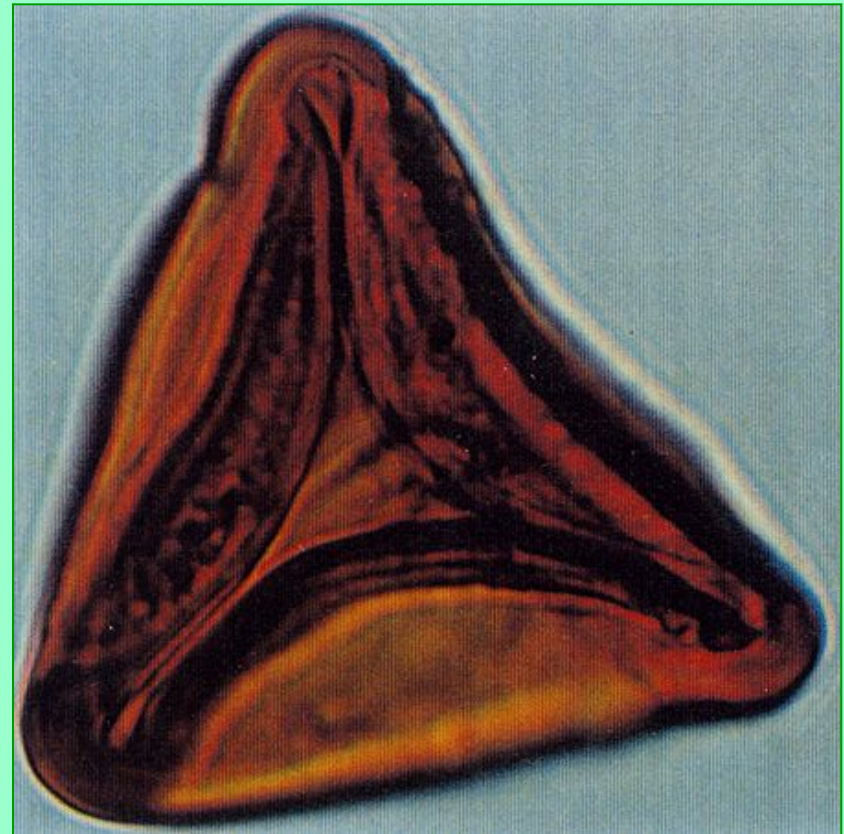


Спора с **однолучевой щелью**



Спора однолучевая

Спора с *трехлучевой щелью*





Споры с
трехлучевой
щелью

Внешняя поверхность экзины - гладкая или с различными скульптурными выростами – бугорками, шипами, сетками, ямочками.

Экзина бывает **однослойная** и реже – **двухслойная**. **Щель разverzания** является важным морфологическим признаком спор. **В зависимости от степени созревания споры щель разverzания может быть разной длины – доходить до контура споры или составлять половину его радиуса.**

Щель бывает **простая и окаймленная**. Окаймление щели зависит от толщины и скульптуры экзины: тонкая и нежная экзина может отвернуться и образовать **кайму вокруг лучей щели**.



*Несозревшая спора с
трехлучевой неразверзлой щелью*

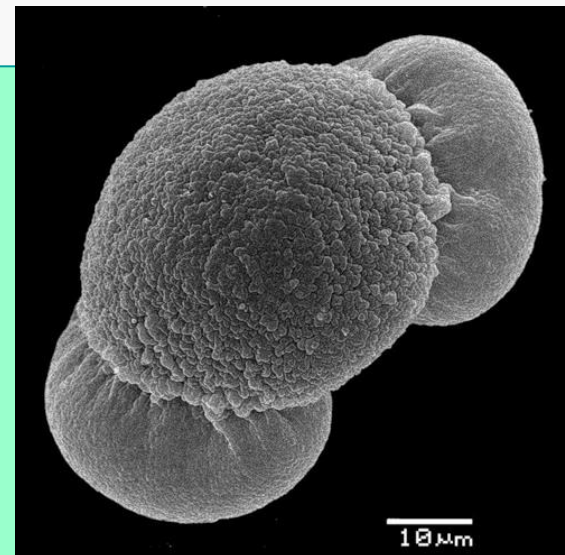


*Созревшая спора с
каймой вокруг
трехлучевой
разверзлой щели*

РАЗНОСПОРОВЫЕ (семенные) РАСТЕНИЯ

У семенных растений существуют **макроспоры (женские)** и **микроспоры (мужские) – пыльца (пыльцевые зерна)**

Макроспоры образуются на одной из макроспорангий (**пестике**) и остаются вместе с ним на материнском растении. На макроспорангий каким-либо способом переносится микроспора вместе с мужскими гаметами.



Пыльцевые зерна (микроспоры)

После оплодотворения происходит развитие нового растения (спорофита**) – семени, содержащего зародыш и запасы питательных веществ. Это семя, отделившись от материнского растения и попадая в подходящую среду, прорастает и дает новое растение.**

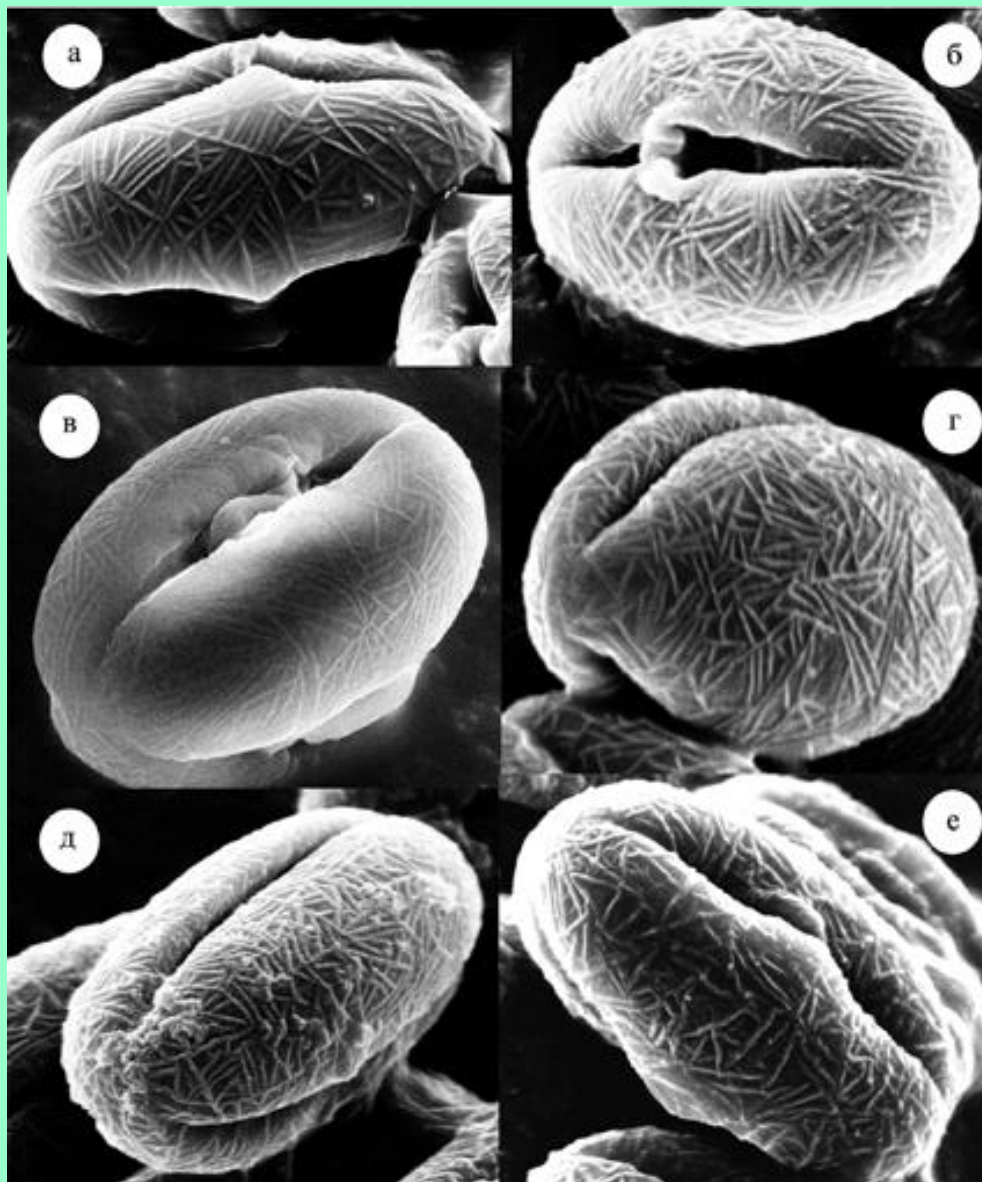
Для рассеивания и распространения семенных растений служат не споры, а семена.

Бесполого размножения спорами у семенных растений нет.

Пыльцевые зерна семенных растений при своем формировании проходят стадию деления, в результате которого в каждой материнской клетке образуется по 4 микроспоры, соединенные в тетраду. При созревании тетрада распадается на отдельные клетки – собственно пыльцевые зерна.



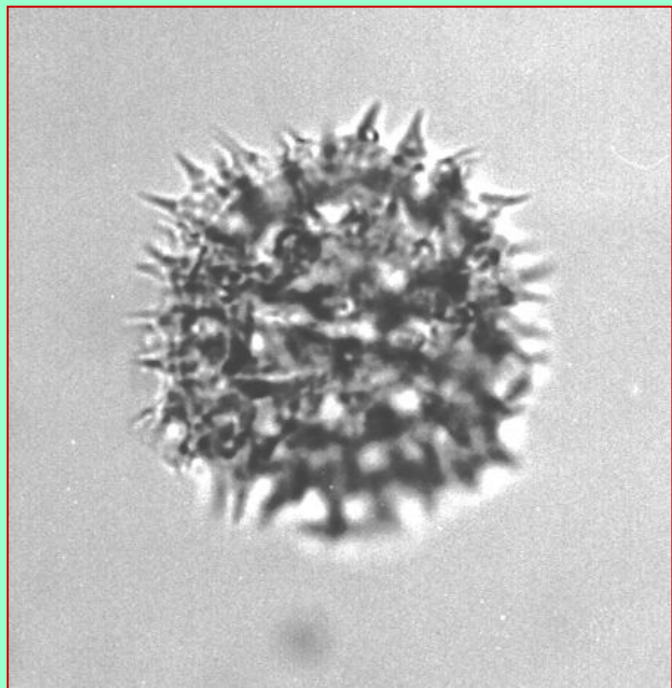
Пыльца хвойных растений



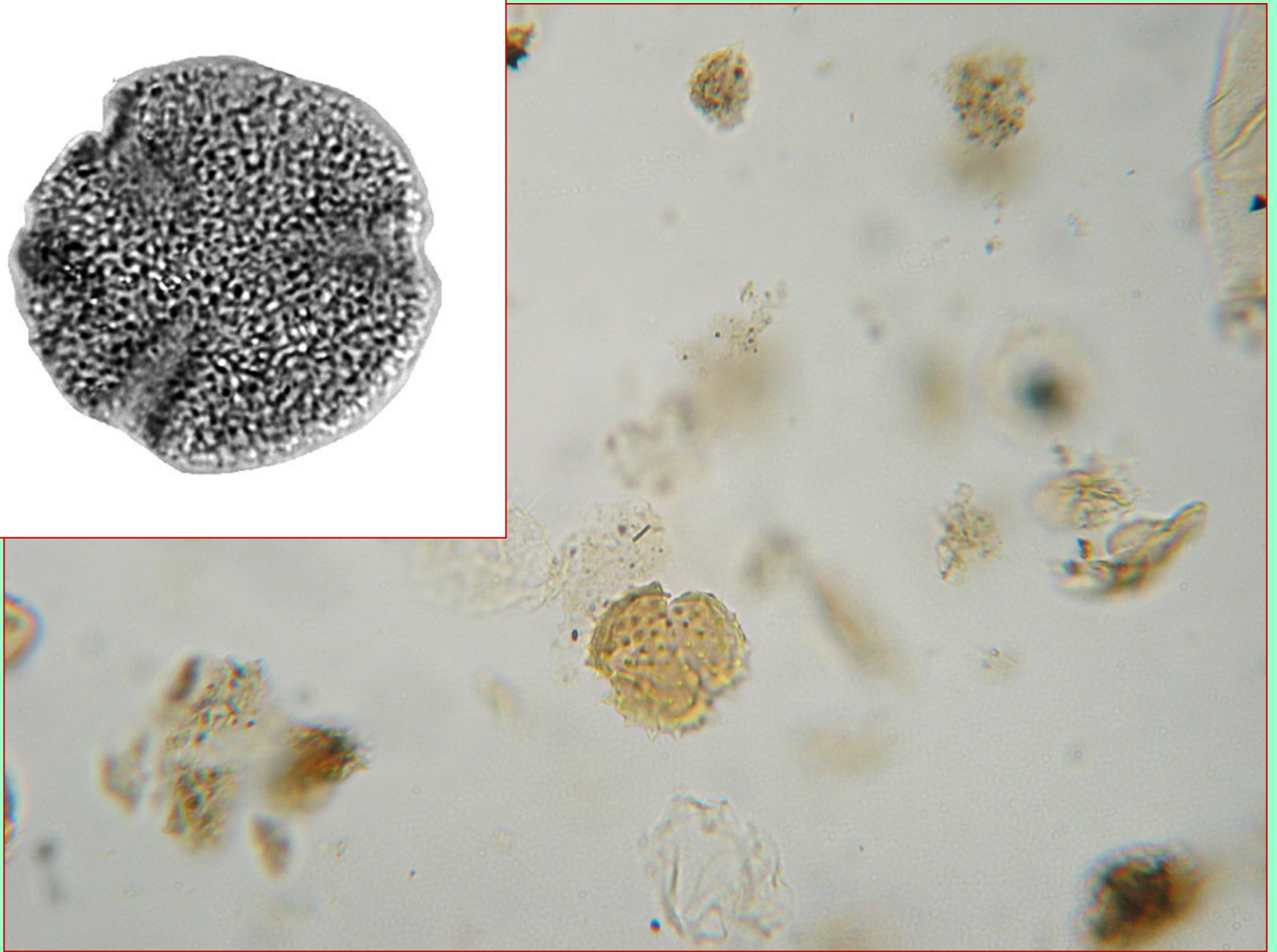
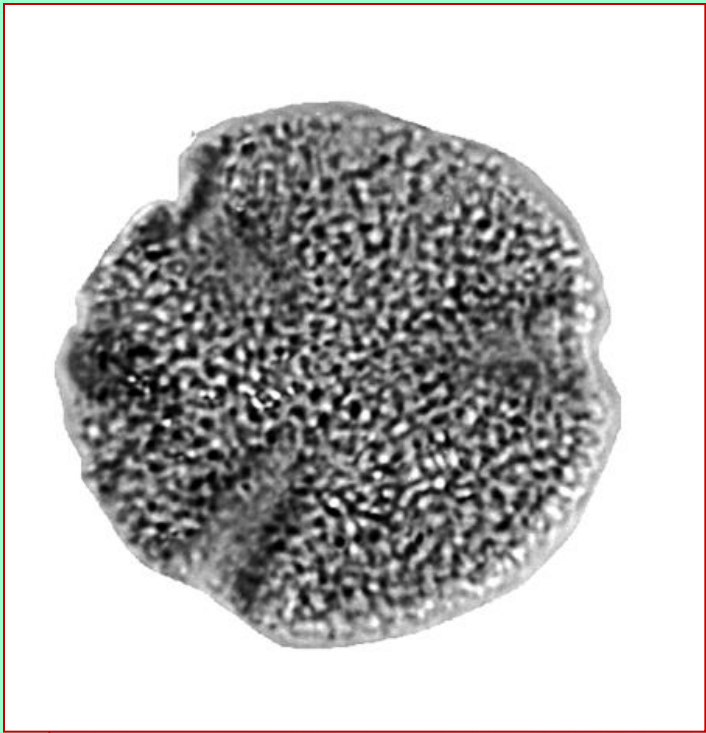
**Строение пыльцевых зерен,
сканирующий электронный
микроскоп**

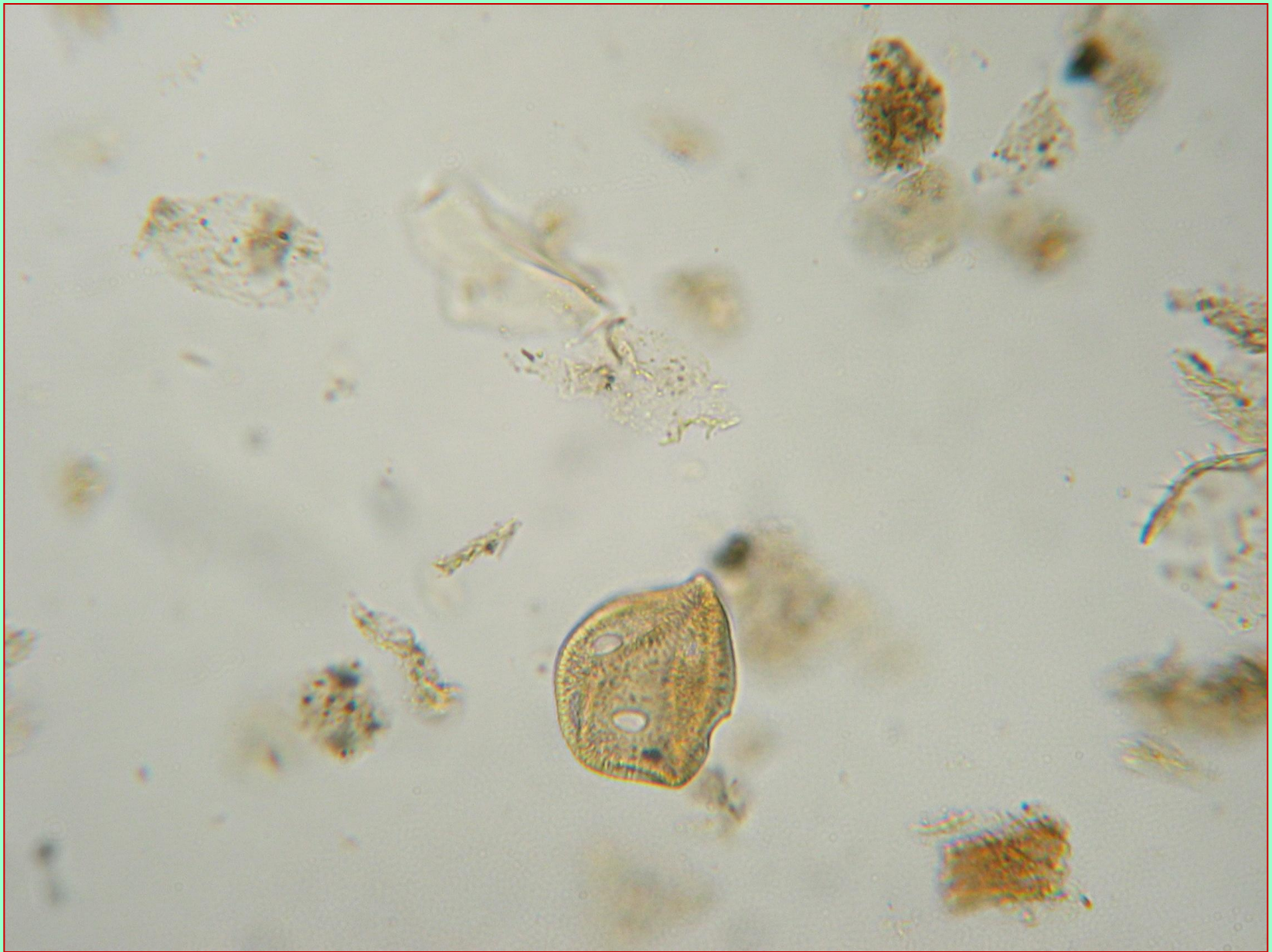


**Пыльца
(микроспоры,
пыльцевые зерна)
покрытосеменных
растений**



Пыльца травы





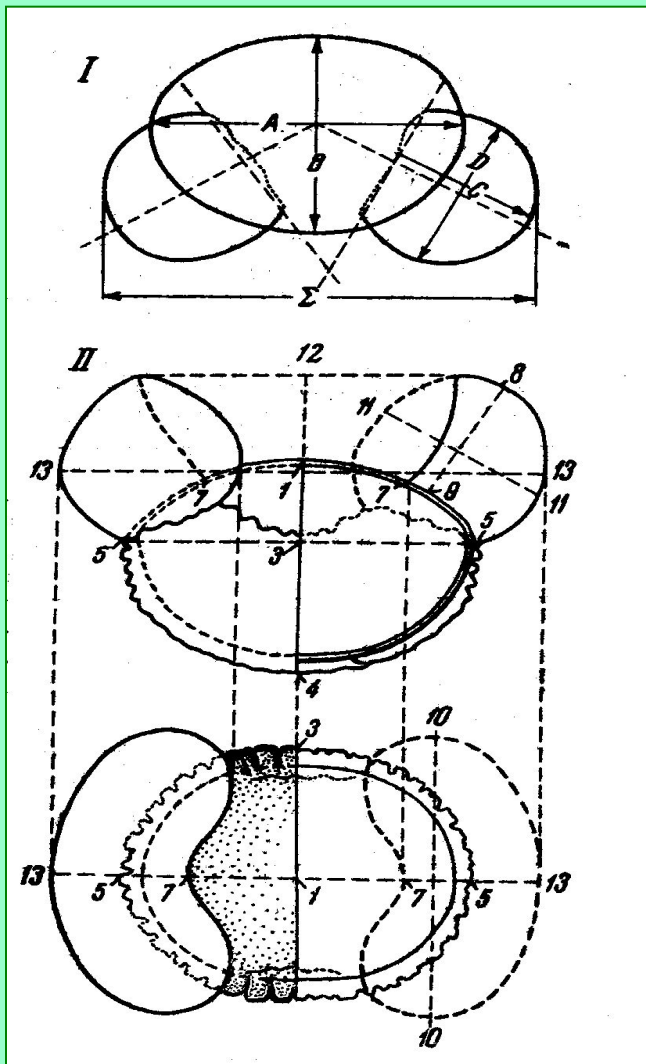
Препарат с пыльцой покрытосеменных растений.

По своему строению пыльцевые зерна голосеменных растений бывают безмешковые и с воздушными мешками.

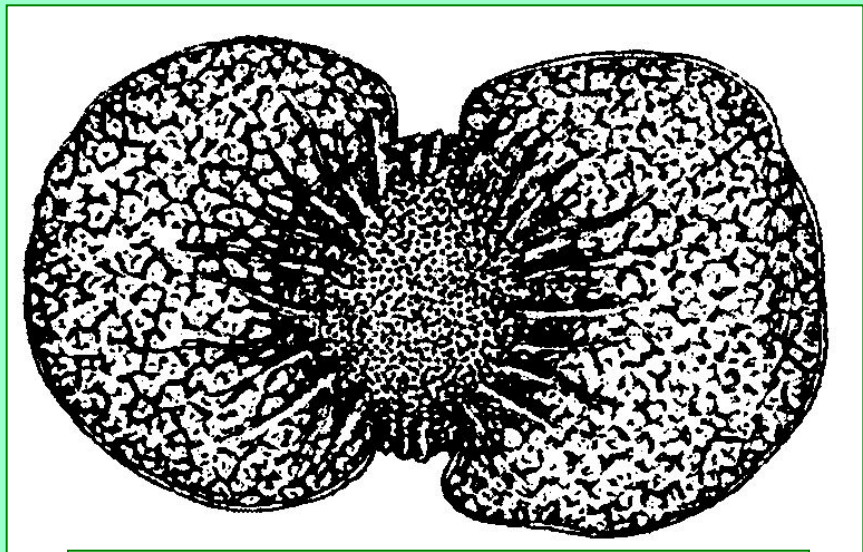
В строении пыльцы различают следующие элементы:

- **Оболочки:** наружная - кутинизированная экзина и внутренняя - пектиновая интина. Последняя обычно не сохраняется в ископаемом состоянии. **Экзина** бывает двух и трехслойной. Ее наружная часть обычно имеет скульптуру.
- **Борозда** – утонченная часть экзины, имеющую форму желобка. Из него прорастает пыльцевая трубка и пыльцевое зерно.

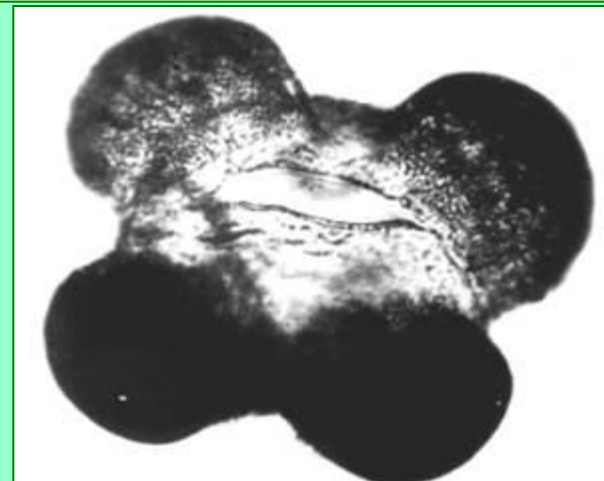
- **Поры** - отверстия в экзине, являющиеся местом выхода пыльцевой трубки.
- **Воздушные мешки** – выросты наружного слоя экзины; их количество от 2 до 6, но есть исключение – **род Taiga** с одним круговым мешком. Мешки могут быть тонкие вуалевидные или раздутые расправленные. По форме – полушаровидные больше или меньше полуокружности. Могут иметь сетчатый орнамент.
- **Щит или диск** – утолщенная часть экзины на проксимальной стороне пыльцевых зерен.



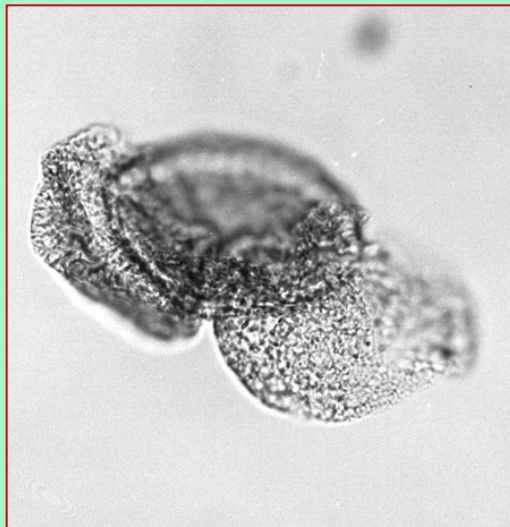
**Схема изменений
различных элементов
пыльцевых зерен с двумя
пыльцевыми мешками**



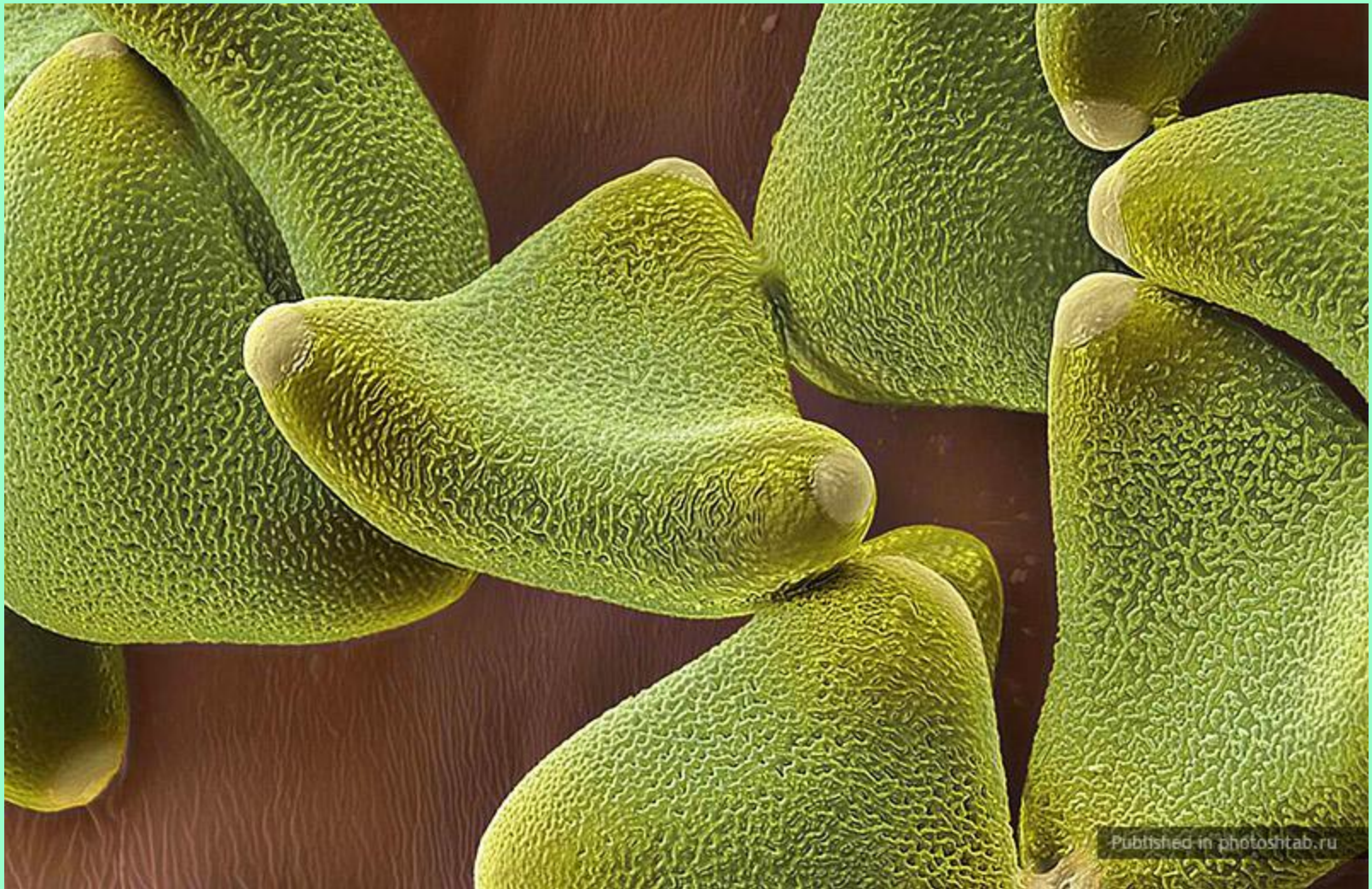
**Ископаемое пыльцевое
зерно голосеменных
растений с двумя
пыльцевыми мешками**



Пыльца с 4-мя мешками



Разная сохранность пыльцевых двухмешковых зерен



Безмешковая современная пыльца треугольной формы

Стратиграфическое применение палинологии

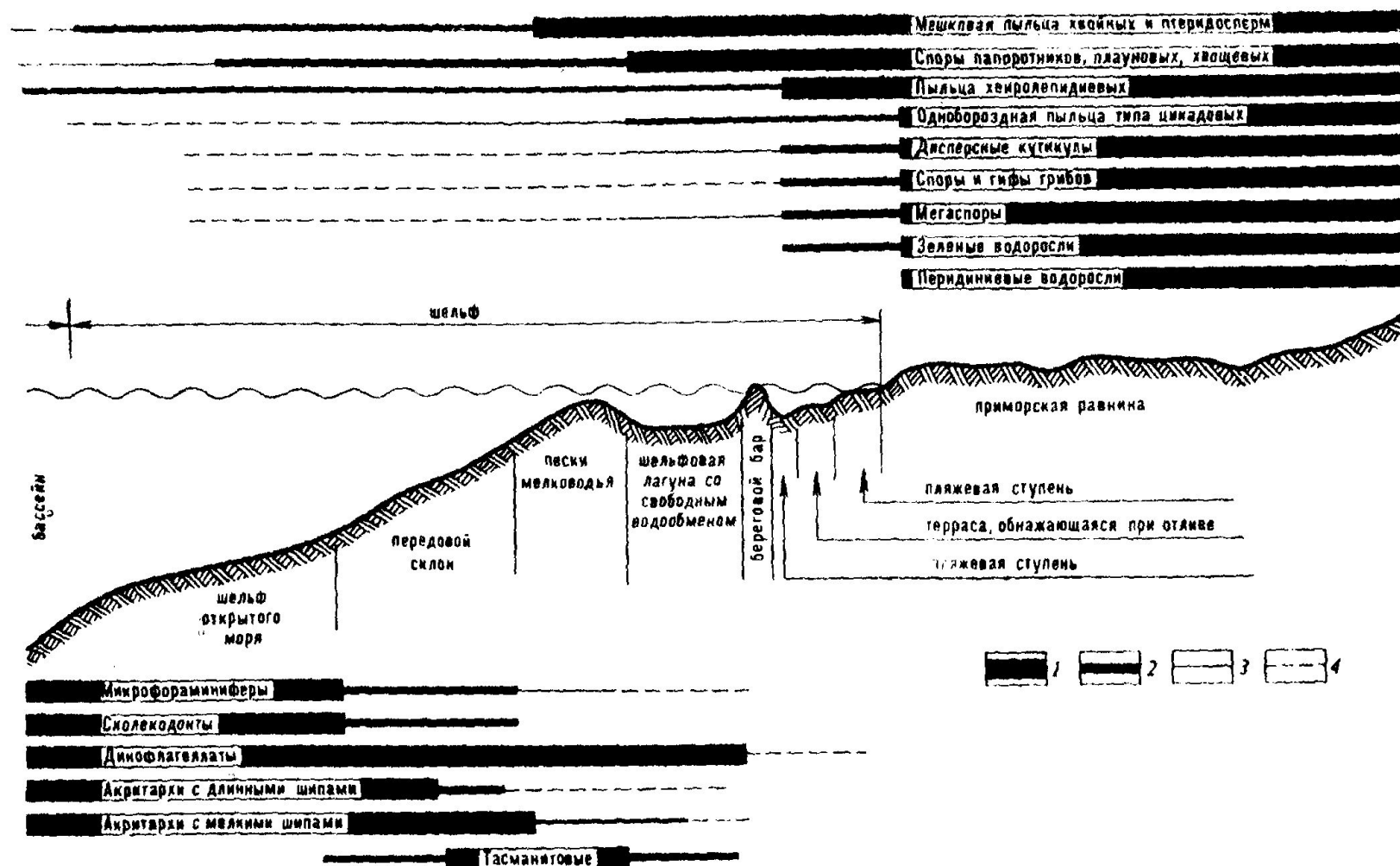
Ископаемые споры и пыльца встречаются обычно в большом количестве в отложениях разного генезиса: от **континентальных** до **морских** и даже **вулканогенных образований**.

- **Палеопалинология** занимает ведущее положение при расчленении и датировке разрезов **континентальных отложений**. Часто в этих толщах споры и пыльца являются единственными органическими остатками, пригодными для целей биостратиграфии.
- **Палеопалинология** успешно используется для сопоставления **континентальных, лагунных и морских** отложений.
- **Цвет** ископаемых спор и пыльцы часто зависит от уровня катагенеза органического вещества (как у конодонтов). Цвет можно использовать для **определения степени метаморфизма** пород и **сохранности УВ**.

Основным методом палинологии является спорово-пыльцевой анализ. Он основан на **определении, регистрации и статистическом учете** комплексов ископаемых спор и пыльцы.

Обилие спор и пыльцы в палинологическом препарате позволяет создать количественную оценку отдельных видов.

Экспериментальным путем было установлено, что подсчет спор и пыльцы в одной пробе на примере 200 произвольно взятых экземпляров позволяет получить таксономическую характеристику, достаточно полно отражающую видовой состав в данной пробе.



Распределение основных групп микрофоссилий по геоморфологическому профилю суша—шельф—бассейн. По М. А. Петросьянц (1984 г.)

Количественное содержание микрофоссилий: 1 — обильно, 2 — много, 3 — мало, 4 — единично

Признаки палинологического комплекса из морских отложений

Палинокомплекс из морских отложений всегда **аллахтонный**, в нем **нет доминантов**. В его составе присутствует много спор, отличающихся высокой способностью к переносу воздухом и водой, а также спор, продуцируемых растениями, растущими на берегу бассейна.

В комплексе из морских отложений вместе со спорами могут присутствовать **акритархи, динофлагелляты и другие морские микрофоссилии**.

Палинокомплекс из континентальных отложений

может быть как **автохтонный**, так и **гипаллохтонный**.

Автохтонный комплекс характеризуется относительно небольшим видовым разнообразием, зато с явным доминированием спор той растительности, на месте которой он сформировался.

Гипаллахтонный комплекс - более разнообразный по составу, но в количественном отношении представлен 2-3 субдоминантами.

Состав **палинологических комплексов** отражает эволюцию растительности.

Для **девонских и большей части каменноугольных отложений** характерны спорово-пыльцевые комплексы, в составе которых **доминируют споры**.

В **пермских и особенно в триасовых и юрских** – возрастает роль пыльцы **голосеменных растений**. Начиная с **мела** – появляется, затем увеличивается и доминирует **пыльца покрытосеменных**.

В настоящее время создается шкала биостратиграфических зон по **макроскопическим остаткам растений**.

Неоген-квартер	 1 ⁻  2 ⁻  3 ⁻  4 ⁻  5 ⁻  6 ⁻
Палеоген	 1  2  3  4  5  6  7  8
Мел	 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10
Юра	 1  2  3  4  5  6  7  8
Триас	 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15
Пермь	 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20
Карбон	 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16
Девон	 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**Наиболее характерные
спорово-пыльцевые
комплексы в
интервале от девона
до современности**

Биостратиграфические подразделения спорово-пыльцевого анализа

Спорово-пыльцевой спектр – это статистическая палинологическая характеристика конкретного слоя. Она отражает состав растительности в данной области во время накопления этого слоя.

Спорово-пыльцевой комплекс - это последовательный вертикальный ряд спорово-пыльцевых спектров с близким количественным соотношением основных элементов и сходным составом характерных и руководящих видов. Он характеризует определенный интервал разреза и отражает этап развития растительности в данной местности и в данное время.

Палинозона – это биостратиграфическая зона, установленная по смене состава характерного комплекса спор и пыльцы и отвечающая определенному **этапу развития** растительности в пределах биогеографической области

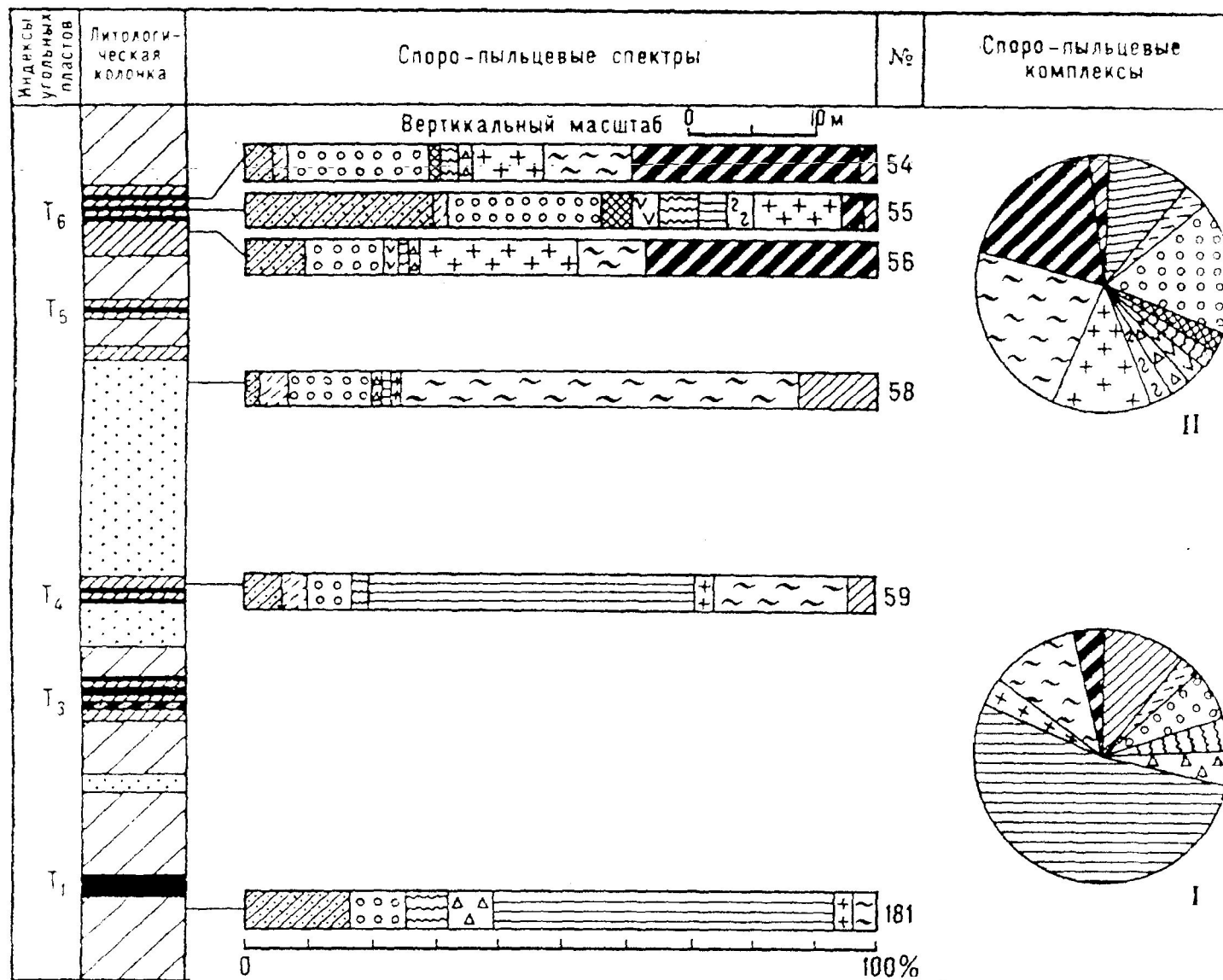


Схема расчленения угленосных отложений карбона Карагандинского угленосного бассейна

Методика извлечения спор и пыльцы

При сборе образцов в полевых условиях следует соблюдать **максимальную аккуратность**, исключающую занос современных спор и пыльцы из других геологических интервалов.

Извлечение спор и пыльцы происходит в результате физико-химической обработки пород в лабораторных условиях. Методика зависит от состава вмещающих пород.

Для извлечения спор и пыльцы

- 1) **из торфа** применяется **щелочная методика Поста**,
- 2) **из рыхлых пород** – **сепарационная методика Гричука**,
- 3) **из углей и плотных пород** – **методика мицерации Вальц**,
- 4) **из метаморфизованных пород** – **методика обработки плавиковой кислотой**.

Пыльца
сосны

Пыльца
незабудки

Пыльца
тыквы

Пыльца различных растений имеет разную окраску.