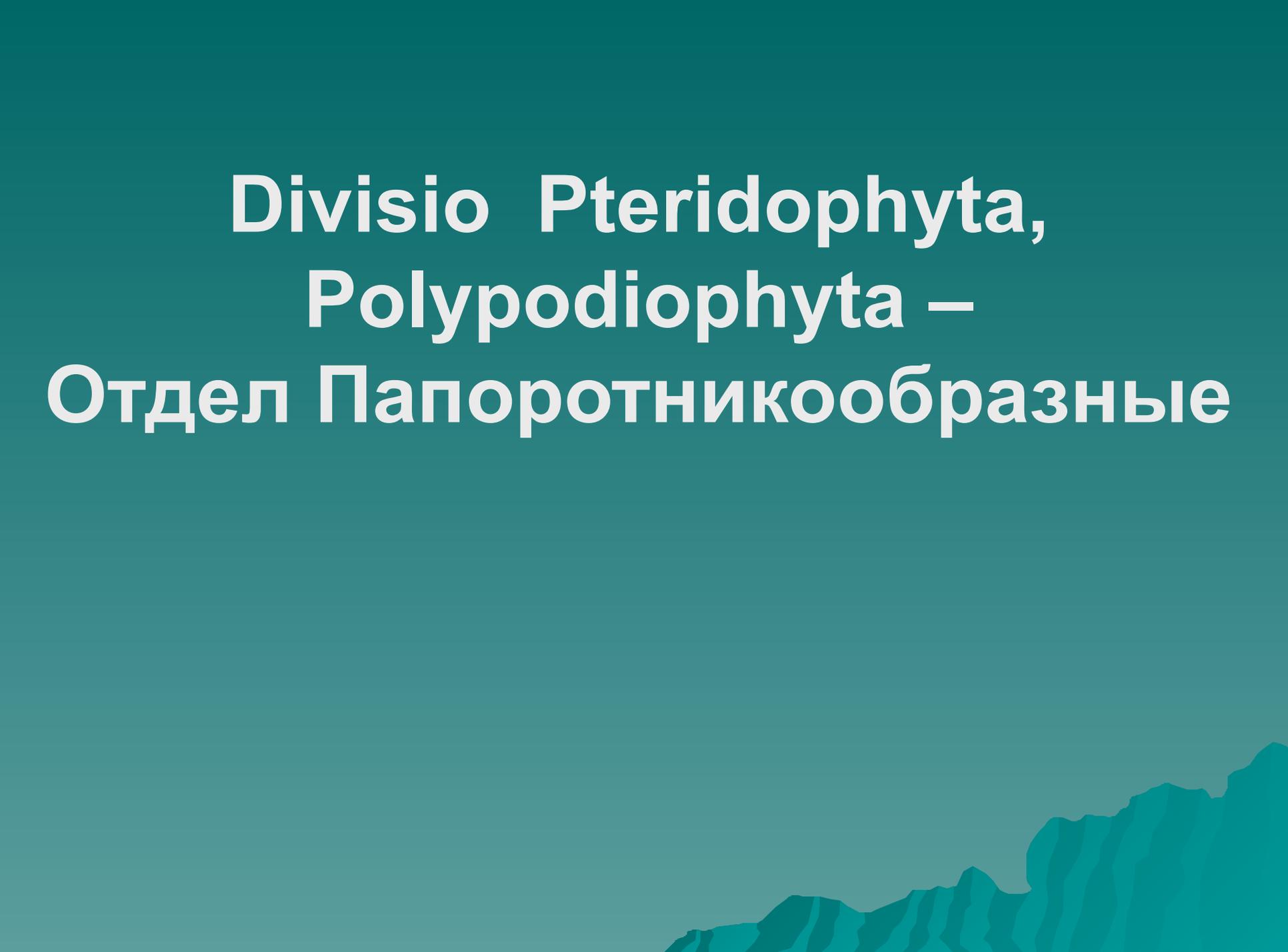


**Divisio Pteridophyta,
Polypodiophyta –
Отдел Папоротникообразные**

The background is a solid teal color. In the bottom right corner, there is a stylized silhouette of a mountain range with jagged peaks, rendered in a slightly darker shade of teal.

Общая характеристика

1) Возникли в девоне, расцвет – в конце палеозоя - начале мезозоя, входили в состав каменноугольных лесов. Численность в настоящее время – более 10 000 видов из 300 родов

2) Распространены по всему земному шару, на всех континентах, наибольшее видовое богатство – в тропических и субтропических лесах

3) Разнообразные местообитания

- Леса
- Берега водоёмов
- Водоёмы
- Болота
- Скалы
- Стволы и ветви деревьев (эпифиты)



Сальвиния
плавающая



Marsilea quadrifolia



ADIANTUM CAPILLUS VENERIS



Asplenium ruta-muraria

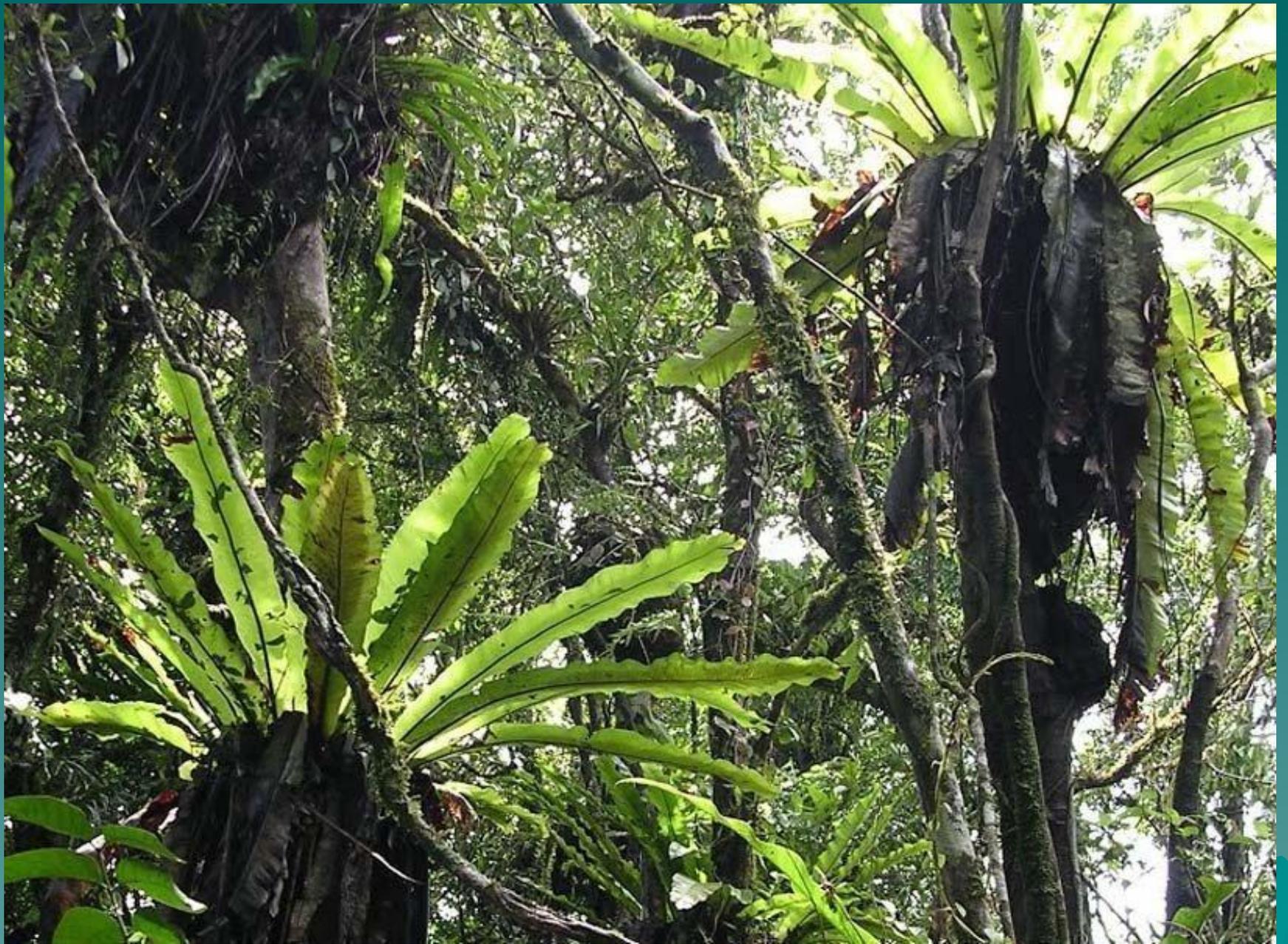


Платицериум (плоскорог) – *Platycerium*



Эпифиты

- живут при дефиците влаги
- имеют плотные, кожистые, опушенные листья
- способность поглощать влагу из атмосферы



Asplenium nidus – Асплениум гнездовой

Общая характеристика

4) Размеры от нескольких мм до 5-10 м



Photo by Phil Bendle



*Trichomanes
reniforme*



Angiopteris evecta

- Образует густые заросли
- Имеет клубневидные стебли в диаметре до 1 м и листья 5-6 м длиной

Общая характеристика

5) Разнообразные жизненные формы

- Травянистые растения (длиннокорневищные, короткорневищные розеткообразующие)
 - Лианы (тонкие длинные стебли, изогнутые черешки, шипы на листьях, придаточные корни на стеблях, листовые лианы)
 - Древовидные
- 



Gymnocarpium robertianum



Thelypteris palustris



Athyrium filix-femina



Рис. 13.3. Мужской папоротник — *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott.

1 — корневище с развивающимися листьями, 2 — лист, 3 — нижняя сторона дольки листа со спорадиями.



Lygodium





Dicksonia antarctica

1 cm

Циатея серебристая

- Циатея серебристая - эндемик и неофициальный символ Новой Зеландии.
- Древовидный папоротник высотой до 10 м. Древесное волокно папоротника ядовитое. Маори в прошлом использовали его для обработки кончиков копий.



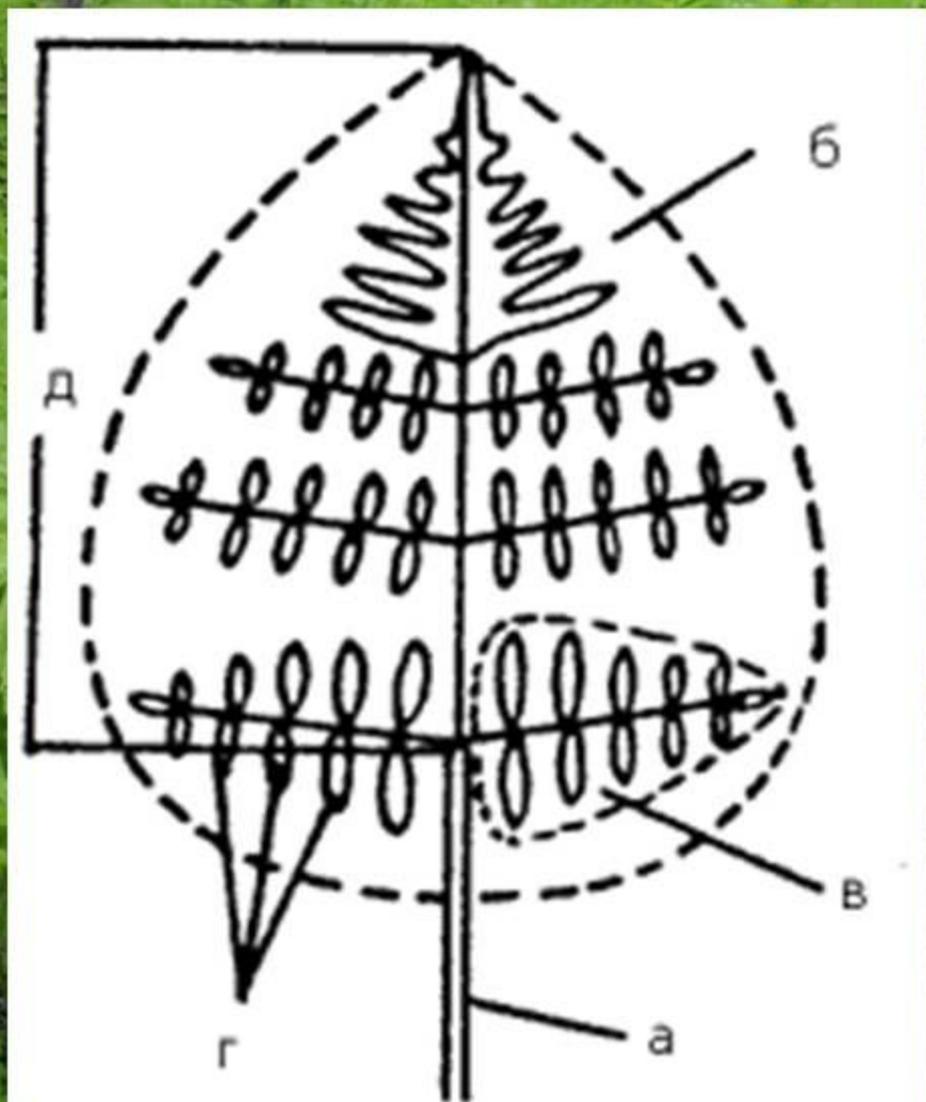
Общая характеристика

б) Макрофильная линия эволюции

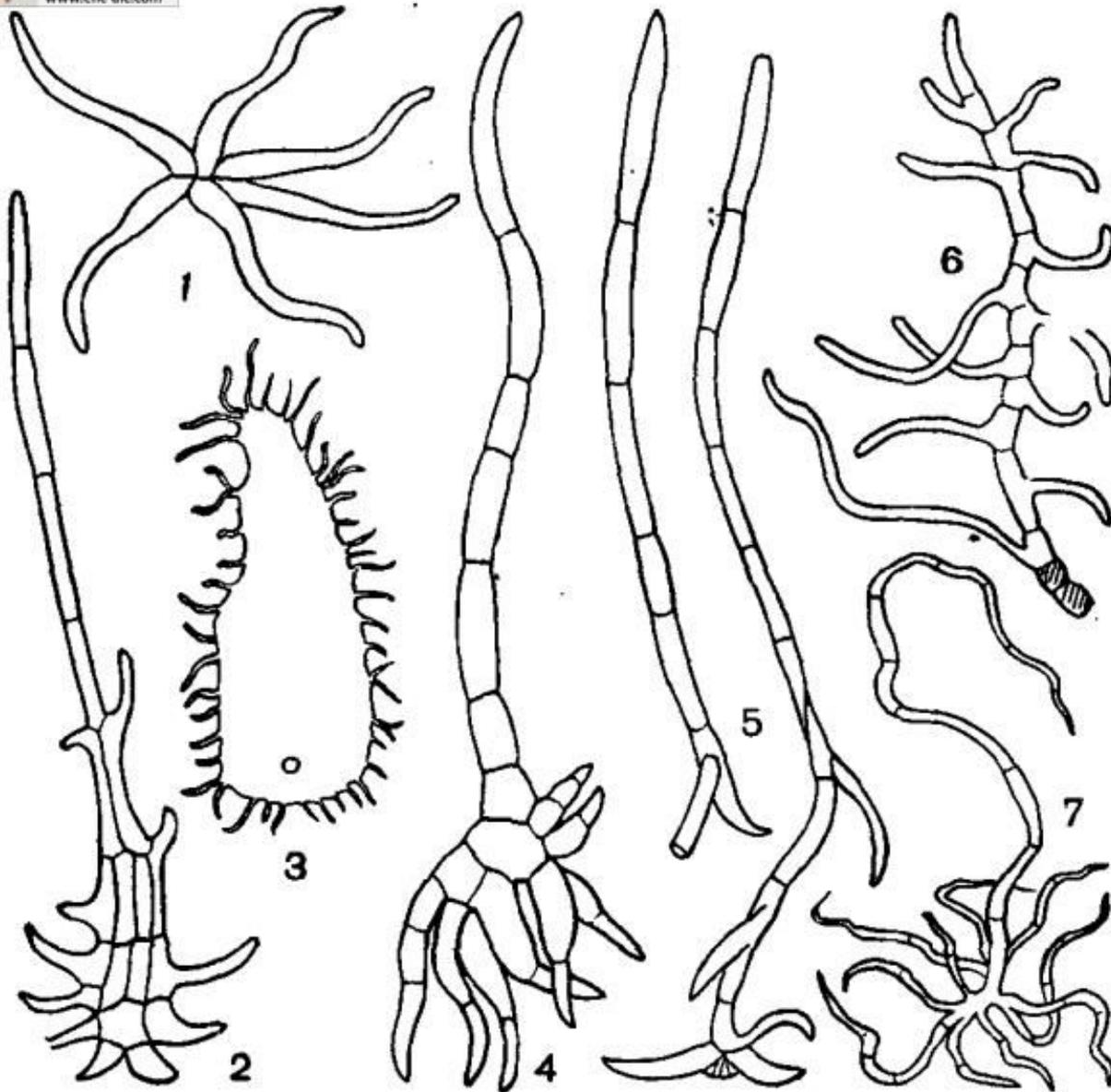
Особенности вайи:

- Синтеломное происхождение
- Верхушечный рост
- Дорзовентральное строение
- Образование в проводящей системе стебля листовых лакун – листовых прорывов в месте вхождения проводящих пучков в стебель
 - Имеют филлоподий, черешок, рахис и листовую пластинку (перо, пёрышки)
 - Три типа вай – диморфизм (2 типа вай – трофофилы и спорофилы), одна вайя с функциями фотосинтеза и спороношения, диморфизм частей вай

Схема строения вайи папоротника:



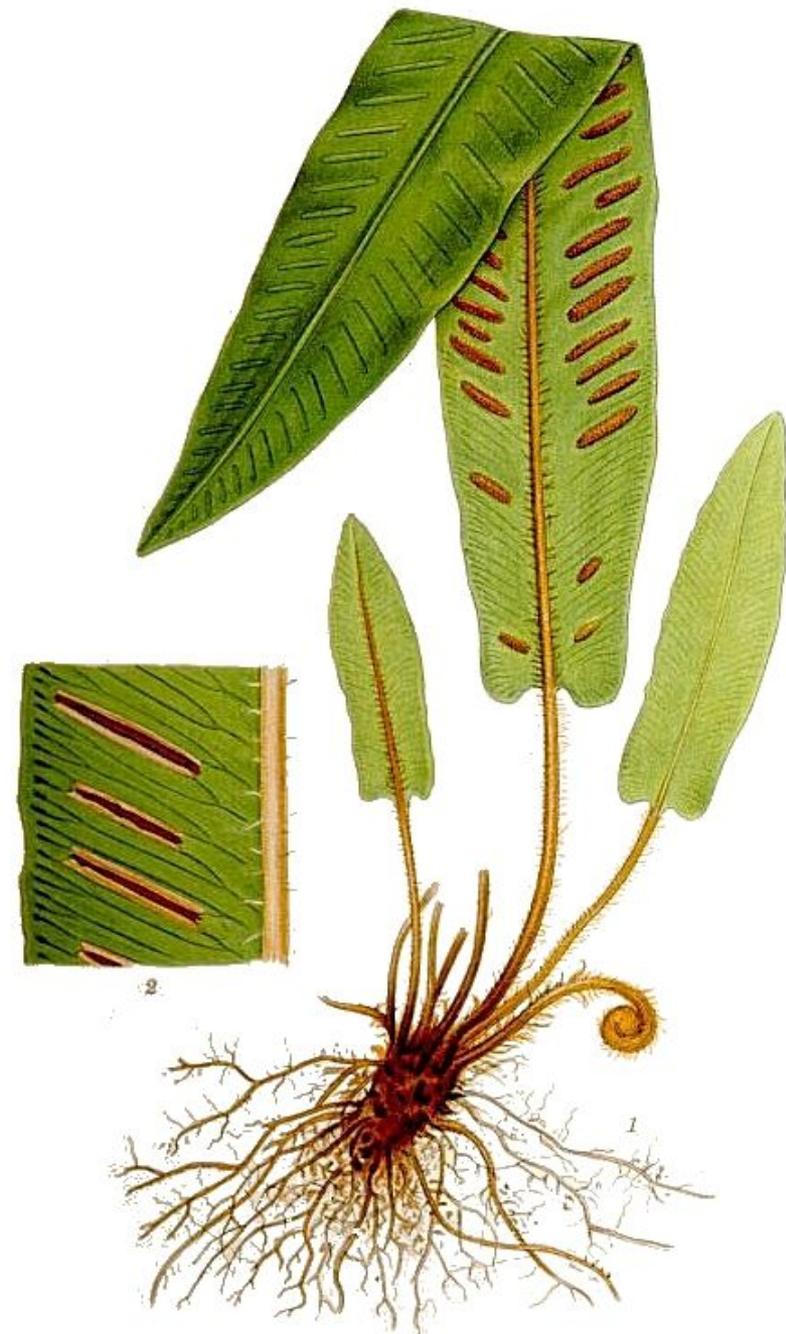
- а — черешок; б — пластинка листа (пунктиром); в — перо первого порядка; г — перья второго порядка, или перышки; д — рахис



Волоски и чешуйки на листьях глейхениевых



Листовик сколопендровый



HJORTTUNGA, PHYLLITE. SCOLOPENDRIUM (L.) NEWM.

XXIV. 2. Polypodiaceae.

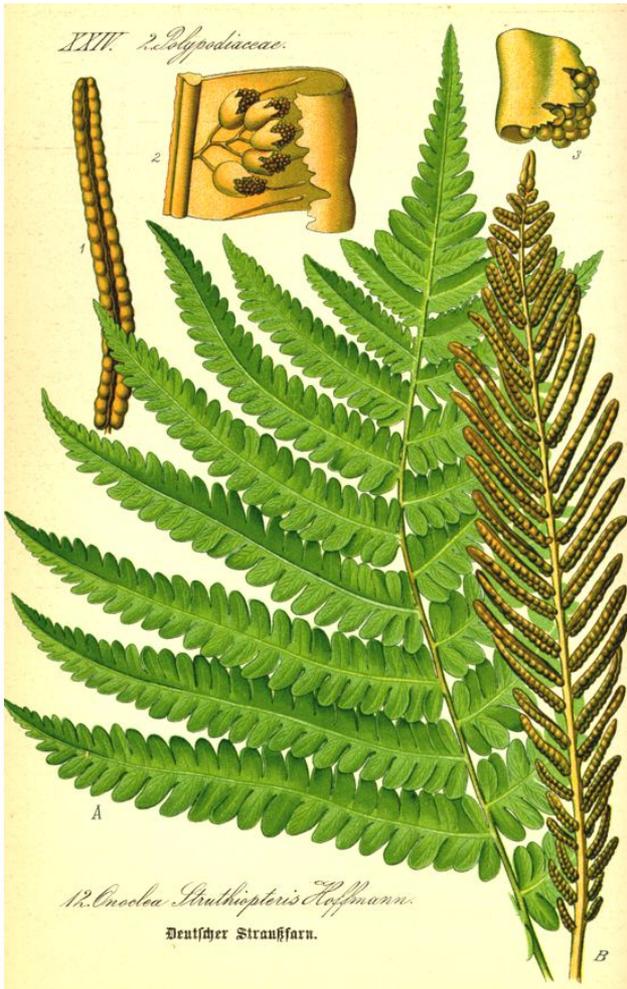


N. Cnocola Struthiopteris Hoffmann.

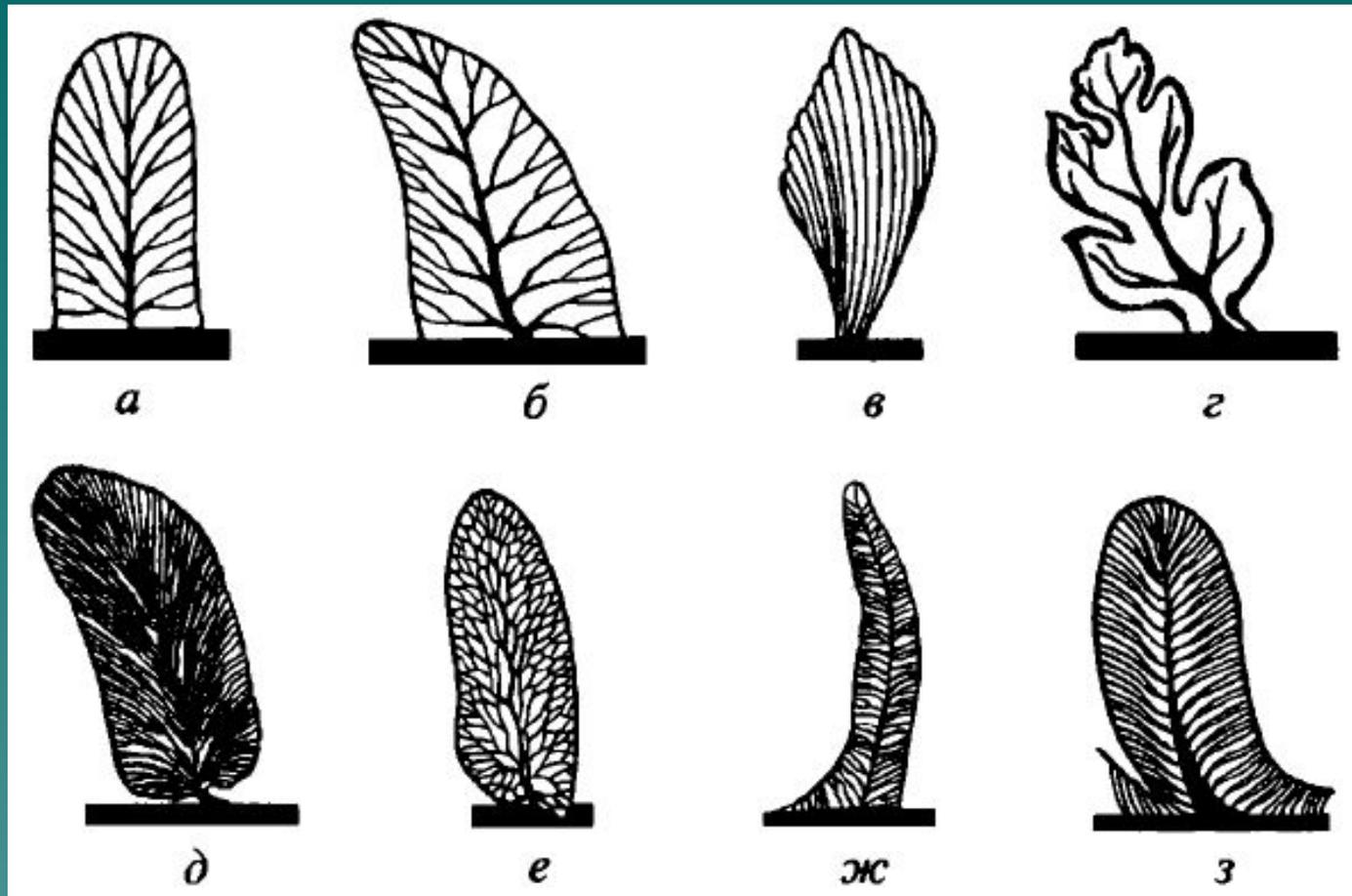
Deutscher Straußfarn.



Птерис



Типы прикрепления и жилкования листьев у папоротникообразных



а, б – пекоптероидный т.п., перистый т.ж.

в, г – сфеноптероидный т.п., параллельно-дихотомический, перистый т.ж.

д, е – невроптероидный т.п., веерный и сетчатый т.ж.

ж, з – алетоптероидный т.п., перистый т.ж.

7) Отсутствие стробилов. Спорангии собраны в сорусы. У мараттиевых срастаются с образованием синангиев.

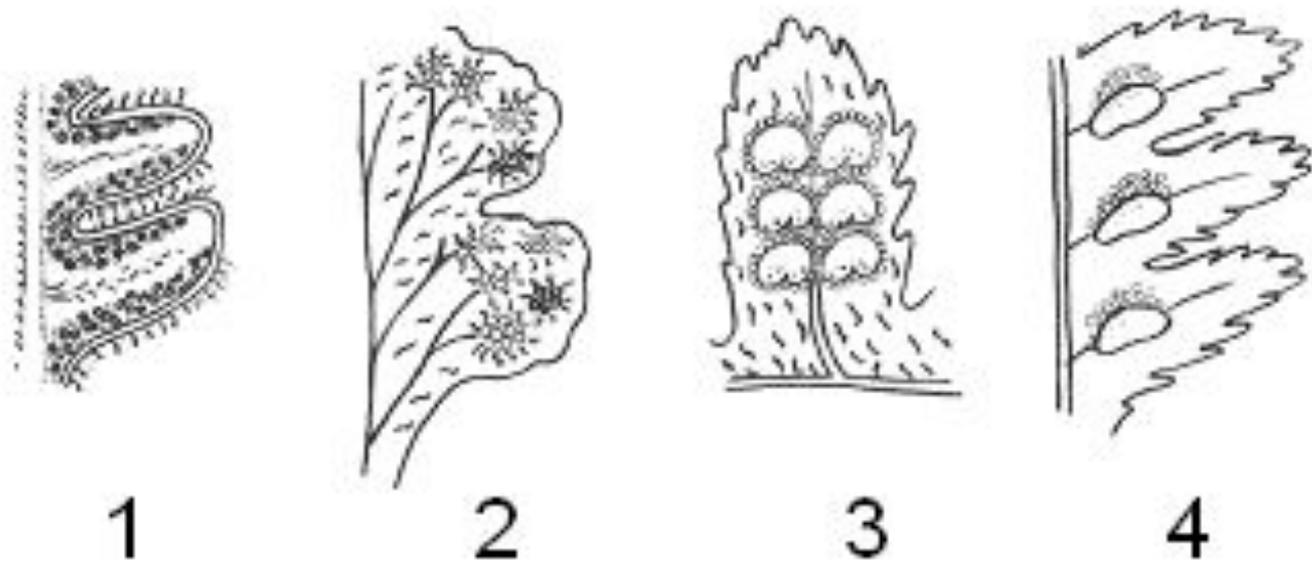
Преимущества расположения спорангиев на нижней стороне вайи:

- Надежная защита
- Улучшение питания
- Более равномерное рассеивание спор
- Большая поверхность для размещения и продуцирования спорангиев

Плацента – разрастание – продолговатая или шаровидная

Растянутое созревание и вскрывание спорангиев

Увеличение длины ножки спорангия



Расположение спорангиев и сорусов папоротников

1 – спорангии орляка (*Pteridium*); 2 – сорусы вудсии (*Woodsia*); 3 – сорусы с покрывальцем щитовника (*Dryopteris*); 4 – сорусы, встречающиеся у родов *Asplenium*, *Athyrium*, *Polypodium*.



По характеру заложения и строению стенки спорангия папоротники подразделяются на две группы



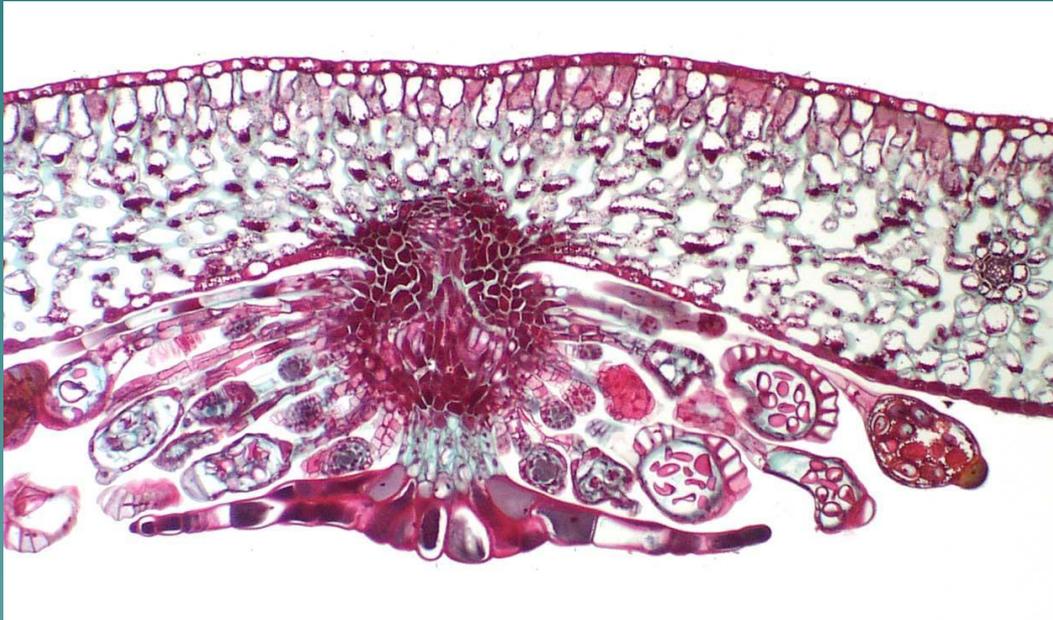
Лептоспорангиатные –
- спорангий возникает из одной клетки
- имеет однослойную стенку

Класс Polypodiopsida

Эуспорангиатные –
- спорангий возникает из группы клетки
- имеет многослойную стенку

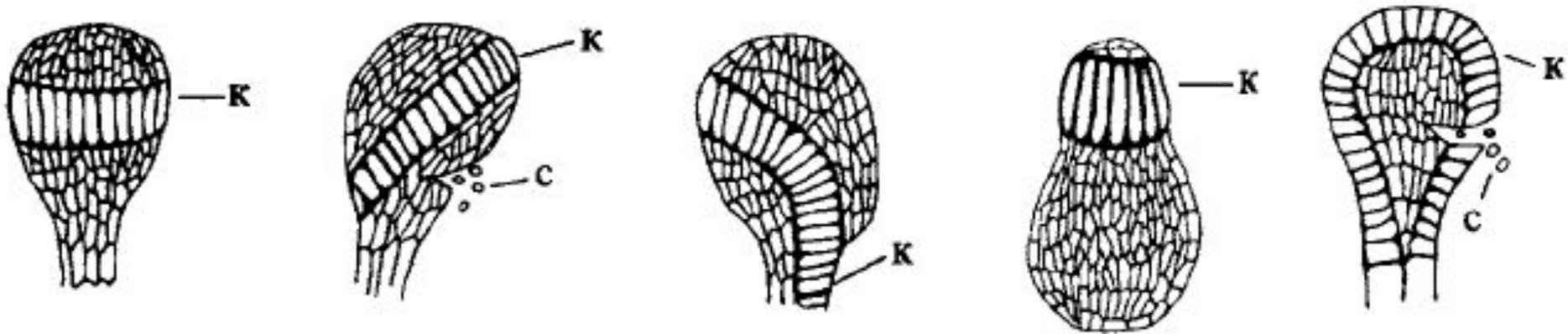
- Класс Marattiopsida
- Класс Ophioglossopsida

С порангии собраны в сорусы, или спорангии располагаются свободно вдоль края перышка спорофилла полосой. Сорусы могут быть **примитивные – симультанные** (с плоской плацентой и одновременным развитием спорангиев), **продвинутые – градатные** (выступающая плацента и последовательное базипетальное развитие спорангия), **смешанные** (спорангии развиваются неодновременно без определённого порядка)



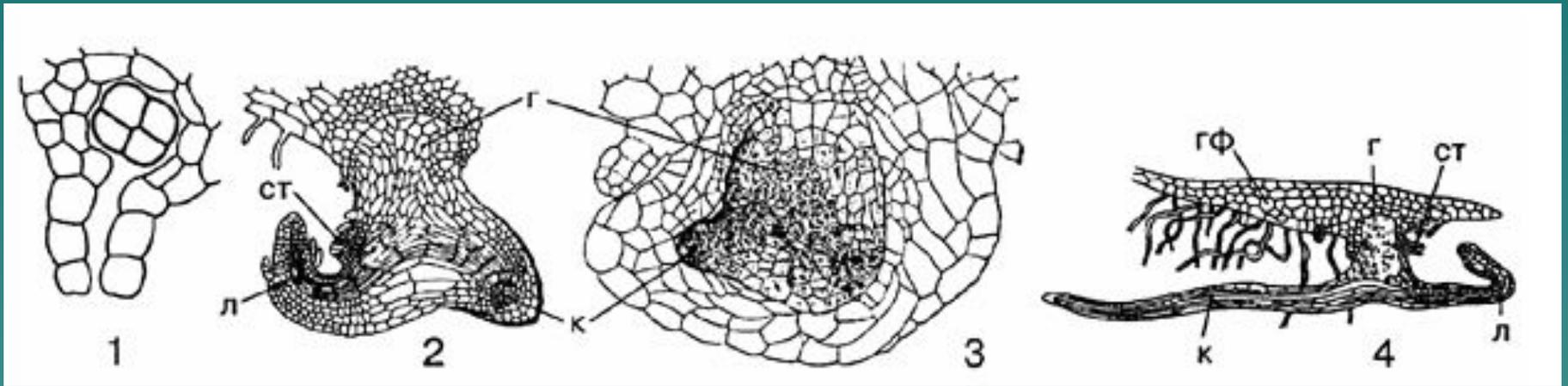
Птерис длиннолистный –
Pteris longifolia

Эволюция расположения кольца у папоротникообразных



Общая характеристика

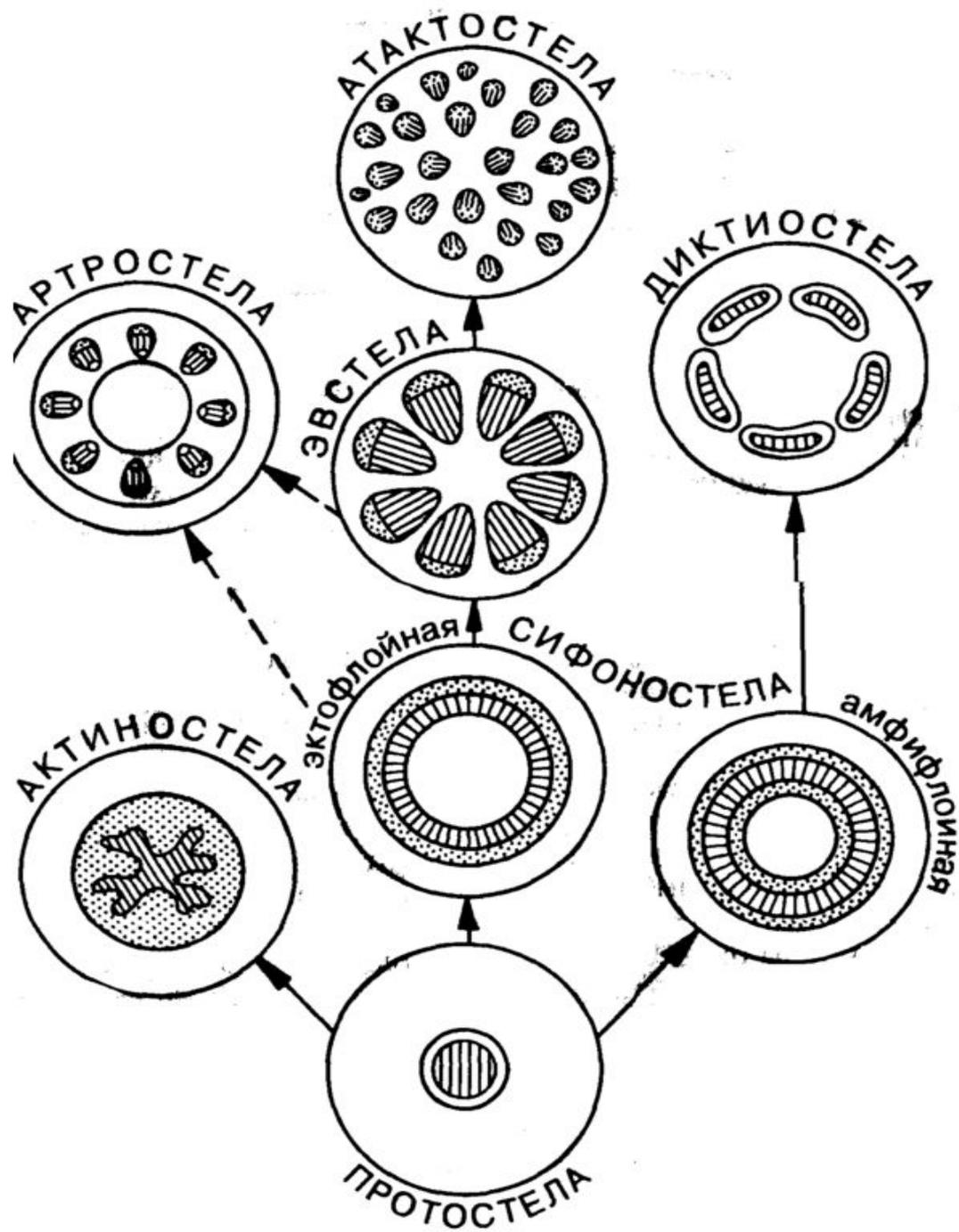
8) Подземные органы – корневище (имеет разную природу происхождения – филлогенную и типичную) и корни. Корни живут 3-4 года

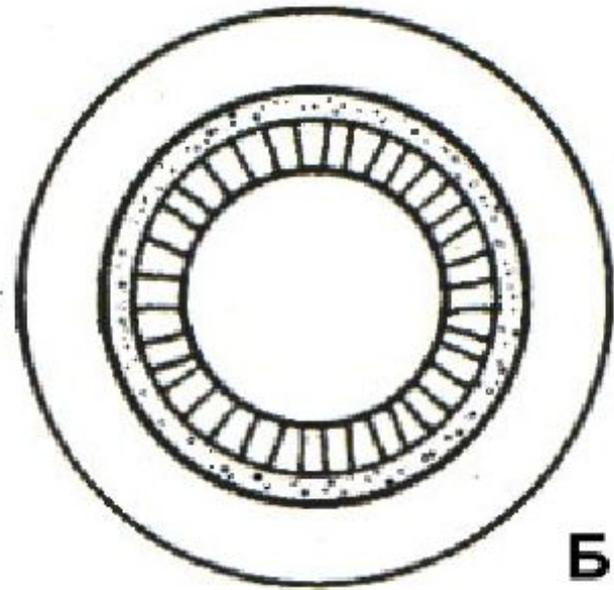


Развитие и строение зародыша папоротника: 1 - делящаяся зигота; 2 - зародыш на гаметофите орляка (*Pteridium aquilinum*); 3 - начальная стадия развития зародыша адиантума (*Adiantum*), зародыш на гаметофите; ст - стебель; к - корень; г - гаустория; гф - гаметофит; л - лист

Общая характеристика

- 9) Анатомическое строение оси разнообразно:
от протостелы → сифностела → диктиостела
- Камбий отсутствует
- Флоэма состоит из ситовидных клеток
- Ксилема образована лестничными и кольчатыми трахеидами





Б

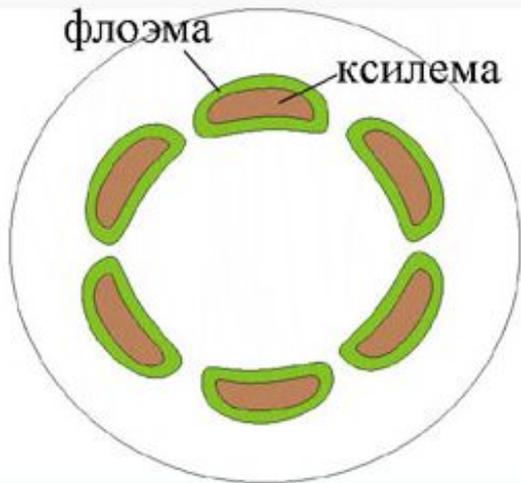
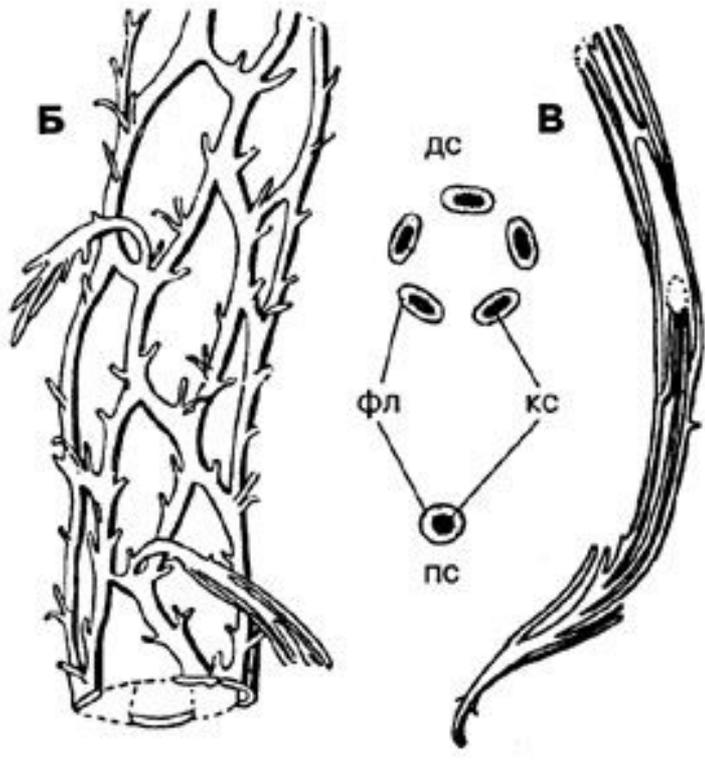
Б - сифноостела

Сифноостела характерна тем, что в стели появляется сердцевина. **Возникновение сифноостелы** сделало возможным существование более крупных организмов, т.к. перемещение ксилемы, играющей роль арматурной ткани, из периферии стебля и образование трубчатой конструкции сделали стебель более прочным.

Возникновение сердцевины еще более увеличило поверхность соприкосновения проводящих элементов с живыми тканями. Наличие паренхимной сердцевины облегчило и запасающие функции стебля.

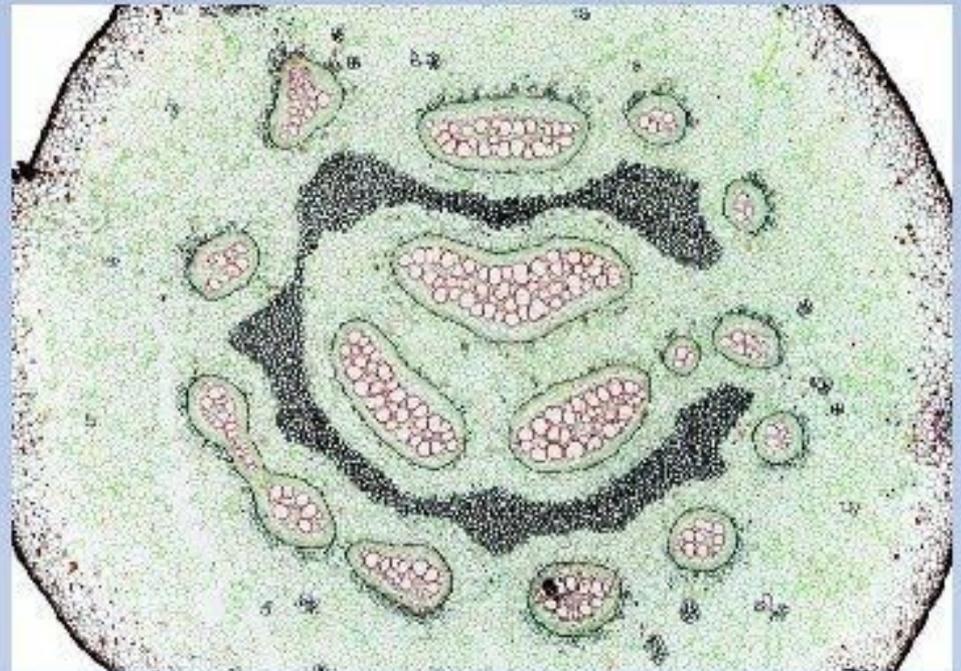
Диктиостела появляется с началом образования листовых лакун, листовые следы – дву-, многопучковые

Наибольший контакт проводящих тканей с живой паренхимой

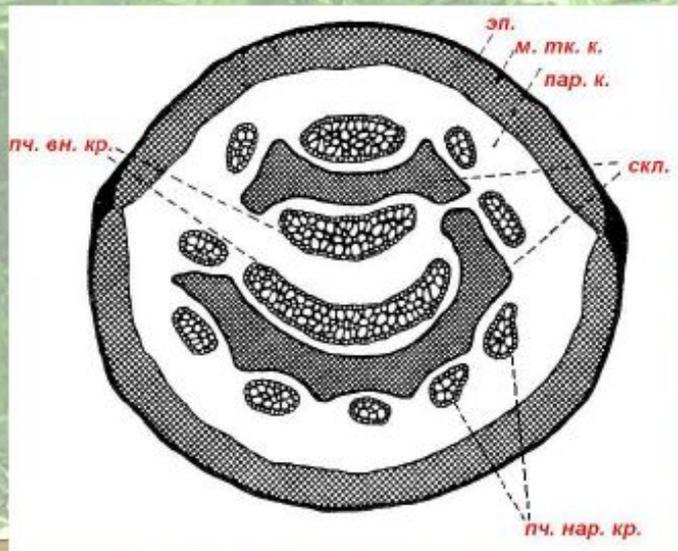


Анатомическое строение корневища на примере орляка обыкновенного

- Снаружи – эпидермис, далее – кора, наружные слои которой имеют механический характер.
- Характерна **диктиостела** с меристемами, расположенными в 2 круга.
- Между кругами меристел расположены 2 тяжа склеренхимы.
- Меристела представляет собой закрытый концентрический проводящий пучок.
- Снаружи у меристелы – эндодерма, под ней перицикл, флоэма, в центре меристелы – ксилема.



Поперечный срез корневища орляка

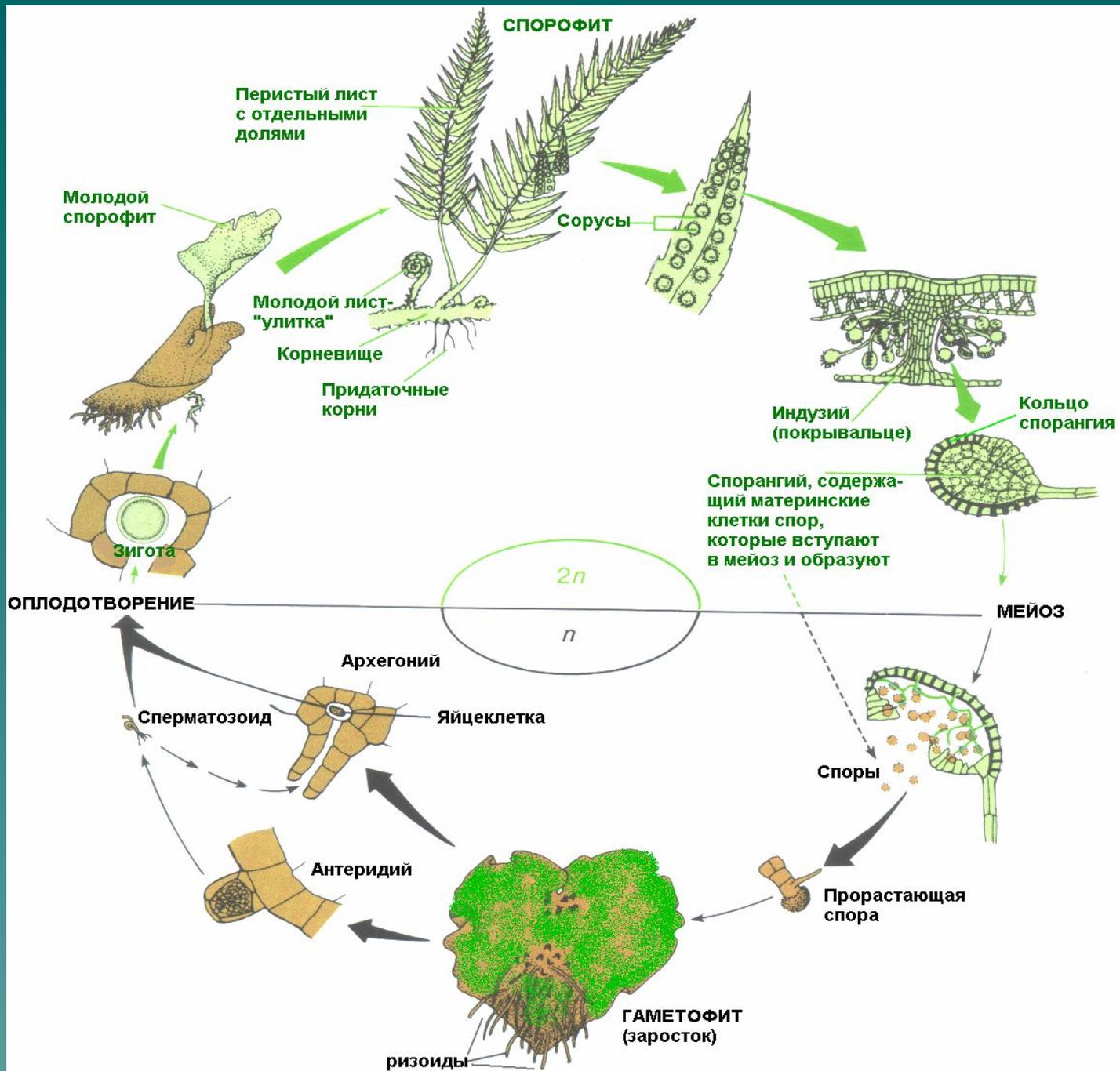


Общая характеристика

10) Преобладают по числу равноспоровые (гомоспоровых) растения, меньше и разноспоровых (гетероспоровых) растений.

ЖЦ – гапло-диплобионтный с гетероморфным чередованием поколений, со спорической редукцией, преобладанием спорофита

Тип полового процесса – оогамия



- Гаметофиты у равноспоровых ведут наземный образ жизни, автотрофы, у уховниковых – подземный сапротрофный
- Продолжительность жизни – несколько месяцев, у примитивных – несколько лет (10-15)
- Неодновременное созревание архегониев и антеридиев на одном заростке (чаще бывает протерандрия, реже – протогиния – **физиологический гетероталлизм**. Вещество – антеридиоген
- Форма – нитчатая, клубневидная, червеобразная, пластинчатая и др.

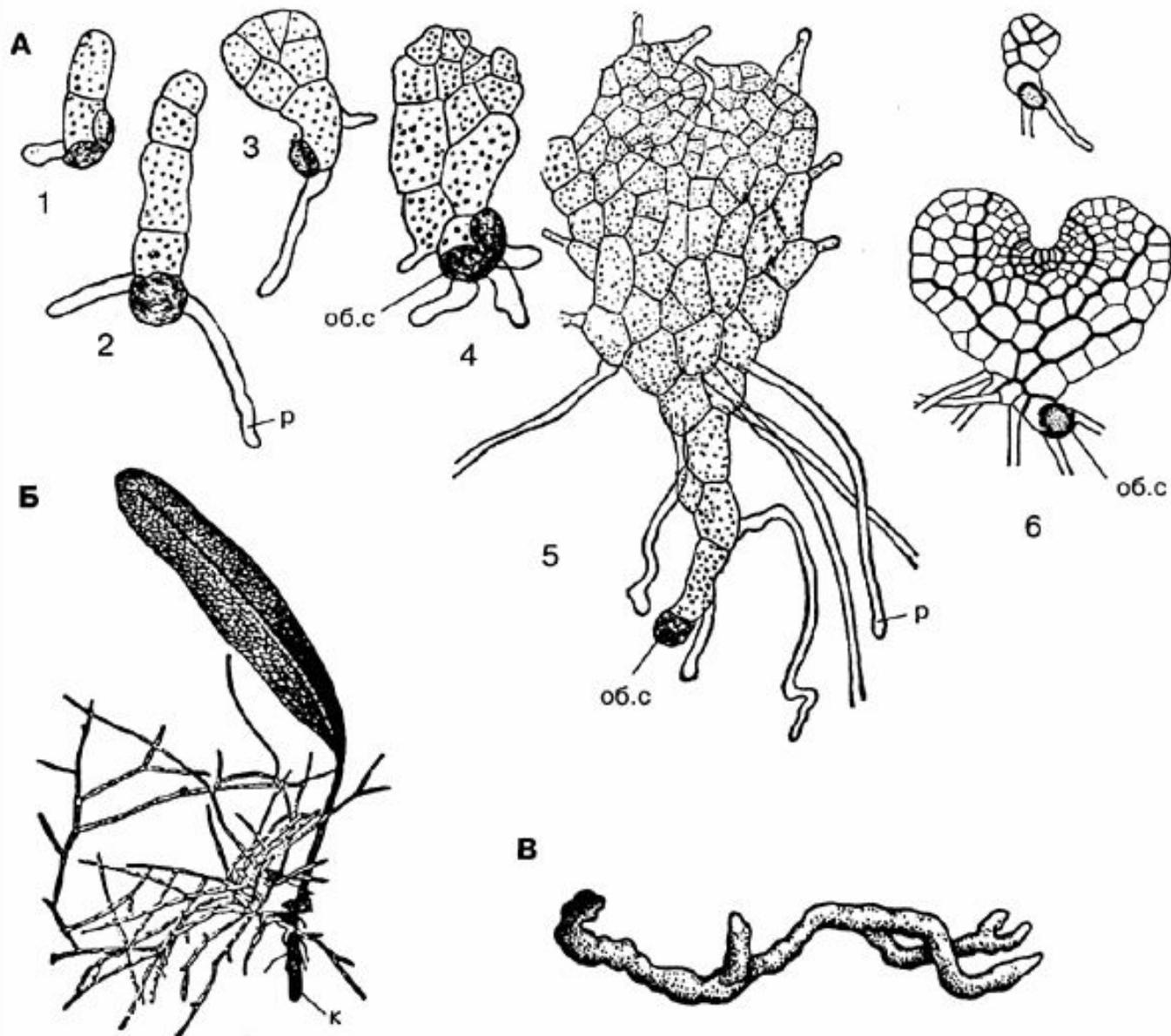
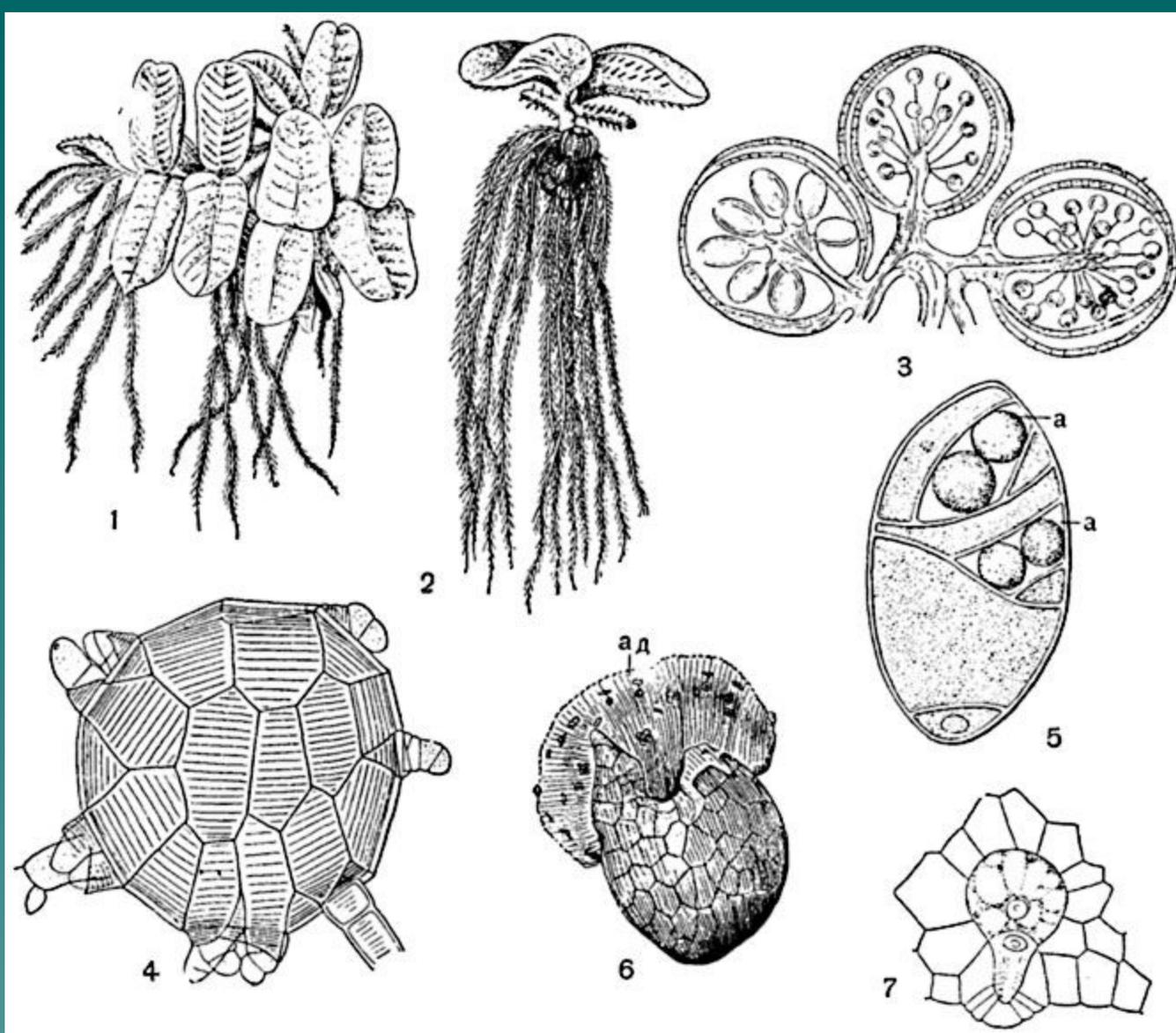


Рис. 58. Гаметофиты папоротников: А - развитие пластинчатого гаметофита щитовника мужского (*Dryopteris filix-mas*): об. с - оболочка споры; р - ризоид; Б - гаметофит трихоманеса (*Trichomanes*); В - гаметофит ужомника (*Orphioglossum*): к - зародышевый корешок



Заростки (гаметофиты) и зародыши ужовниковых:

1 – заросток ужовника обыкновенного; 2 – заросток с корешком зародыша ужовника обыкновенного; 3 – заросток ужовника погребушковидного; 4-5 – заростки ужовника повислого; 6 – заросток ужовника пальчатого; 7 – заросток с зародышами ужовника пальчатого; 8 – заросток гроздовника вирджинского; 9 – поперечный срез заростка гроздовника вирджинского; 10 – заросток гроздовника вирджинского с прикрепленным к нему молодым спорофитом; 11 – заросток гельминтостахаса цейлонского



Сальвиния: 1 - вид сверху; 2 - вид сбоку; 3 - два соруса микроспорангиев и один сорус мегаспорангиев; 4 - микроспорангий с высовывающимися мужскими заростками; 5 - мужской заросток (сбоку) с антеридиями (а); 6 - мегаспора с высовывающимся женским заростком и архегониями (ад) на нем; 7 - архегоний.

Общая характеристика

11) Наличие вегетативного размножения –
выводковые почки, длинные плети,
«живорождение», столоны

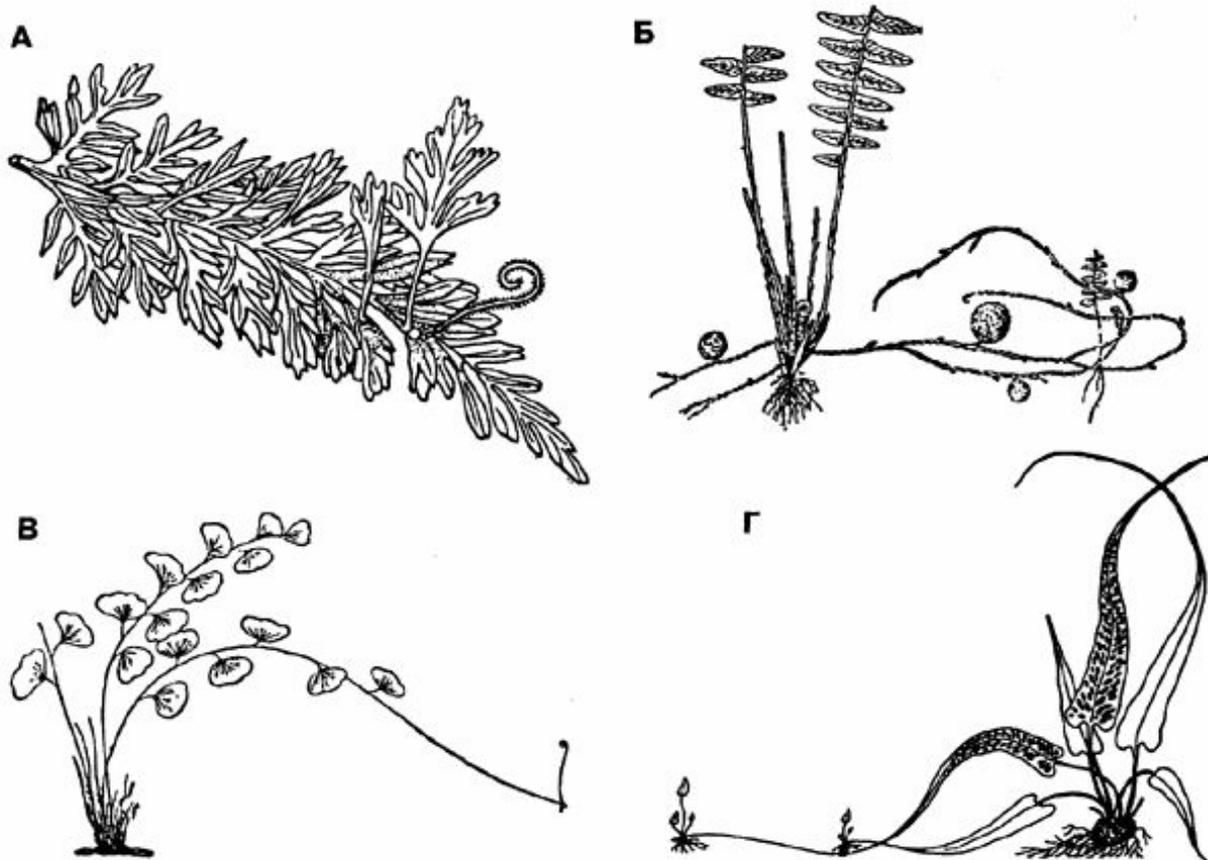


Рис. 53. Вегетативное размножение папоротников: А - выводковые почки на листьях асплениума (*Asplenium*); Б - плети нефролеписа (*Nephrolepis*); В - проросший рахис адиянтура (*Adiantum*); Г - рахис камптосоруса (*Camptosorus*)

Систематика отдела

1. Класс Zygopteridopsida (Зигоптериевые)

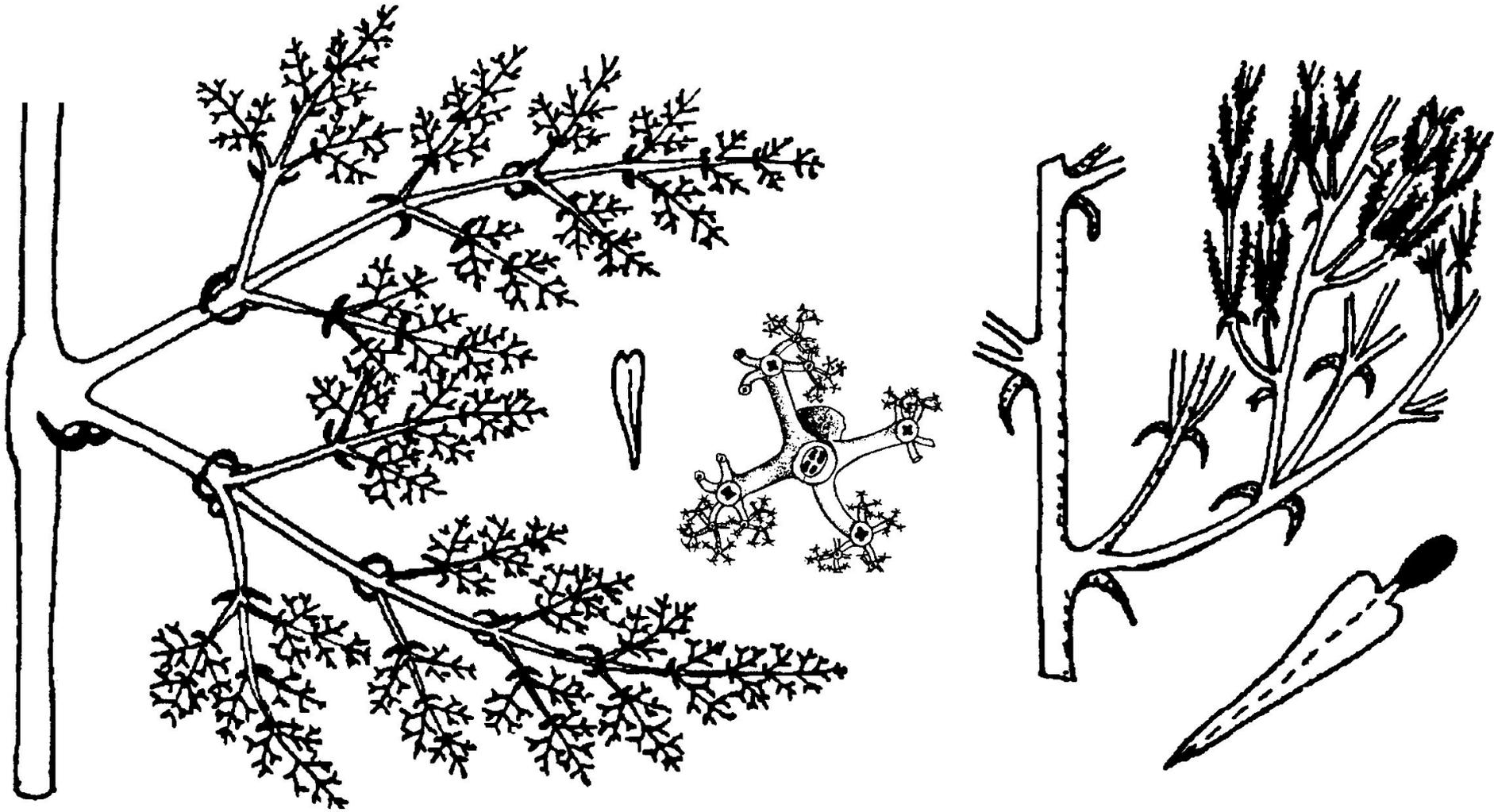
- Вымерший класс
- Постепенное формирование от теломных форм до растений с побеговыми системами
- Имели придаточные корни с радиальным пучком
- Зрелые спорангии имели одно-, многослойную стенку
- У некоторых спорангии располагались терминально, у побеговых форм – субтерминально и смещались на нижнюю сторону
- Строение оси – прото-, актино-, сифностела
- Равноспоровые растения, реже – разноспоровые
- Взрослые гаметофиты не найдены

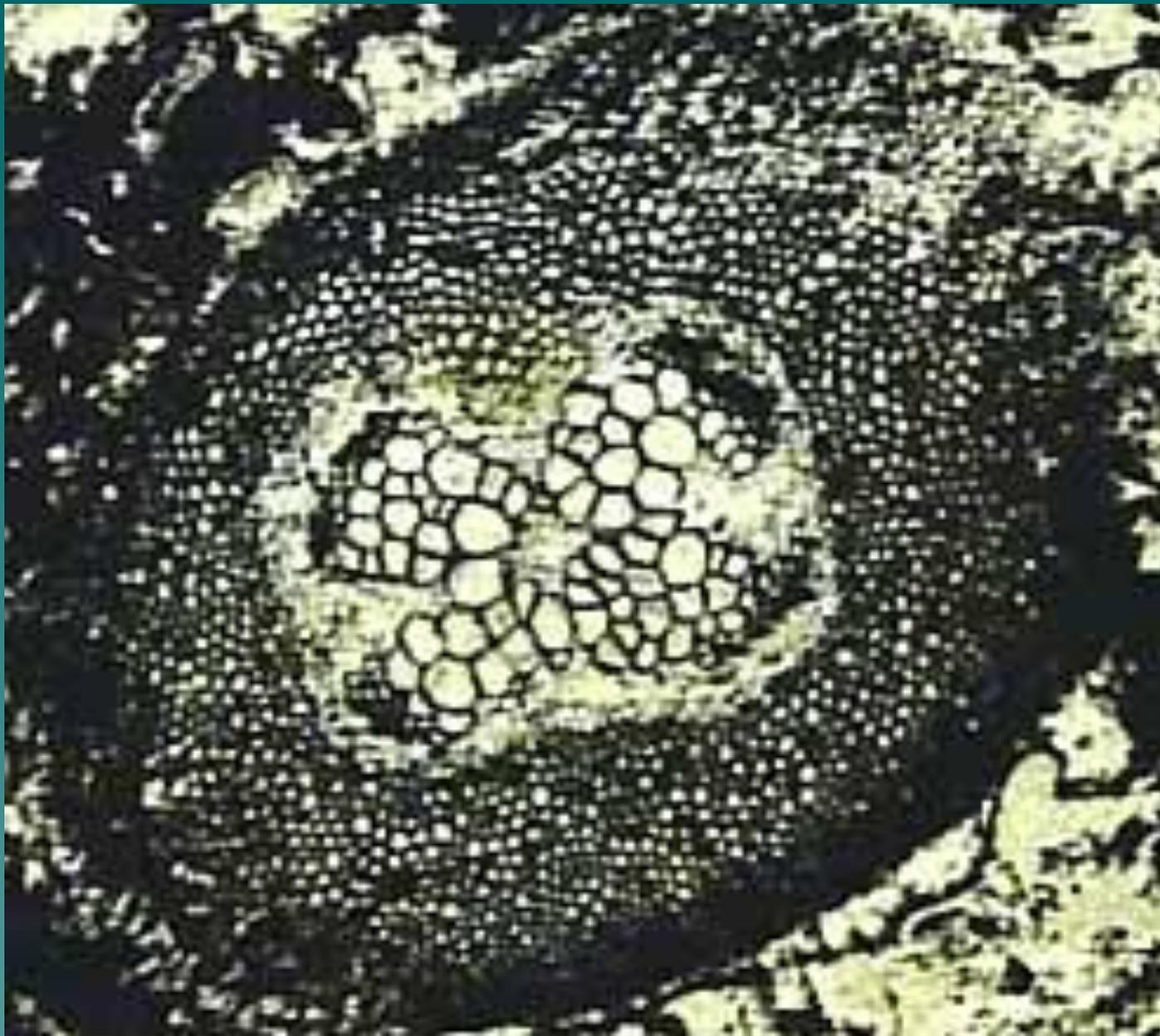


Рис. 124. Zygoteridopsida. *Rhacophyton ceratangium*:

А — часть главной оси с основаниями парных ветвей; Б — поперечное сечение главной оси и пара боковых ветвей на общем основании; В — фрагмент слабо уплощенного разветвления высокого порядка у более древних растений; Г — фрагмент значительно более сильно уплощенного разветвления высокого порядка у более поздних растений; Д — часть фруктификации; Е — группы спорангиев; Ж — спора с проксимального полюса; 1 — адвентивный корень; 2 — главная ось; 3 — плоскоцветка; 4 — актиностела; 5 — афлебия; 6 — спорангий; 7 — лета

Класс Zygopteridopsida, род *Stauropteris*
(ставроптерис)





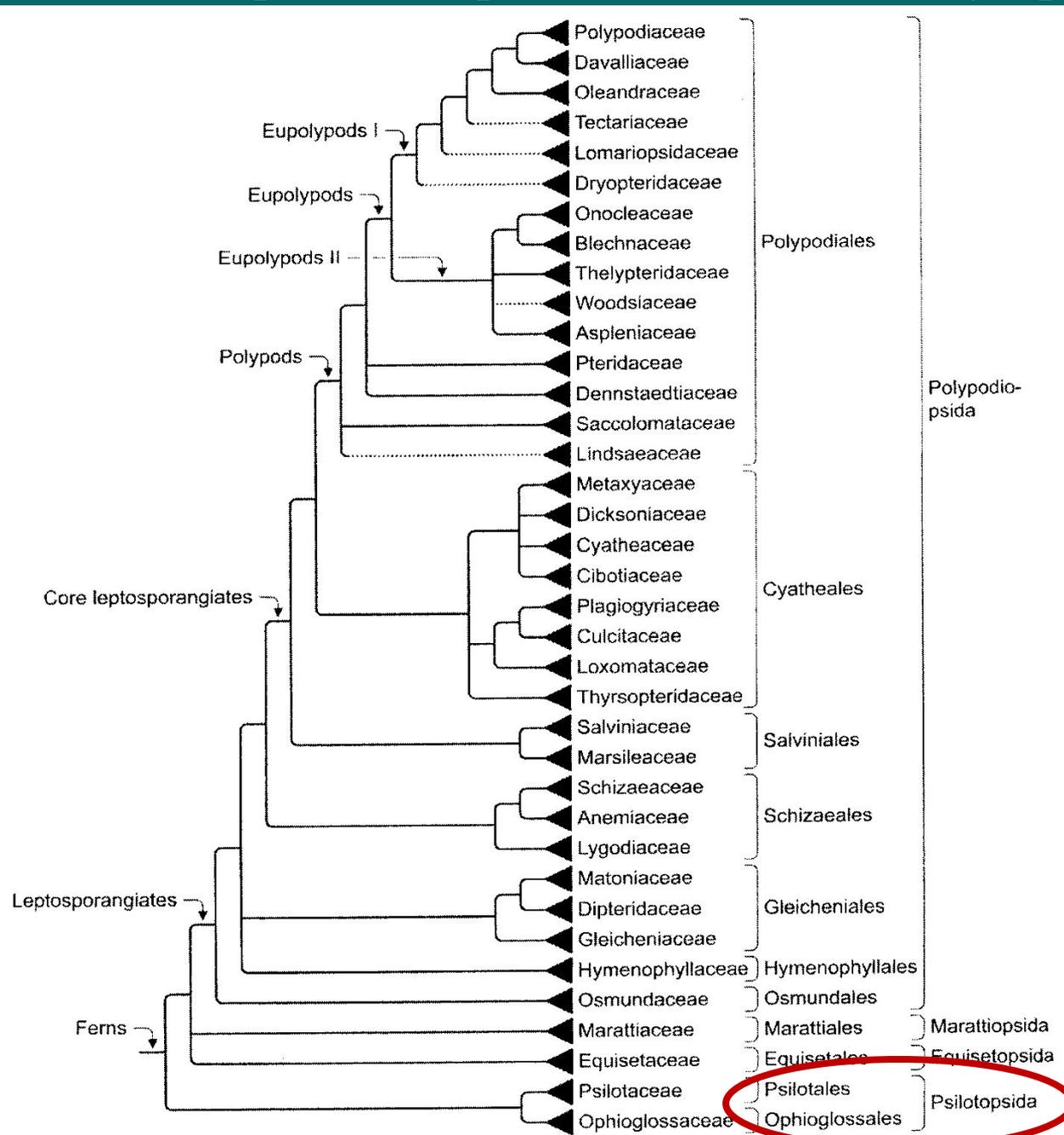
Анатомическое строение стебля *Stauropteris*

Систематика отдела

2. Класс Psilotopsida (Псилотовые)

- 15 видов, 2 рода – псилот и тмезиптерис
- мезофильные наземные или эпифитные травы тропических и субтропических лесов
- микотрофные растения (и спорофит, и гаметофит)
- не имеют корней: на поверхности субстрата развивается ветвящаяся ось до 1 м длиной с ризоидами (ризомоид)
- гапlostела с толстой корой из паренхимных клеток и гифами грибов (плагиотропный участок оси), актиностела (ортотропный участок стелы)
- спорангии расположены по 2 (у тмезиптериса) или 3 (у псилота) – в виде синангиев
- равноспоровые растения
- гаметофиты обоеполые, сперматозоиды с 30 жгутиками, стенка антеридия многослойная

Классификация папоротникообразных согласно молекулярным данным



Внешний вид *Psilotum nudum*



***Psilotum nudum* (the "whisk fern")
growing as an epiphyte © Walter Judd**

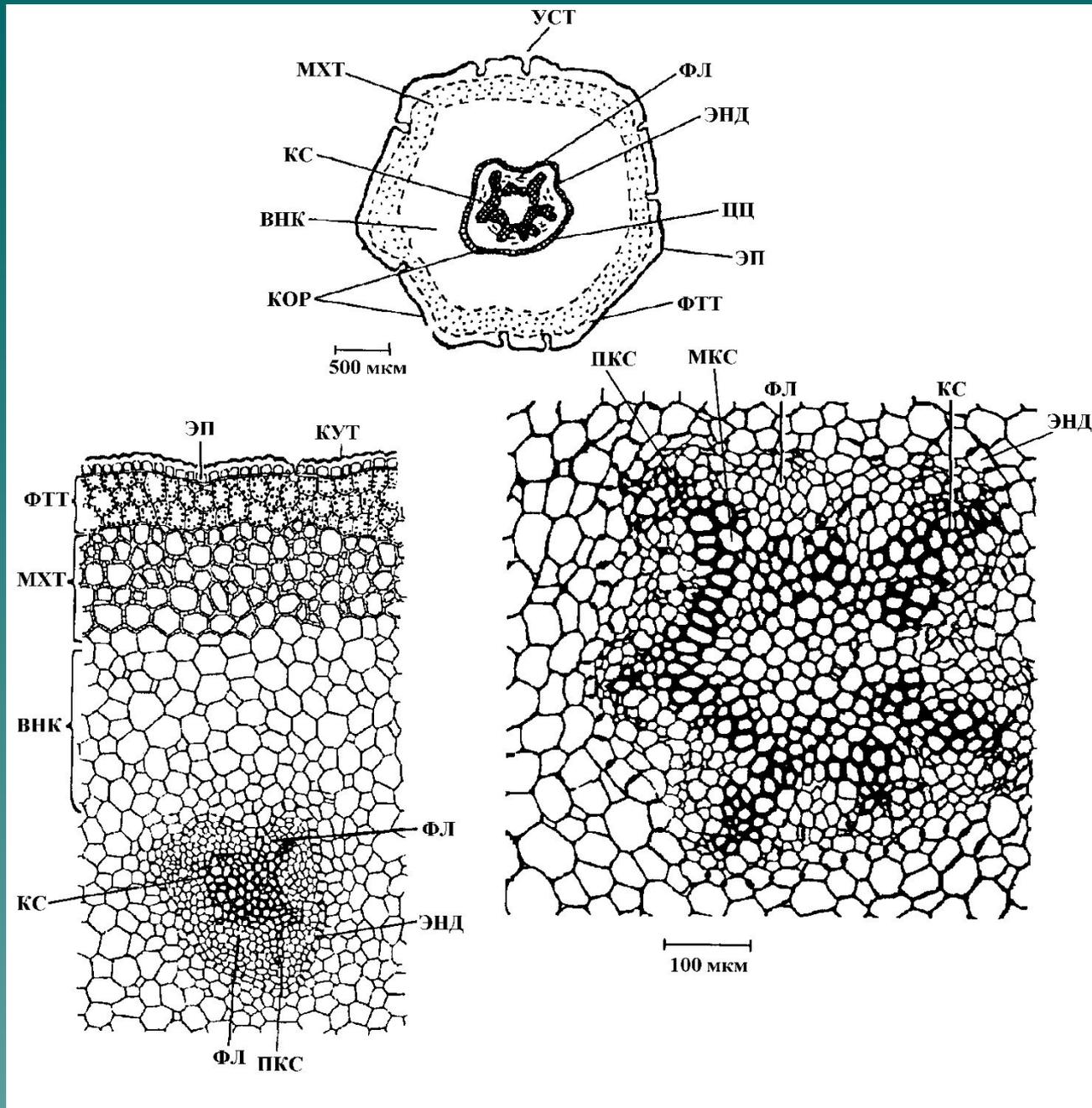
Внешний вид *Psilotum nudum*



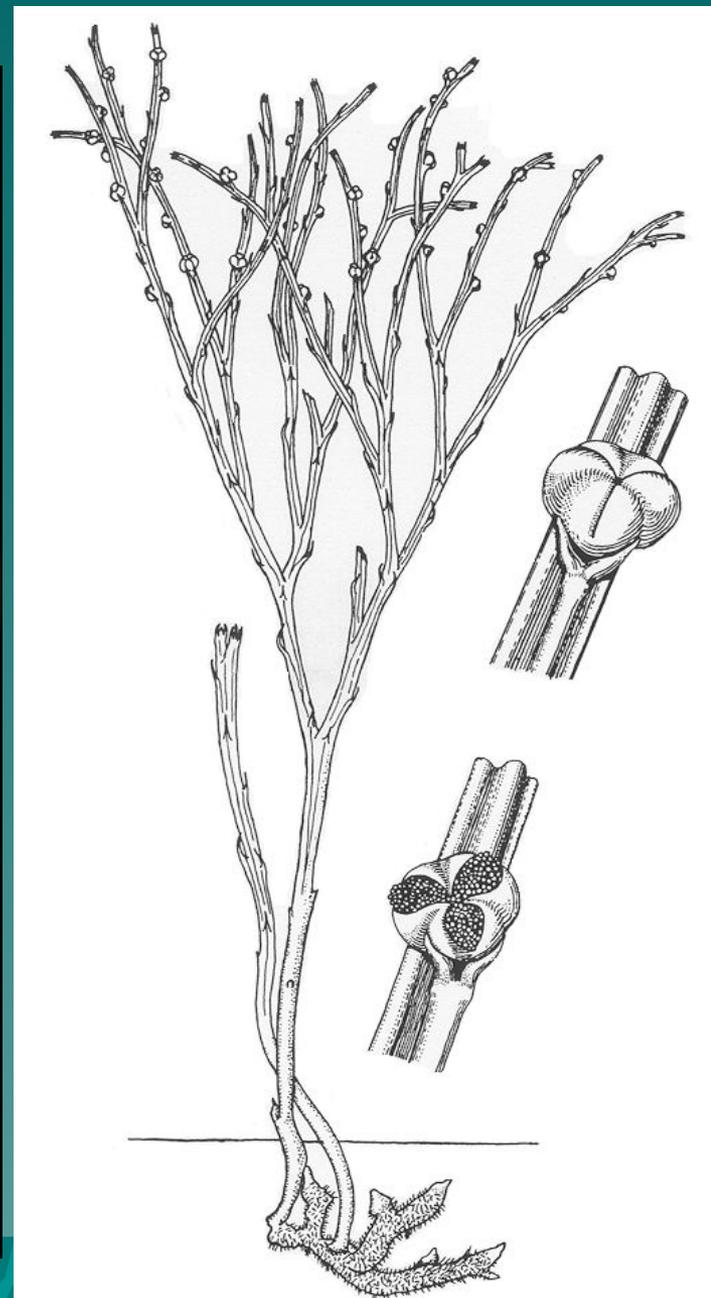
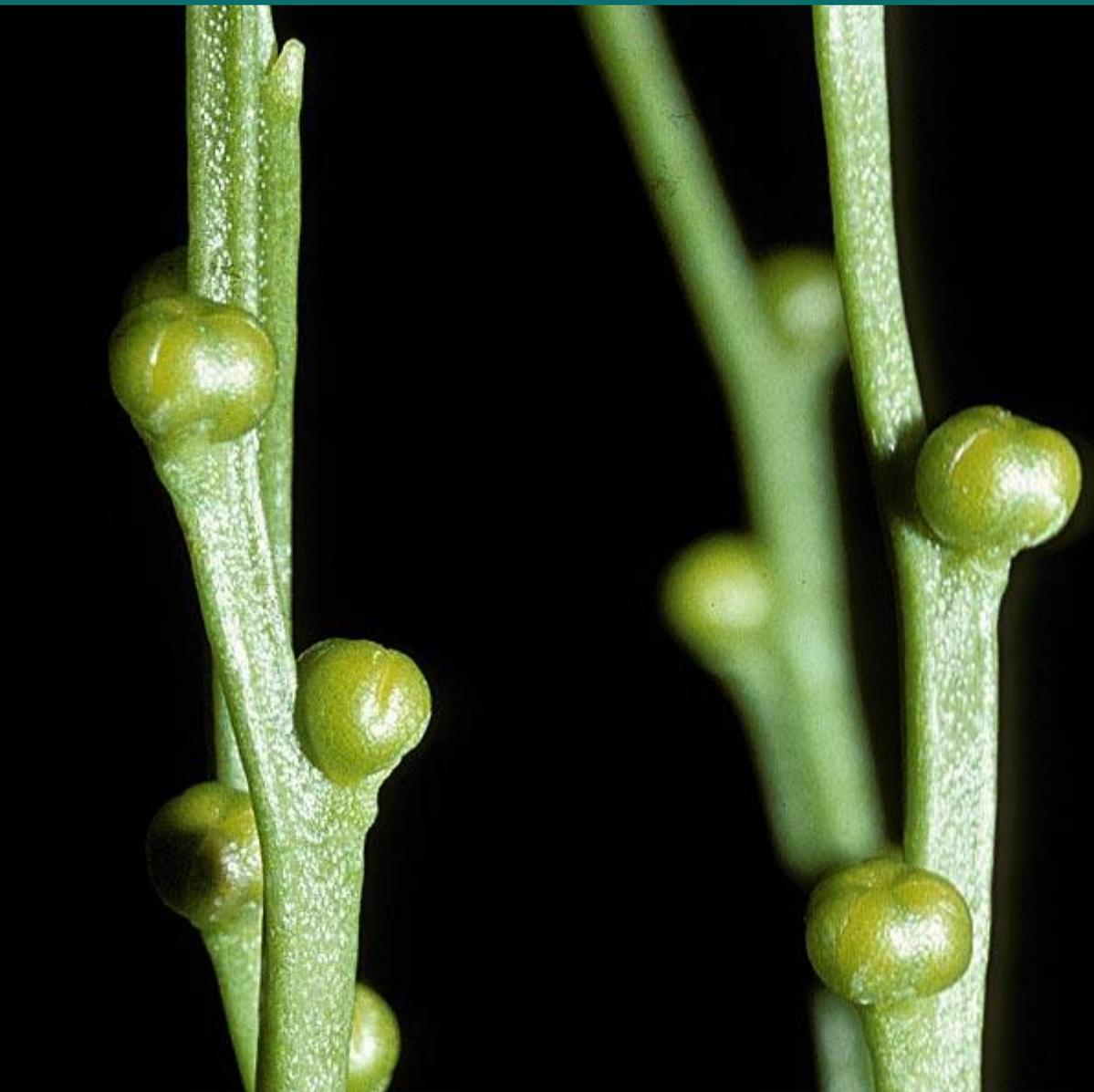


Внешний вид *Psilotum complanatum*

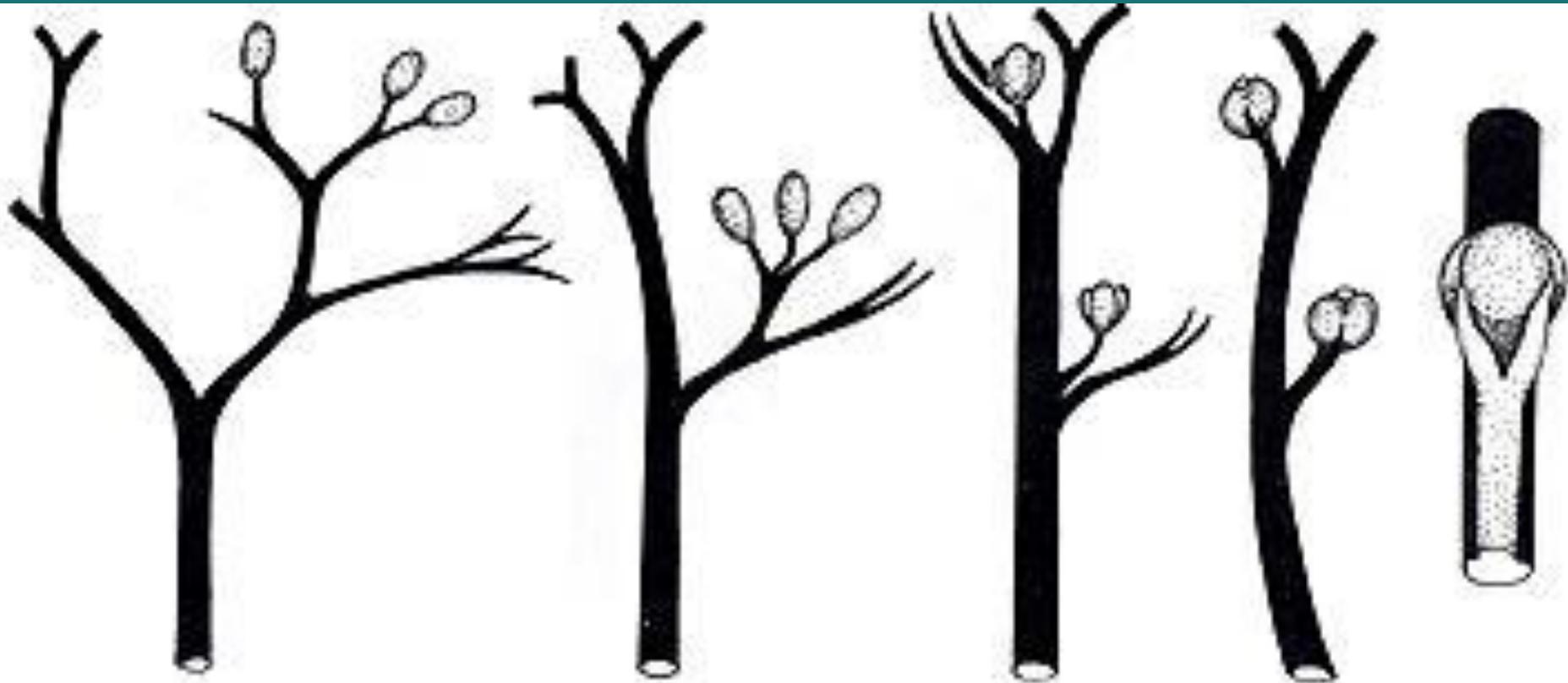
Анатомическое строение стебля *Psilotum*



Строение синангия *Psilotum*



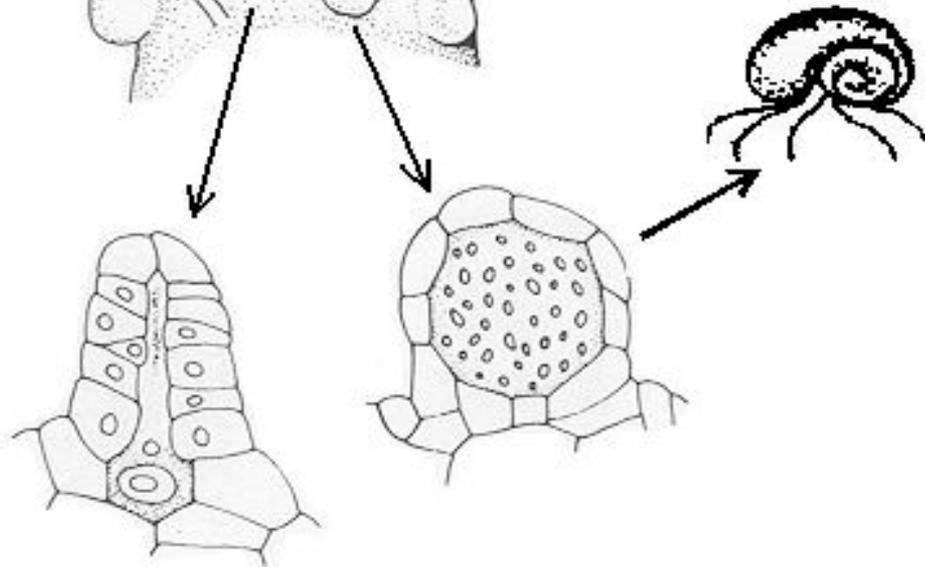
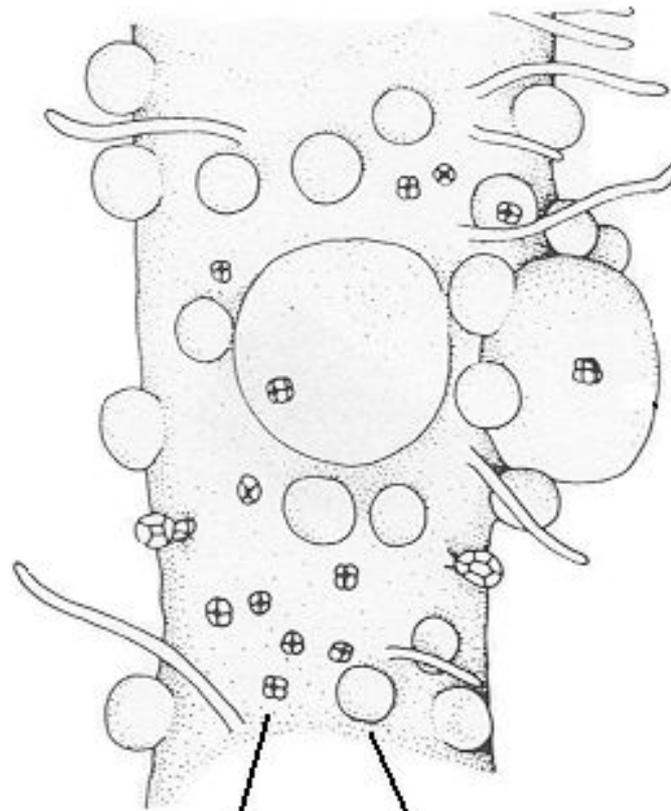
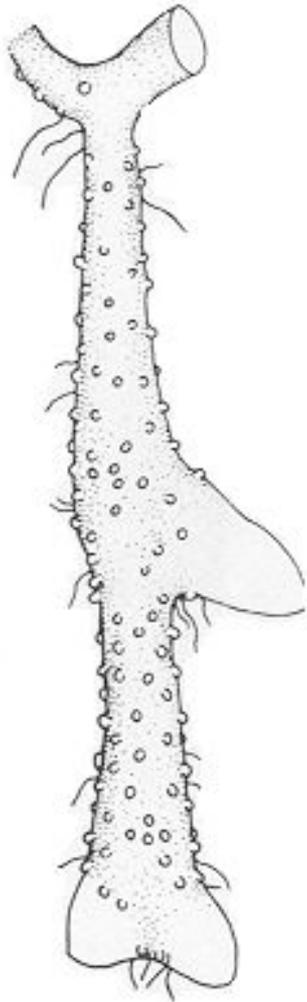
Возможные пути формирования синангиев и «листьев» у псилоота



Собрание спорангиев у псилопта «Бунриу-зан»



Гаметофит *Psilotum*



Внешний вид *Tmesipteris sigmatifolia*



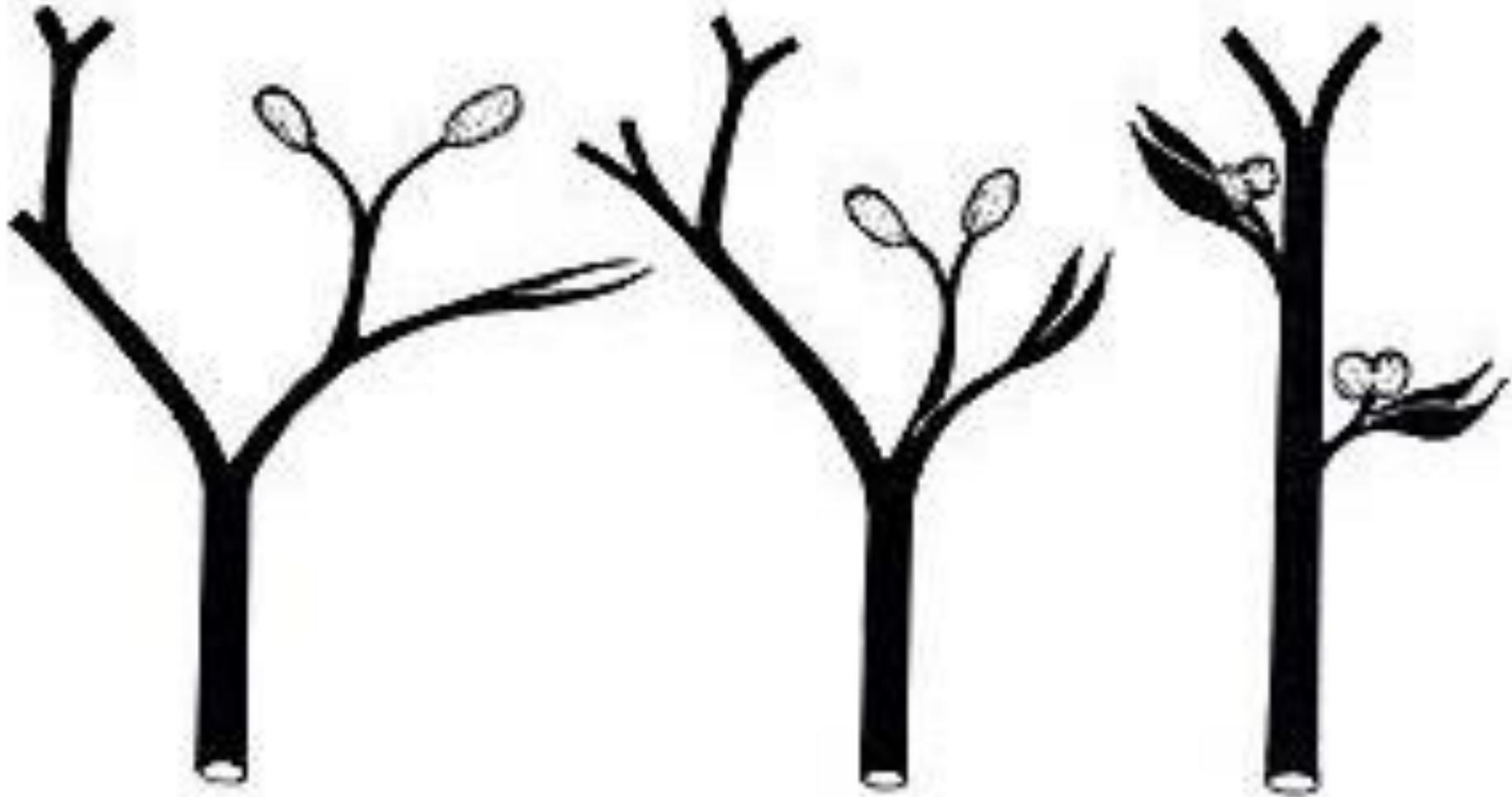


Внешний вид *Tmesipteris tannensis*

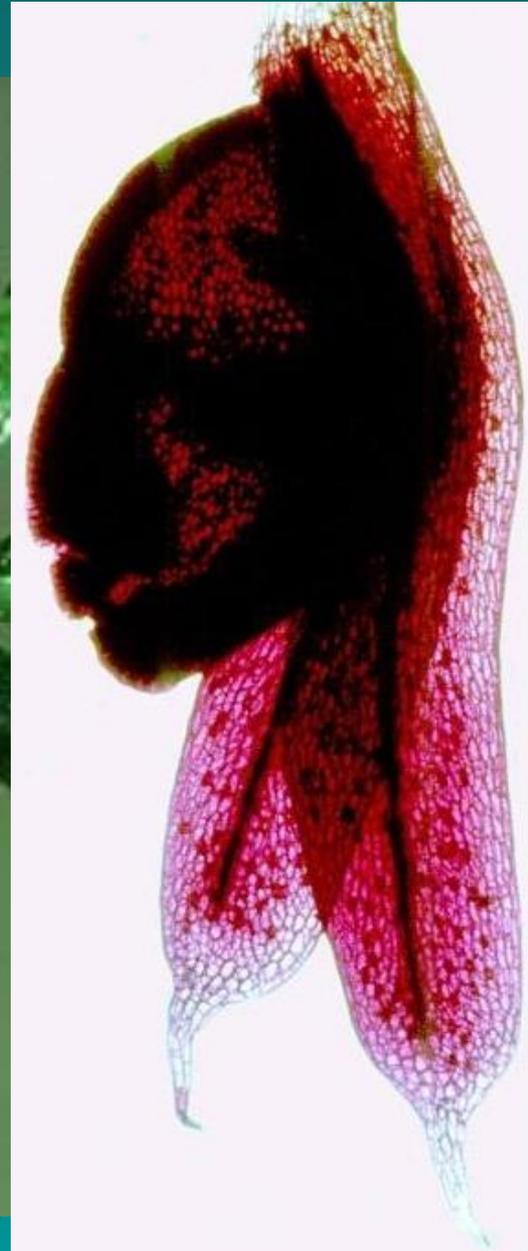


Внешний вид различных видов Тмезиттериса

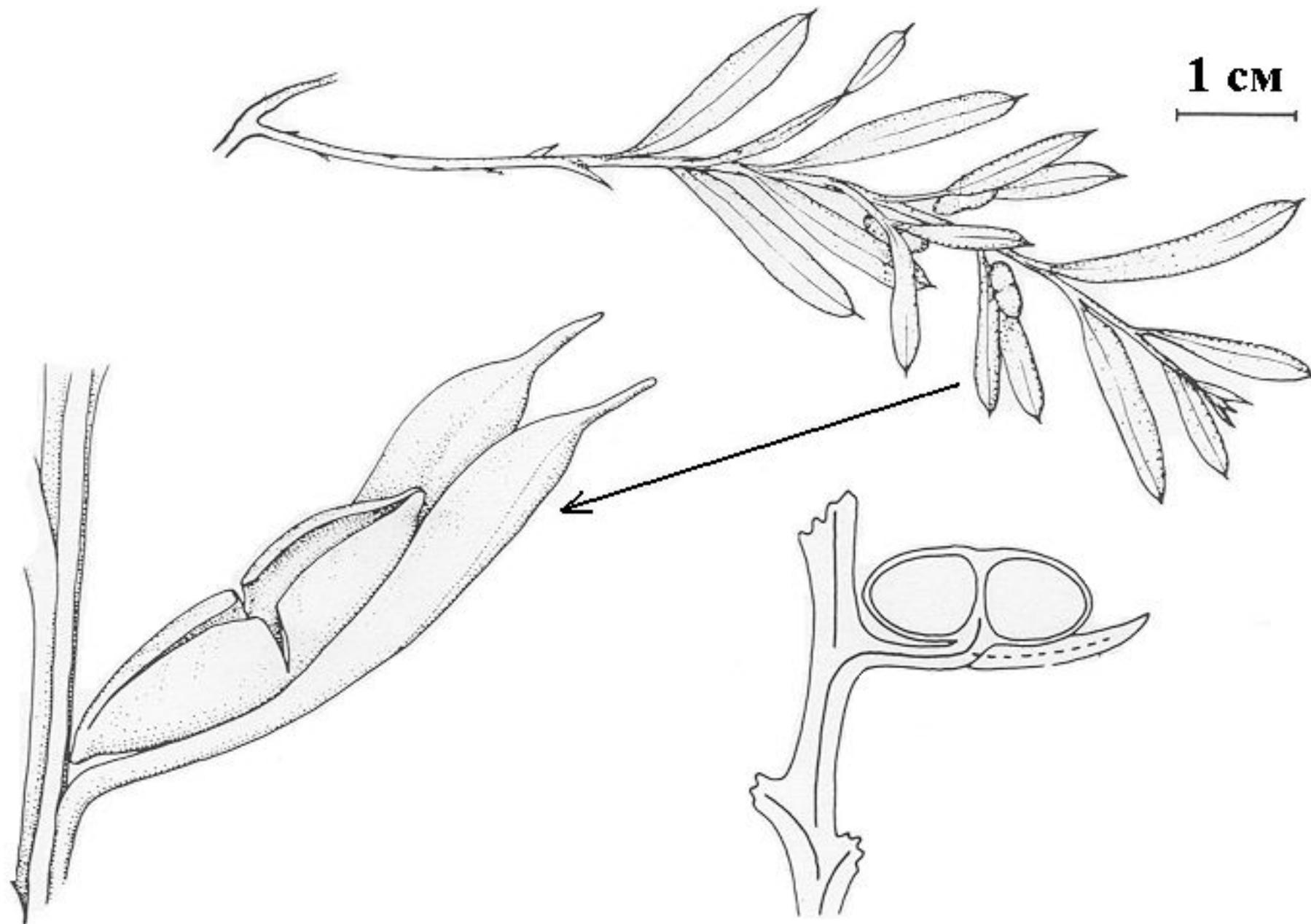
Возможные пути формирования синангиев и «листьев» у тмезиптериса



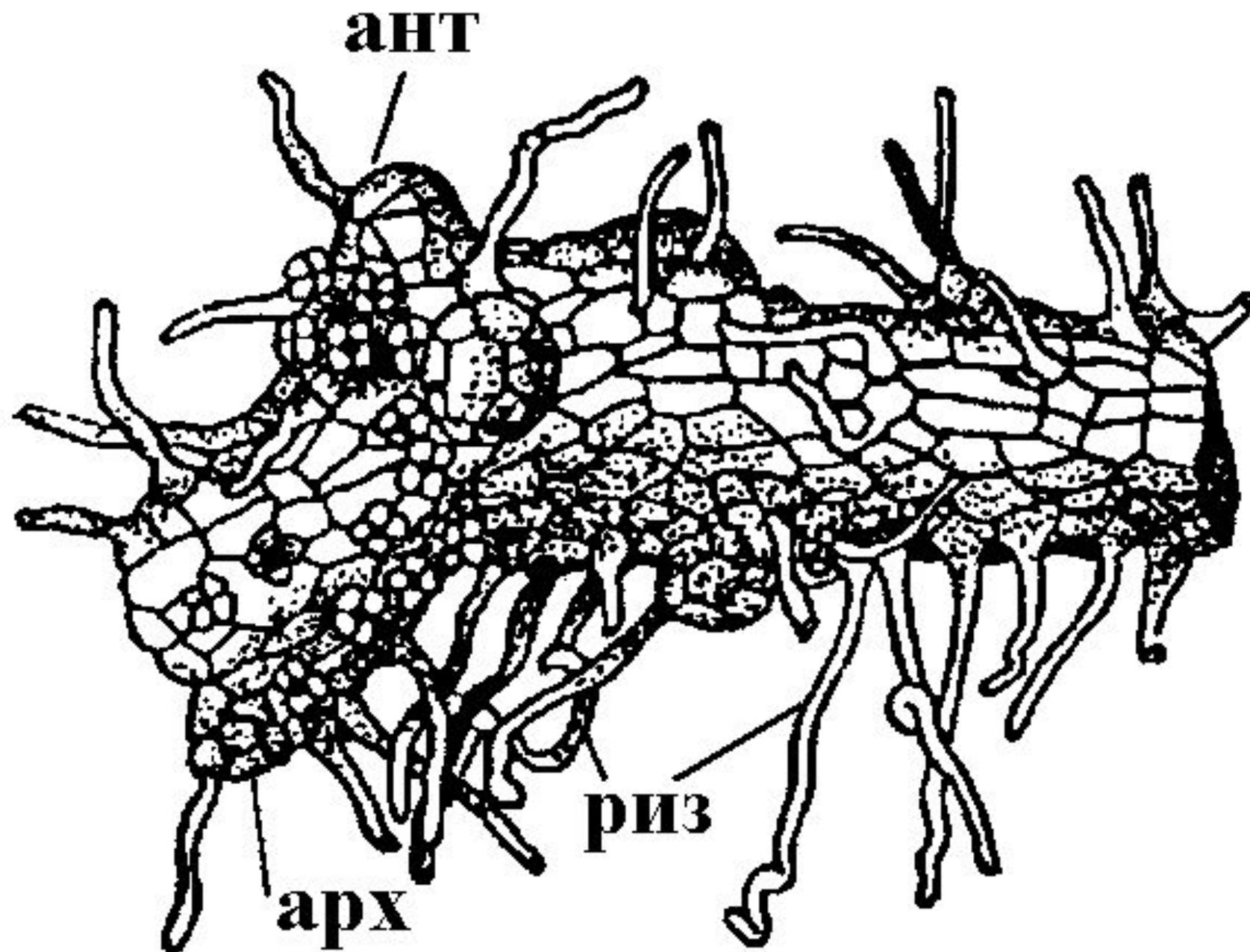
Строение синангия *Tmesipteris*



Строение синангия *Tmesipteris*



Гаметофит *Tmesipteris*

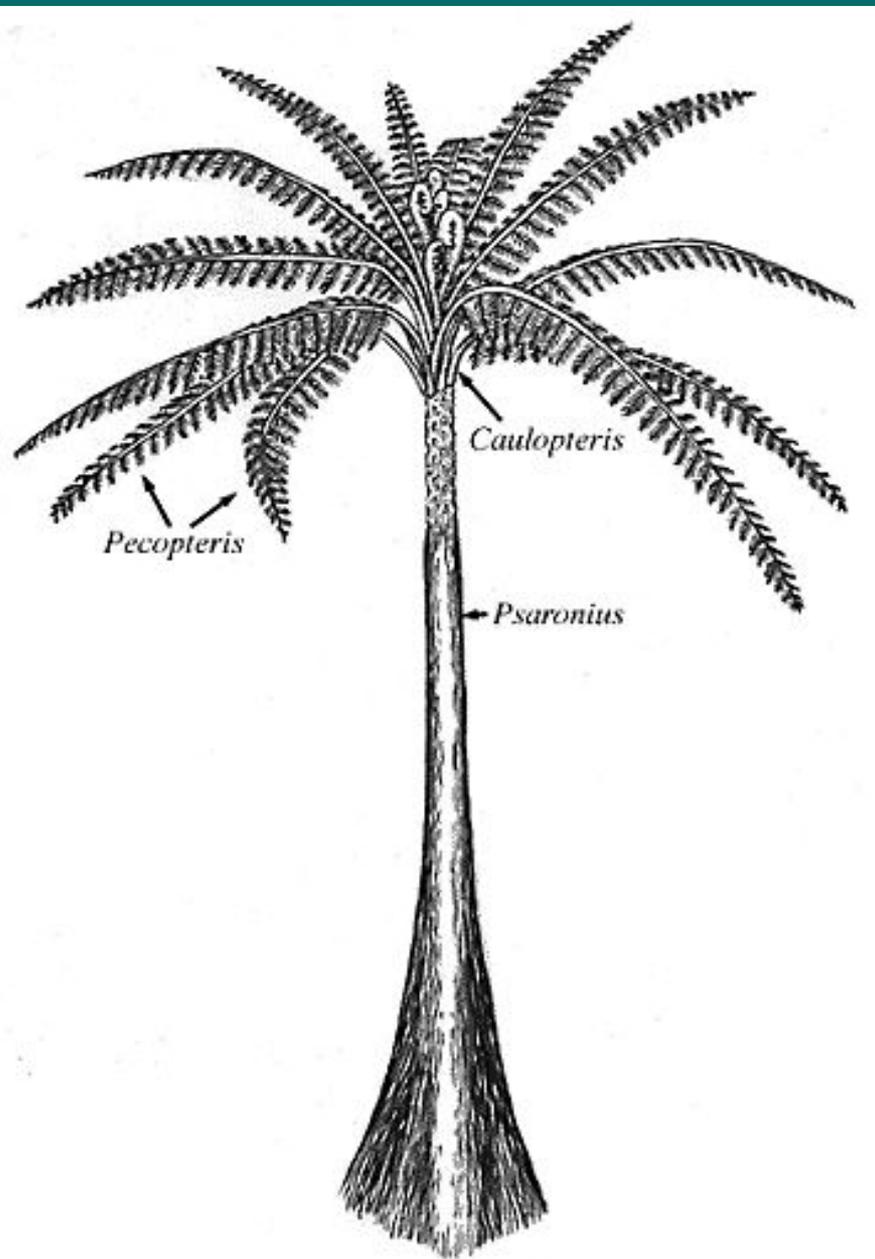


Систематика отдела

3. Класс Marattiopsida (Мараттиевые)

- 200 видов и 7 родов
- населяют подлесок дождевых тропических лесов
- имеют плагиотропные или короткие ортотропные с клубневидными стеблями побеги . Ископаемые формы были древовидными высотой до 10 м и в диаметре до 1 м.
- придаточные корни, у древовидных они составляли мантию вокруг ствола
- в апексе несколько инициальных клеток
- амфифлойная сифностела
- вайи простые или перисто и пальчато-рассеченные, молодые на верхушке улиткообразно закручены
- в вегетативных органах имеются лизигенные ходы
- сорусы или синангии расположены на нижней стороне вайи

Реконструкции ископаемого рода *Psaronius*





Reconstruction of *Psaronius*,
Illustrated by Auguste Faguet (1877)

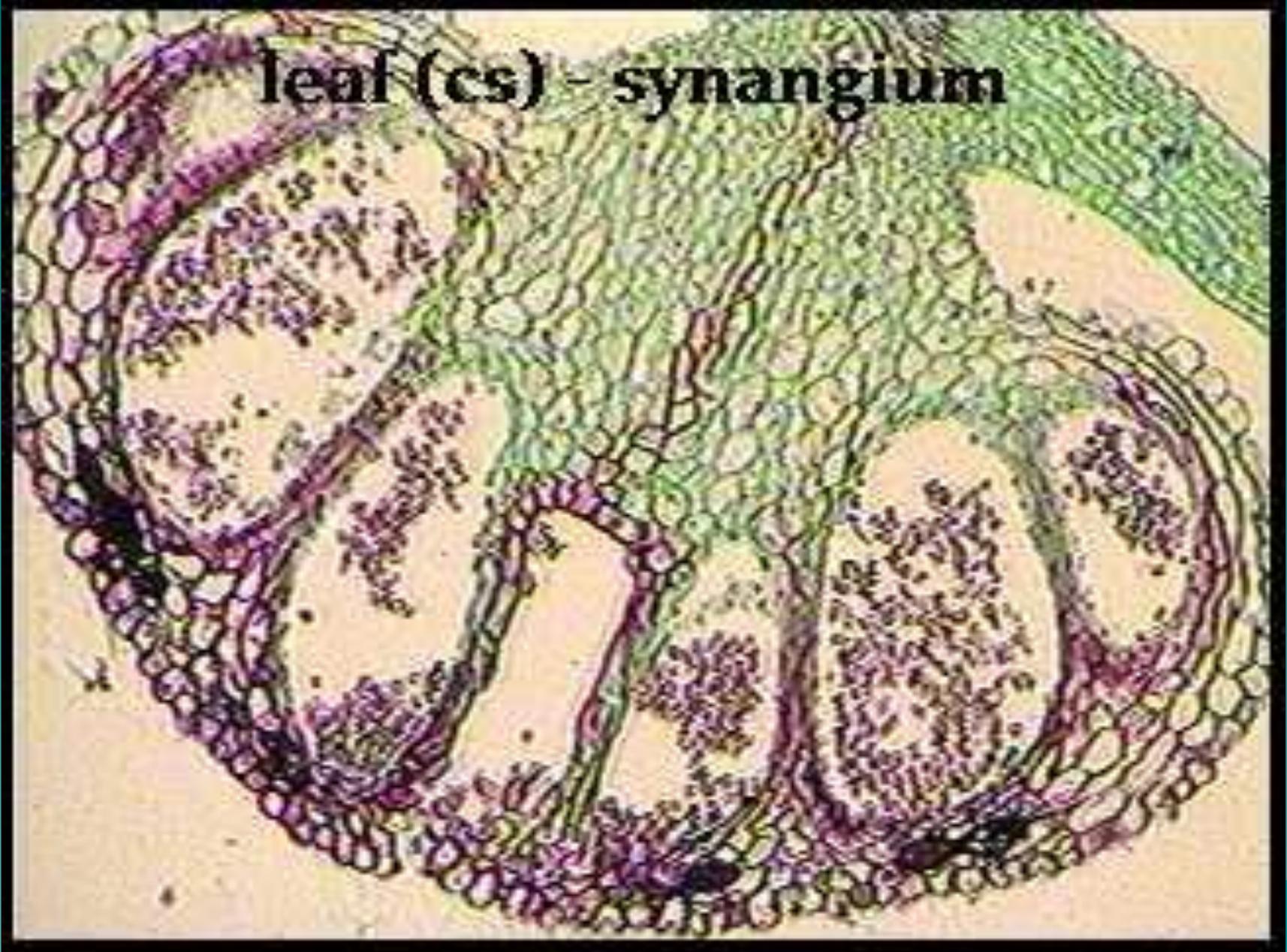
- спорангий с многослойной стенкой, в которой есть устьица; индузий отсутствует, кольцо в стенке спорангия не выражено
- равноспоровые растения
- гаметофиты обоеполые, пластинчатые, многослойные, симбиотрофы



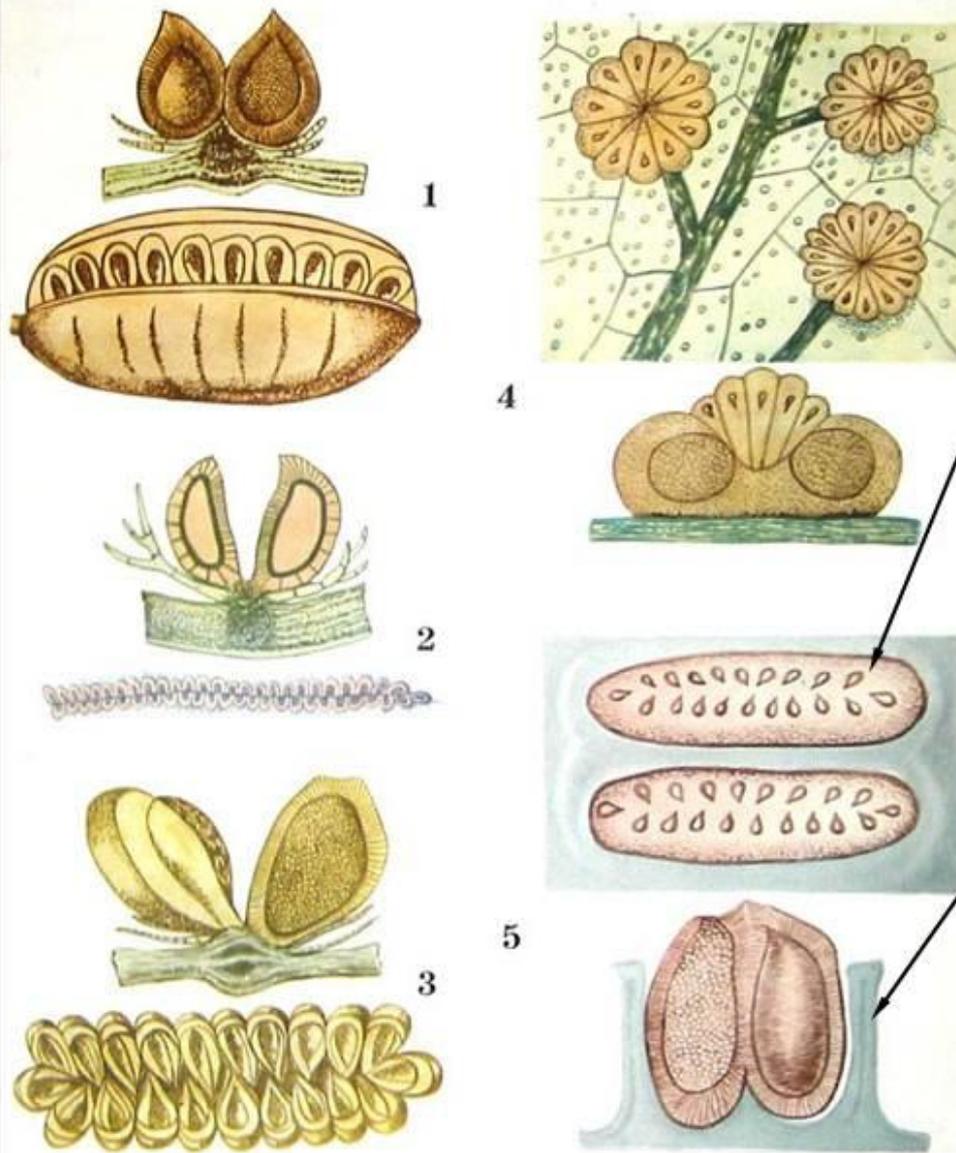
Revue Horticole 1851, p. 101. — *Ann. Bot.*

MARATTIA ATTENUATA, LA BILL.

Внешний вид *Marattia attenuata*



Строение синангия мараттиеподобных

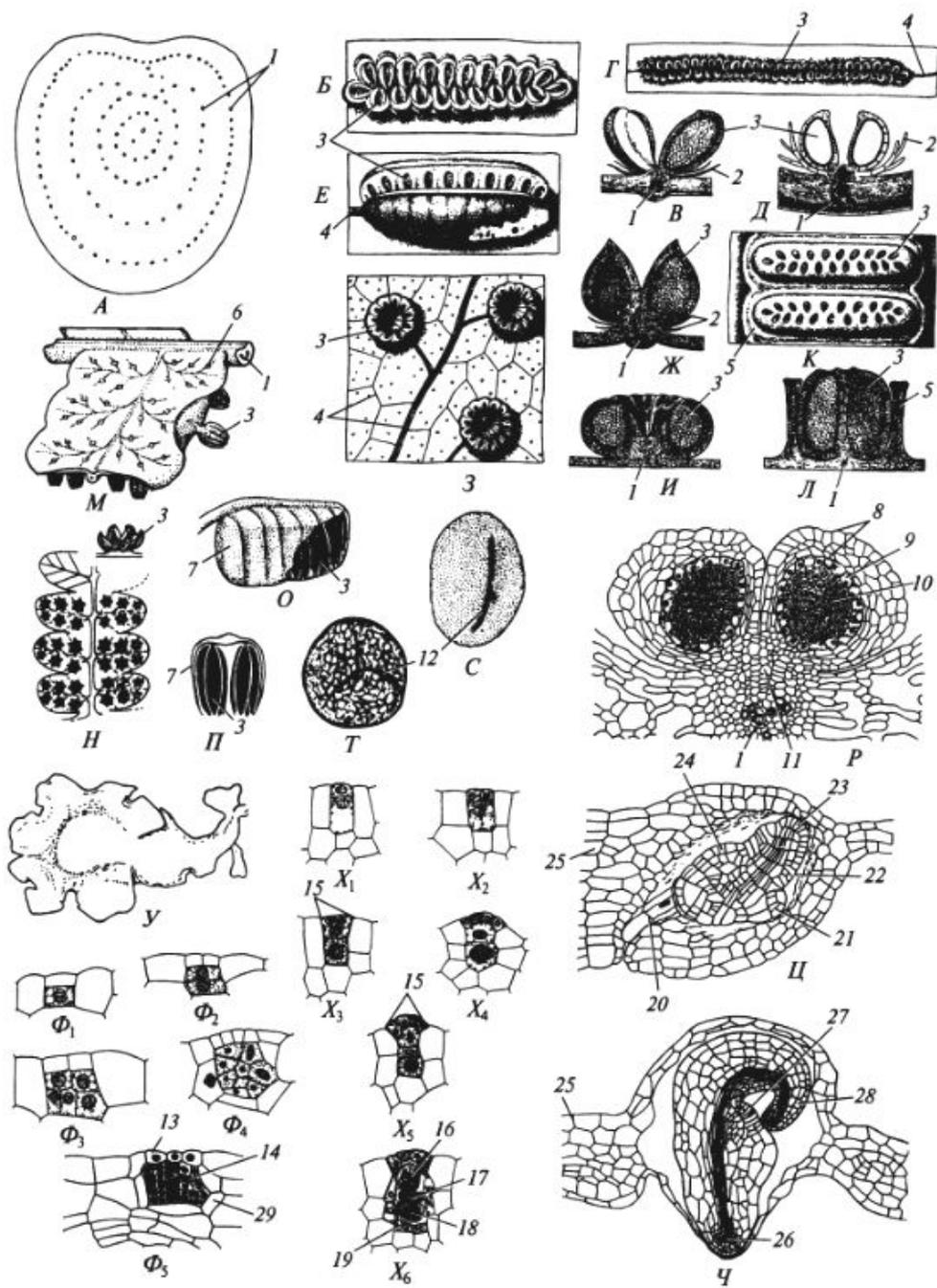


Сорусы и синангии у разных видов мараттиевых (ниж. сверху и в разрезе):
 1—мараттия (*Marattia*); 2—архангиоптерис (*Archangiopteris*); 3—ангиоптерис (*Angiopteris*); 4—христенсенция (*Christensenia*); 5—данея (*Danaea*).

Спорангии располагаются на нижней стороне листа. Они свободные или сросшиеся в **синангии** как у **данеи** (род *Danaea*). Имеют многослойную стенку. В них развивается большое число одинаковых спор. Вскрываются продольной трещиной. Покрывальце (индузий) отсутствует, но часто имеются волоски у основания. У данеи синангии дополнительно окружены выростом тканей листа.

Сорусы и синангии мараттиевых:

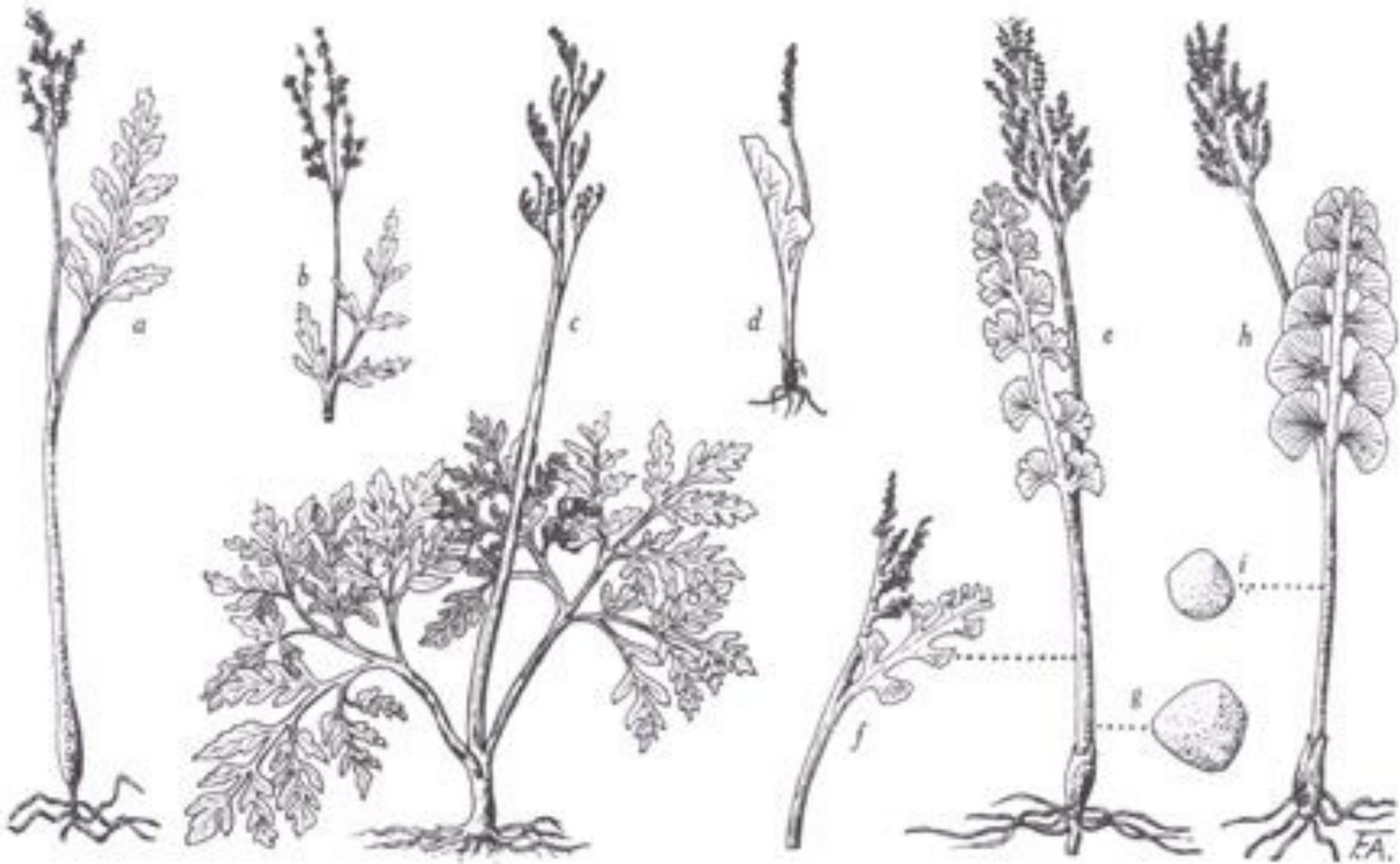
- 1 – мараттия;
- 2 – архангиоптерис;
- 3 – ангиоптерис;
- 4 – христенсенция;
- 5 – данея.



Систематика отдела

4. Класс *Orphioglossopsida* (Ужовниковые)

- 4 рода с 80-90 видами
- многолетние наземные или эпифитные травы с укороченными ортотропными побегами
- корневая система образована придаточными корнями, ризодерма без корневых волосков, покрыта кутикулой
- вайи развиваются в течение 4-5 лет внутрипочечно, не закручены спирально
- наряду с дихотомическим свойственно сетчатое жилкование



Различные виды рода *Botrychium* (Гроздовник)



Различные виды рода *Botrychium* (Гроздовник)



Botrychium mormo



*Botrychium
simplex*



Botrychium lanceolatum



*Botrychium
matricarifolium*



©2002, Gary Fewless

Botrychium multifidum

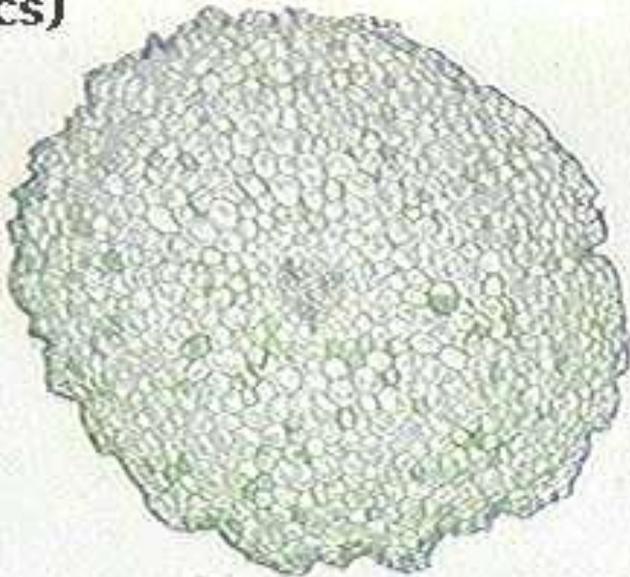


Botrychium virginianum

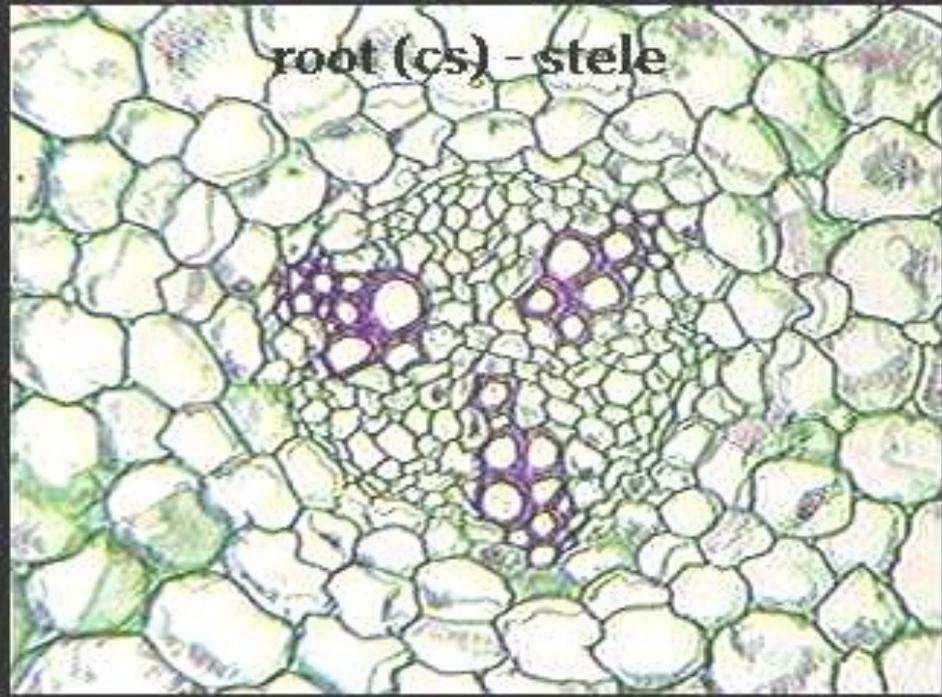


- в апексе одна инициальная клетка
- стела варьирует от гапlostелы до эвстелы (эустелы).
Некоторые исследователи полагают, что в стеле дифференцируется камбий, откладывающий II ксилему и флоэму. Трахеиды кольчатые, спиральные, лестничные, сетчатые, точечные, в них имеется торус
- гаметофиты обоеполые, подземные, микотрофные, многолетние, имеют ризоиды . Форма – червеобразная, клубневидная, разветвлённая
- стенка антеридия двухслойная, сперматозоиды многожгутиковые

root (cs)



root (cs) - stele

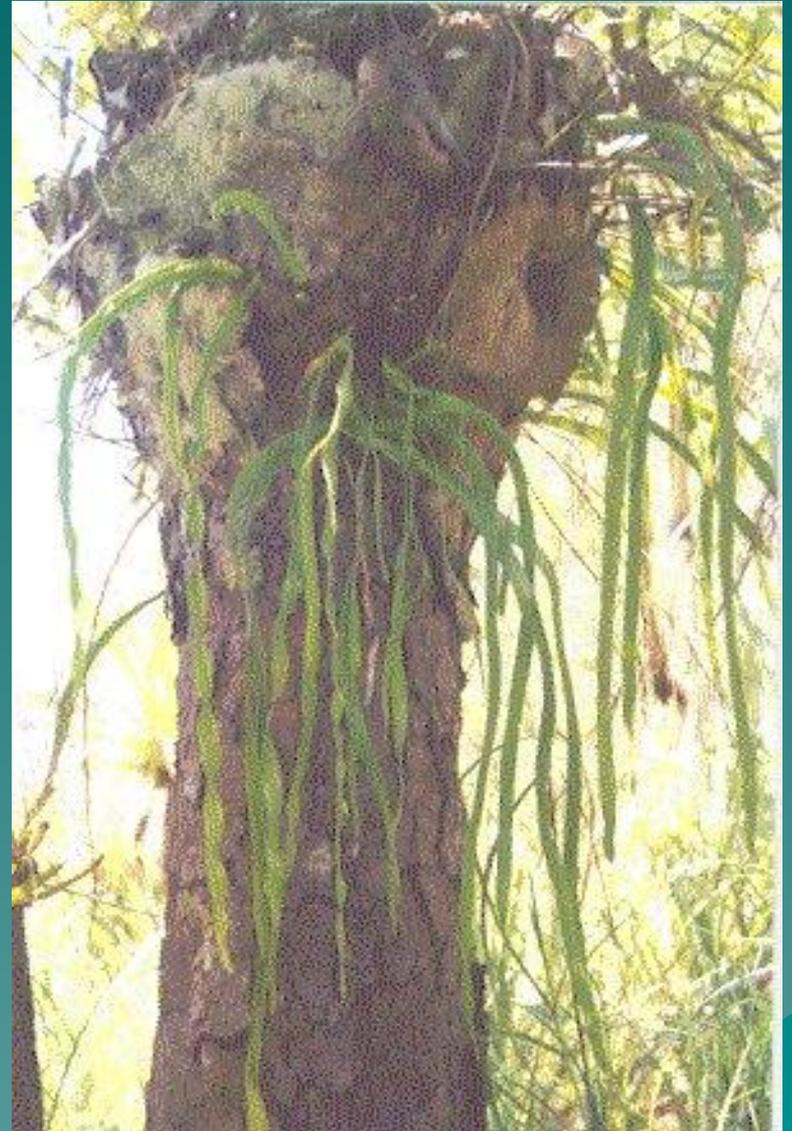


Анатомическое строение корня гроздовника

Различные виды рода *Ophioglossum* (Ужовник)



Ophioglossum vulgatum



Ophioglossum pendulum



Современные папоротники. Основные роды: **ужовник** (*Ophioglossum*) и **гроздовник** (*Botrychium*).

Жизненные формы: многолетние травы небольших размеров.

Улиткообразное закручивание боковых ветвей отсутствует.

Вайи разделены на вегетативную (листовидную) и спороносную части. У ужовника листовидная часть цельная, у гроздовника перистая. В основании ветвей имеются особые выросты, прикрывающие почку.

Ужовник обыкновенный



Foto: Per Ola Karis

Тип стели: протостель, эктофлойная сифнобель и диктиобель. В стебле гроздовника имеется камбиальное кольцо. Камбий откладывает к центру стебля вторичную ксилему, а кнаружи – вторичную флоэму.

Способность ко вторичному утолщению резко отличает узовниковые от остальных современных папоротников.

Гроздовник

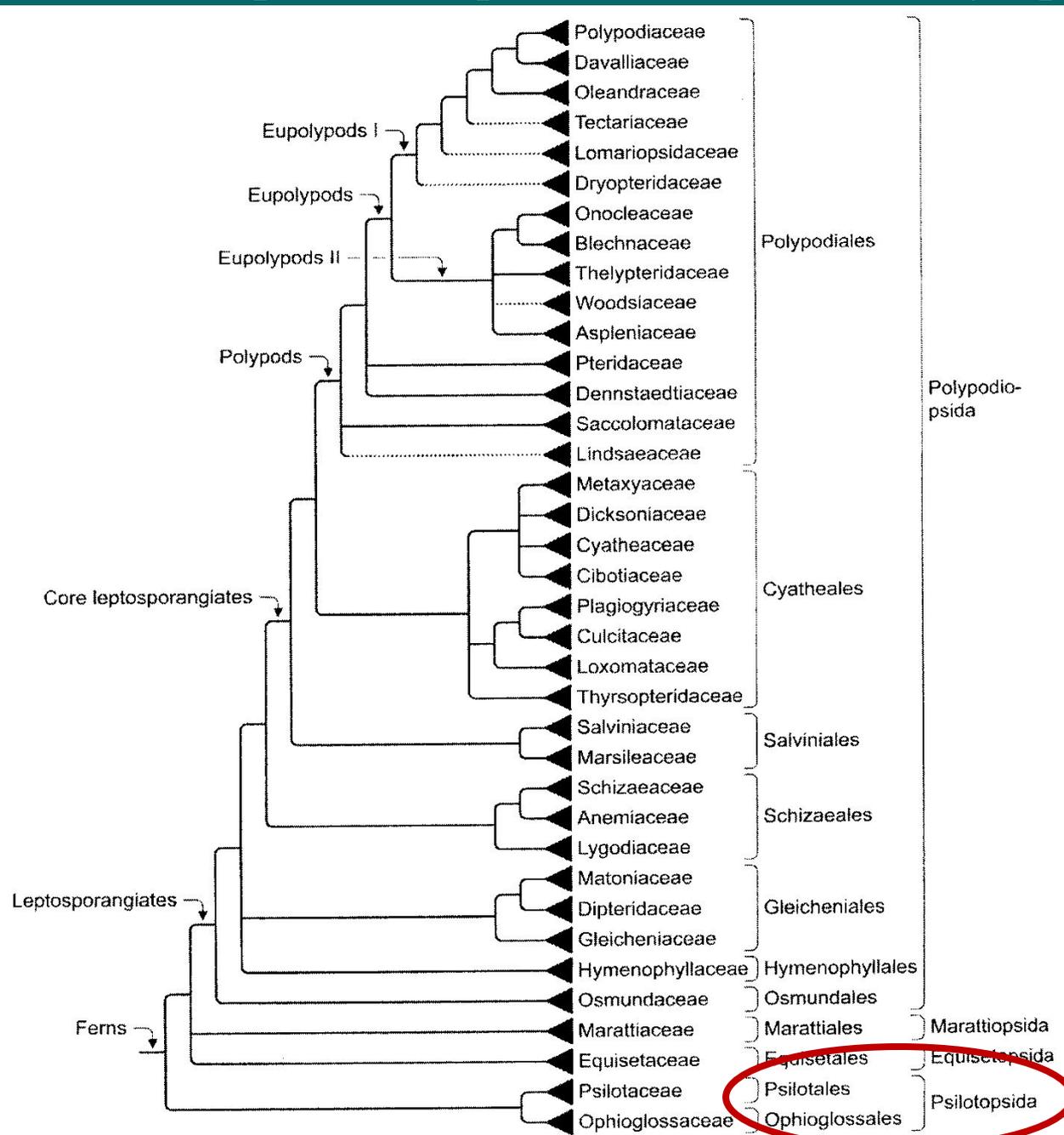
Ophioglossopsida



Ужовник обыкновенный
(*Ophioglossum vulgatum*)

Происхождение: от равноспоровых форм аневрофитовых папоротников или равноспоровых предков археоптерисовых, у которых произошла дифференциация ветвей на вегетативную и спороносную зоны. Очень древняя группа, о чем свидетельствует строение заростков, сходных с заростком **псилотовых**, и наличие в стеблях вторичного утолщения.

Классификация папоротникообразных согласно молекулярным данным

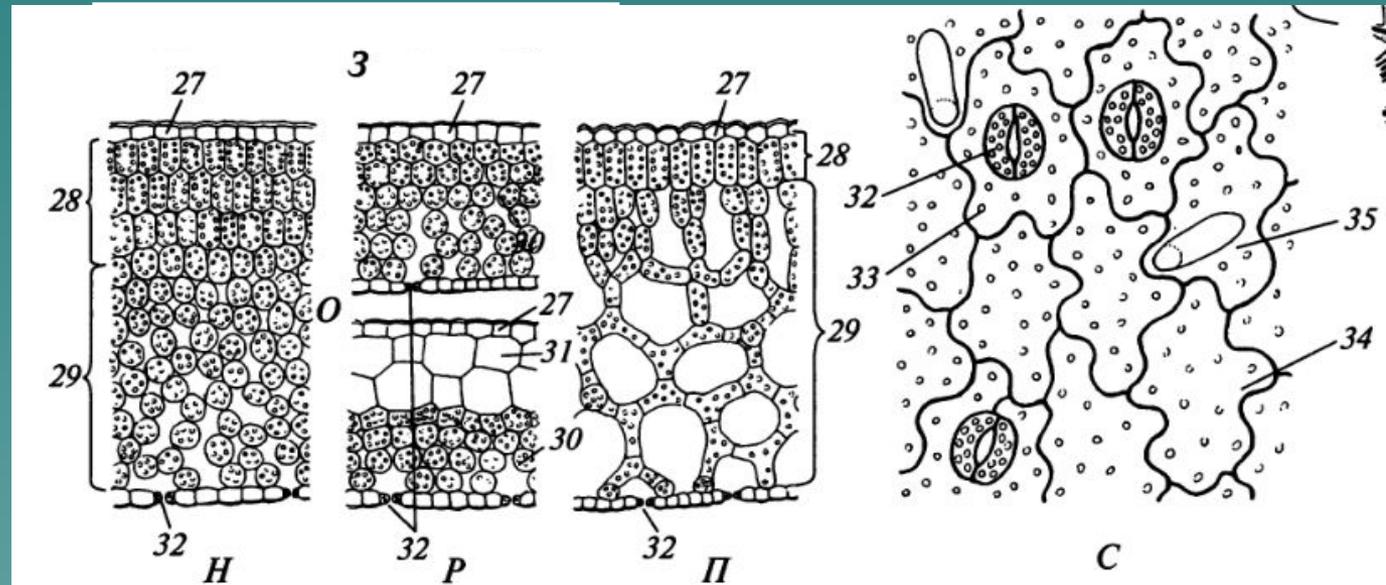


Систематика отдела

5. Класс Polypodiopsida (Многоножковые)

- около 300 родов и 10 000 видов, больше 100 родов - ископаемые
- большинство – многолетние розеточные или длиннокорневищные травы, имеются древовидные растения и лианы. У ряда видов спорофит редуцирован (*Vittaria*)
- первично гоморизные растения, у некоторых – корни оплетают стебель, образуя мантию; имеется ветвление корневой системы
- верхушка вайи закручена на верхнюю сторону
- жилкование от дихотомического до несовершенного сетчатого

- в апексе одна инициальная клетка
- у большинства развита сифоностела, но встречается и гапlostела. В метаксилеме помимо трахеид могут развиваться трахеи
- мезофилл вайи может быть дифференцирован, в эпидерме встречаются устьичные аппараты



- спорангии собраны в сорусы, или спорангии располагаются свободно вдоль края перышка спорофилла полосой. Сорусы могут быть **примитивные – симультанные** (с плоской плацентой и одновременным развитием спорангиев), **продвинутые – градатные** (выступающая плацента и последовательное базипетальное развитие спорангия), **смешанные** (спорангии развиваются неодновременно без определённого порядка)
- большинство - равноспоровые, 5
современных родов – разноспоровые
- гаметофиты – пластинчатый
неветвящийся, или нитчатый



Птерис длиннолистный –
Pteris longifolia

Класс 5 Polypodiopsida (Многоножковые)

Подкласс 1. Полиподиевые (Polypodiidae)

Порядок 1. Осмундовые

Порядок 2. Схизейные

Порядок 3. Полиподиевые

Порядок 4. Циатейные

Подкласс 2. Марсилеевые (Marsileidae)

Порядок 5. Марсилеевые

Подкласс 3. Сальвиниевые (Salviniidae)

Порядок 6. Сальвиниевые

равноспоровые

разноспоровые

Порядок 1. Осмундовые



Вайи разделены на вегетативную и спороносную части.

Спорангии собраны группами у края сегментов, собственно сорусов не образуют.

Использование: измельченные стволы осмунды королевской широко используют как субстрат для выращивания эпифитных тропических орхидей.

Осмунда королевская

Порядок 2. Схизейные

Около 1000 видов.

Распространение и условия обитания:
преобладают в тропиках.

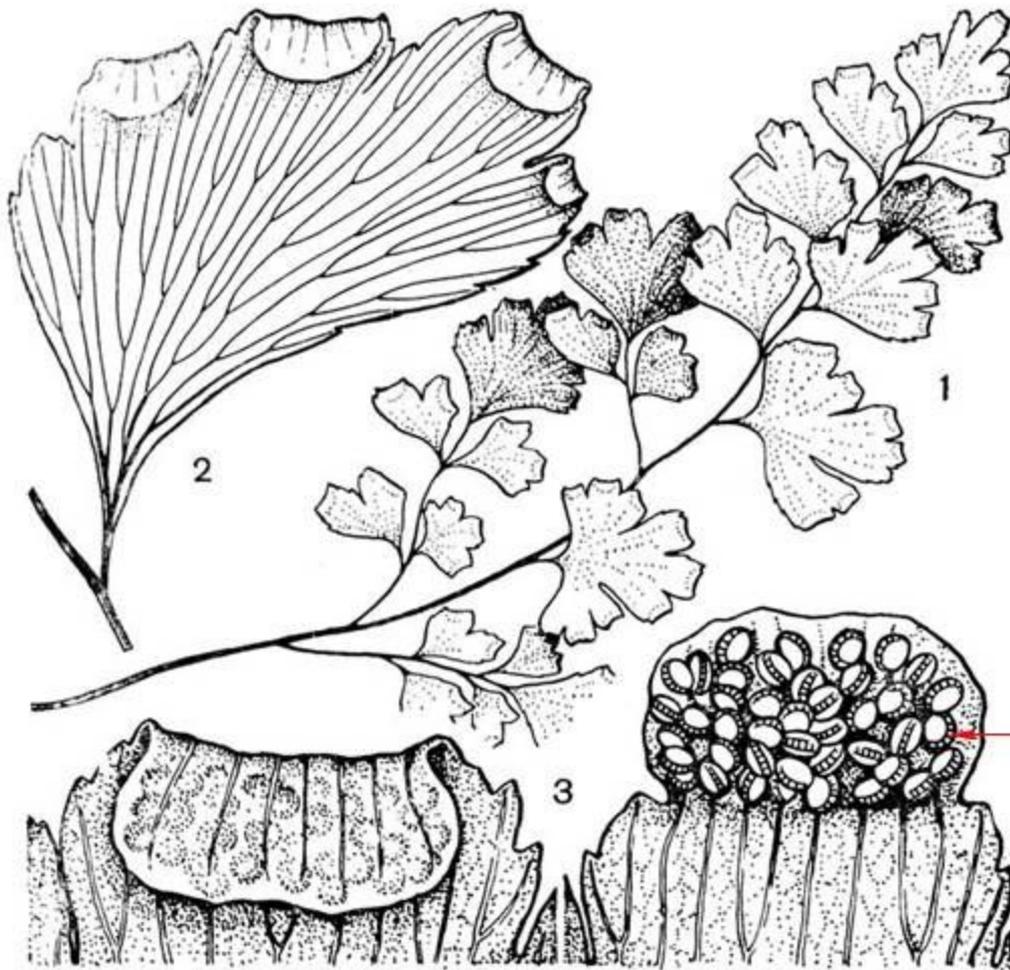
Особенности строения: мелкие незаметные растения – многолетние наземные или эпифитные травы.

Наиболее известен **адиантум венерин волос** (*Adiantum capillus-veneris*, фото), культивируемый в домашних условиях ради декоративной ажурной листвы.



Порядок 2. Схизейные

Сорусы расположены по всей длине жилок или на их концах, где часто сливаются в сплошную краевую линию. Они лишены настоящего покрывальца, но часто защищены загибающимся краем листа и снабжены продольным кольцом толстостенных клеток, способствующих их раскрытию.



Адиантум венерин волос (*Adiantum capillus-veneris*):

1 — часть листа; 2 — сегмент с сорусами; 3 — край сегмента листа.

Порядок 3. Многоножковые

Основные представители: **многоножка** и **олений рог**.

Особенности строения: многолетние наземные или эпифитные травы с мясистым ползучим или укороченным корневищем и двурядно отходящими вайями.

Сорусы округлые или овальные, **без покрывалец**. Иногда их защищают волоски, чешуи или стерильные спорангии, называемые парафизами.



Foto: Ame Anderberg



Foto: Ame Anderberg

Многоножка обыкновенная (*Polypodium vulgare*)

Порядок 3. Полиподиевые



Платицериум двураздельный,
или олений рог
(*Platynerium bifurcatum*)

У **платицериума** нижние вайи специализированные, они образуют подобие корзины, где скапливаются растительные остатки, способствующие питанию растения.

Использование: многие полиподиевые **декоративны**, при этом хорошо переносят сухость воздуха.





Порядок Циатейные Сем. Циатейные

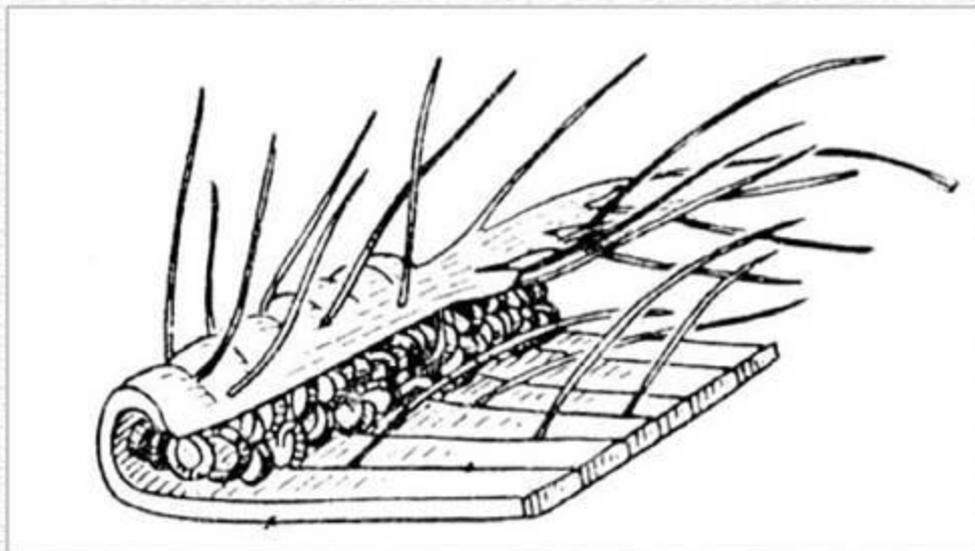
Древовидные (выс. 15 м и более) образуют в тропиках сомкнутые древостои исключительно архаичного облика, подобные лесам юрского периода.

Стволы не обладают вторичным ростом. Их механическая прочность обеспечивается многочисленными придаточными корнями, плотно прилегающими к стеблю. Диаметр таких стволов достигает 2 м. Они легко переносят тропические ураганы, а также лесные пожары. Растения очень декоративны, особенно некоторые **циатеи** (*Cyathea*).

Они широко культивируются в оранжереях и зимних садах. Измельченные стволы часто используют как субстрат для выращивания декоративных эпифитных орхидей.



К этому семейству относится космополитный папоротник **орляк** (*Pteridium aquilinum*). Его сорусы располагаются не одиночно, как у других циатейных, а сливаются в линию и прикрыты загнутым краем листа. Индузии редуцированы.



Корневище орляка горизонтальное, богато крахмалом. Молодые вайи съедобны.

Класс Многоножковые
Порядок Циатейные
Сем. Асплениевые



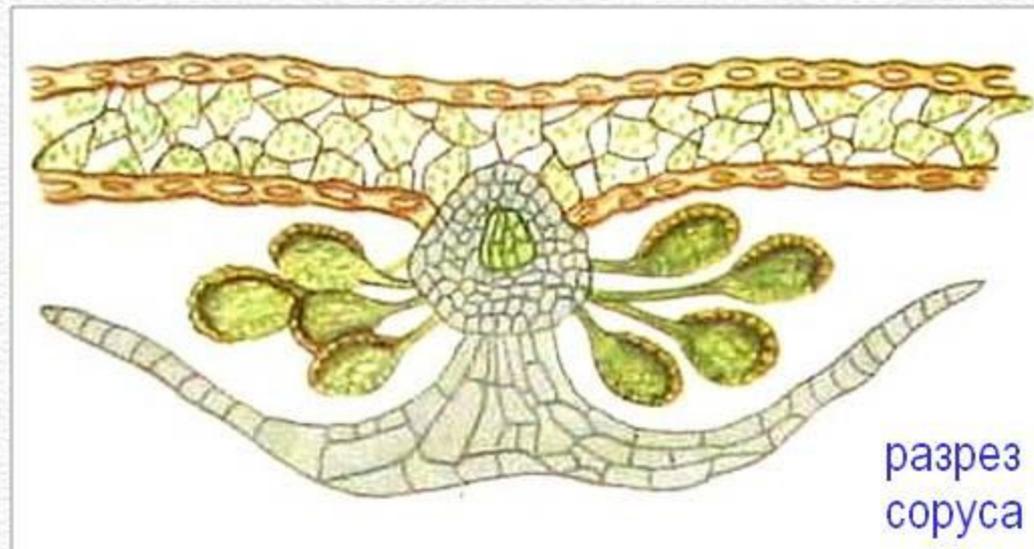
сорусы

Сорусы защищены хорошо развитыми покрывальцами.

К этому семейству относятся характерные обитатели умеренных лесов Евразии – щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina*), страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris*) и др.

На скальных выходах можно встретить асплениумы.

Щитовник мужской
(*Dryopteris filix-mas*)



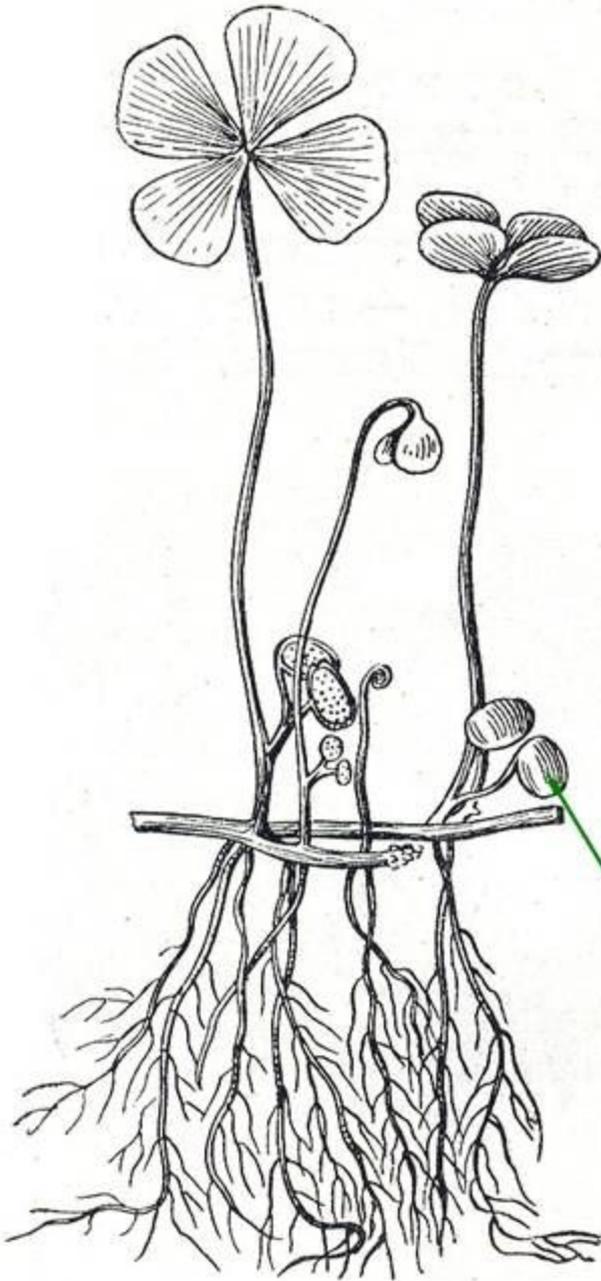
разрез
соруса

Порядок 5. Марсилеевые

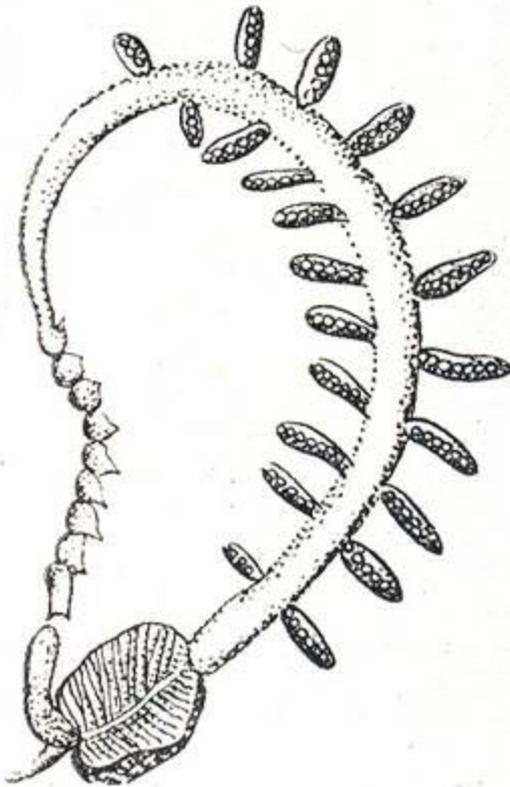
Мелкие земноводные и плавающие травянистые растения. Корневище ползучее. Вайи с длинным тонким рахисом и четырьмя листочками наверху. Они напоминают листья клевера, поэтому **марсилею** называют «водяным клевером».

Споры разные, развиваются в микро- и мегаспорангиях. Они собраны в сорусы, которые заключены в общее вместилище – уникальную структуру – **спорокарпий**. Спорокарпии располагаются парами на рахисе.

Марсилея четырехлистная
(*Marsilea quadrifolia*)



Порядок 5. Марсилеевые



Марсилея четырехлистная
(*Marsilea quadrifolia*)
Спорокарпий

Стенка спорокарпия прочная, выполняет защитную функцию. Спорокарпии способны выдерживать длительную засуху. При увлажнении они быстро раскрываются, вынося наружу **слизистый тяж** (рис.) На его конце расположен ряд мегаспорангиев, а по бокам – два ряда микроспорагиев. Мегаспорангии содержат по одной мегаспоре, микроспорангии – по 64 микроспоры.

Гаметофиты сильно редуцированные, развиваются очень быстро (оплодотворение происходит в течение суток).

Марсилея культивируется как декоративное аквариумное растение.



Внешний вид *Marsilea quadrifolia*





Внешний вид спорокарпиев *Pilularia globulifera*

Вскрывшийся спорокарпий *Marsilea*



Микро- и мегаспорангии *Marsilea*



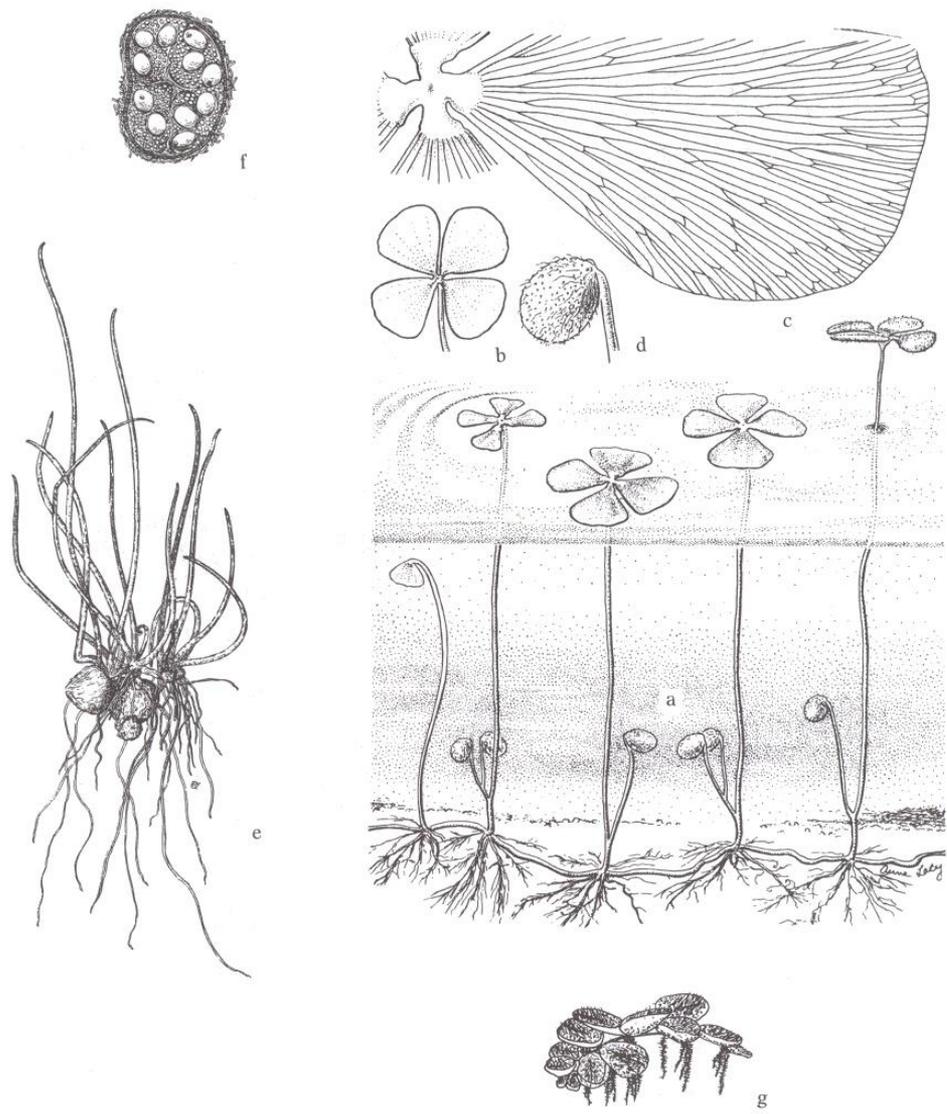
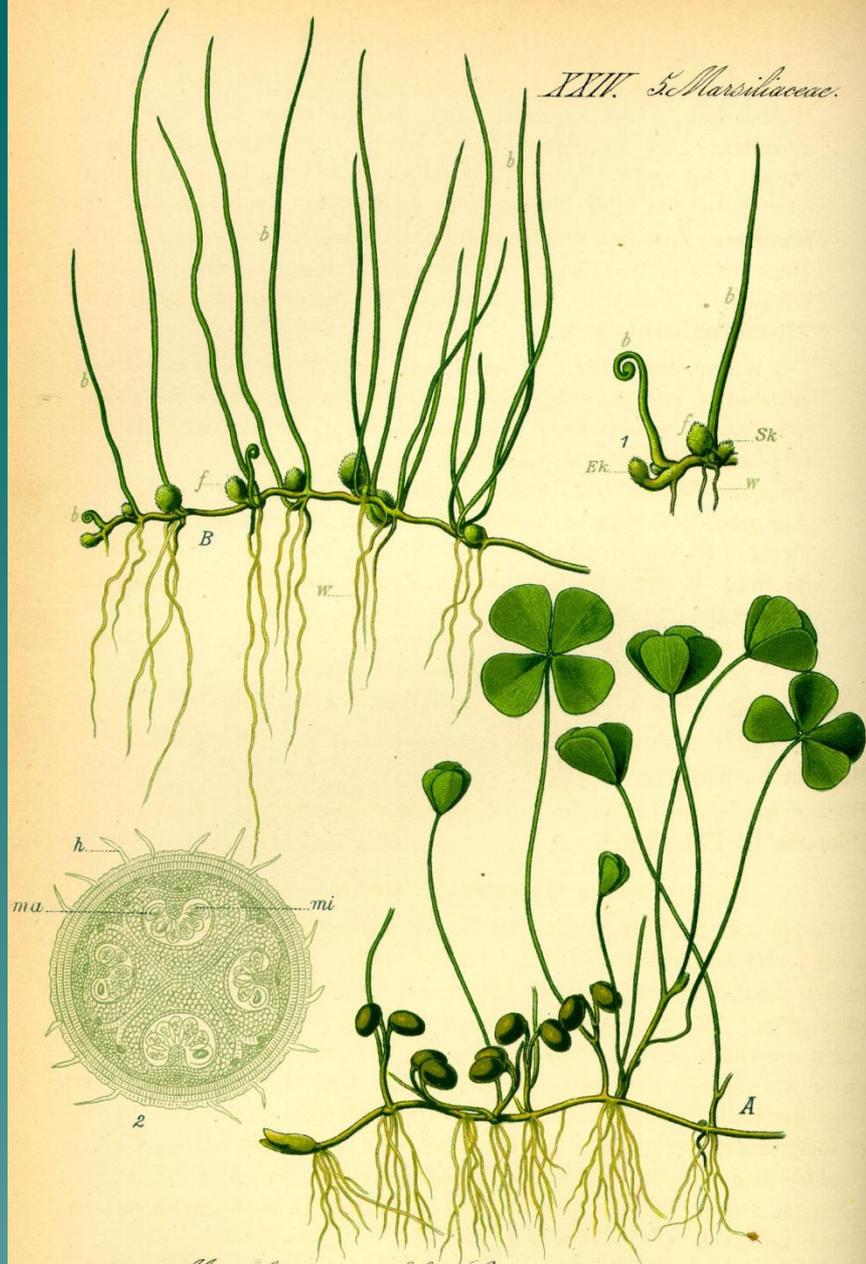


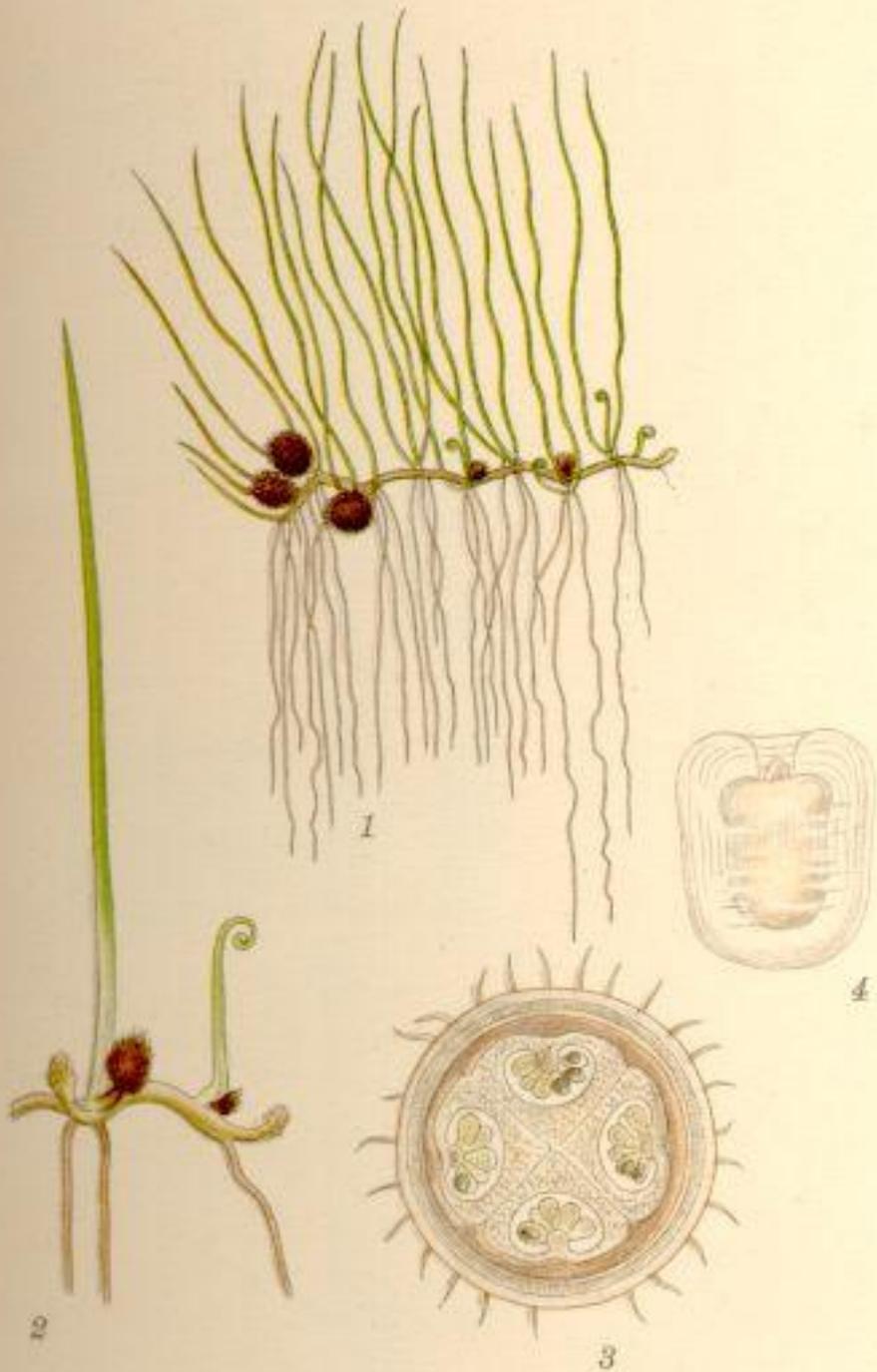
Fig. 29. *Marsilea quadrifolia*: a. habit; b. leaf; c. portion of leaf; d. sporocarp (NYSM).
Pilularia americana: e. habit; f. sporocarp, cross-section showing sporangia (Mason).
Salvinia minima: g. habit (F).



M.A. Marsilea quadrifolia L.
B. Pilularia globulifera L.

Vierblättriger Aleefarn.

Kugelfrüchtiges Pillenkraut.



Внешний вид
Pilularia globulifera

Класс Многоножковые Порядок Сальвиниевые



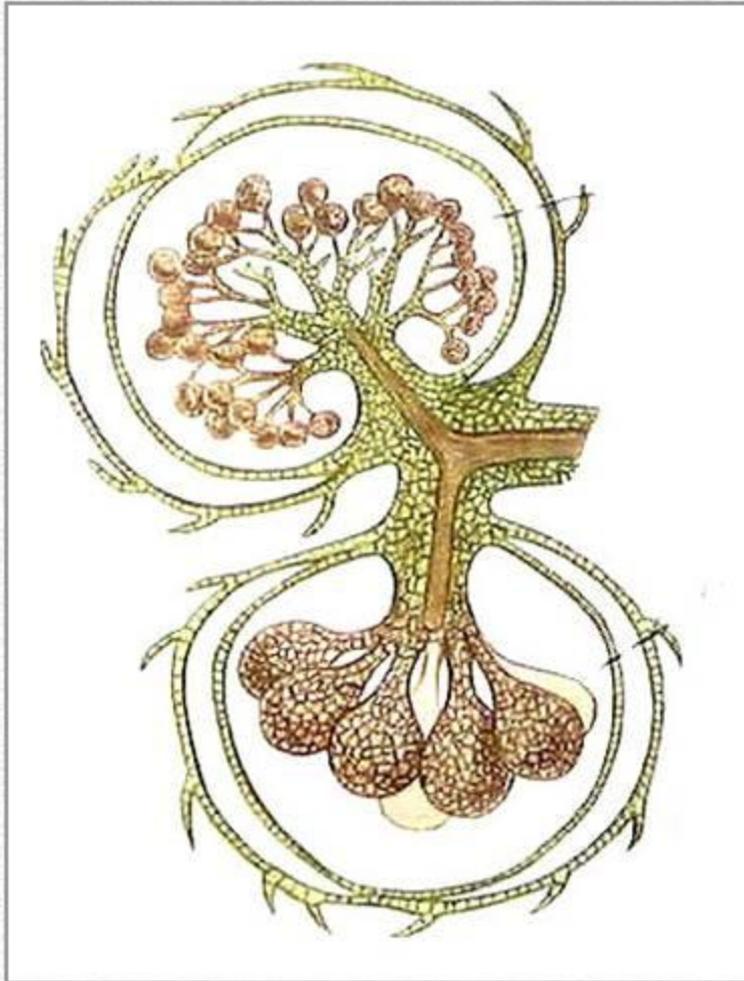
Сальвиния плавающая

Мелкие водные травянистые растения. Корневища полностью лишены корней.

Вайи расположены мутовчато по три: две верхние плавающие, листовидные, третья погружена в воду и рассечена на тонкие корневидные дольки, которые выполняют функцию корня.

На них образуются **микросорусы** и **мегасорусы**.

Порядок 6. Сальвиниевые



Сальвиния плавающая
(*Salvinia natans*)

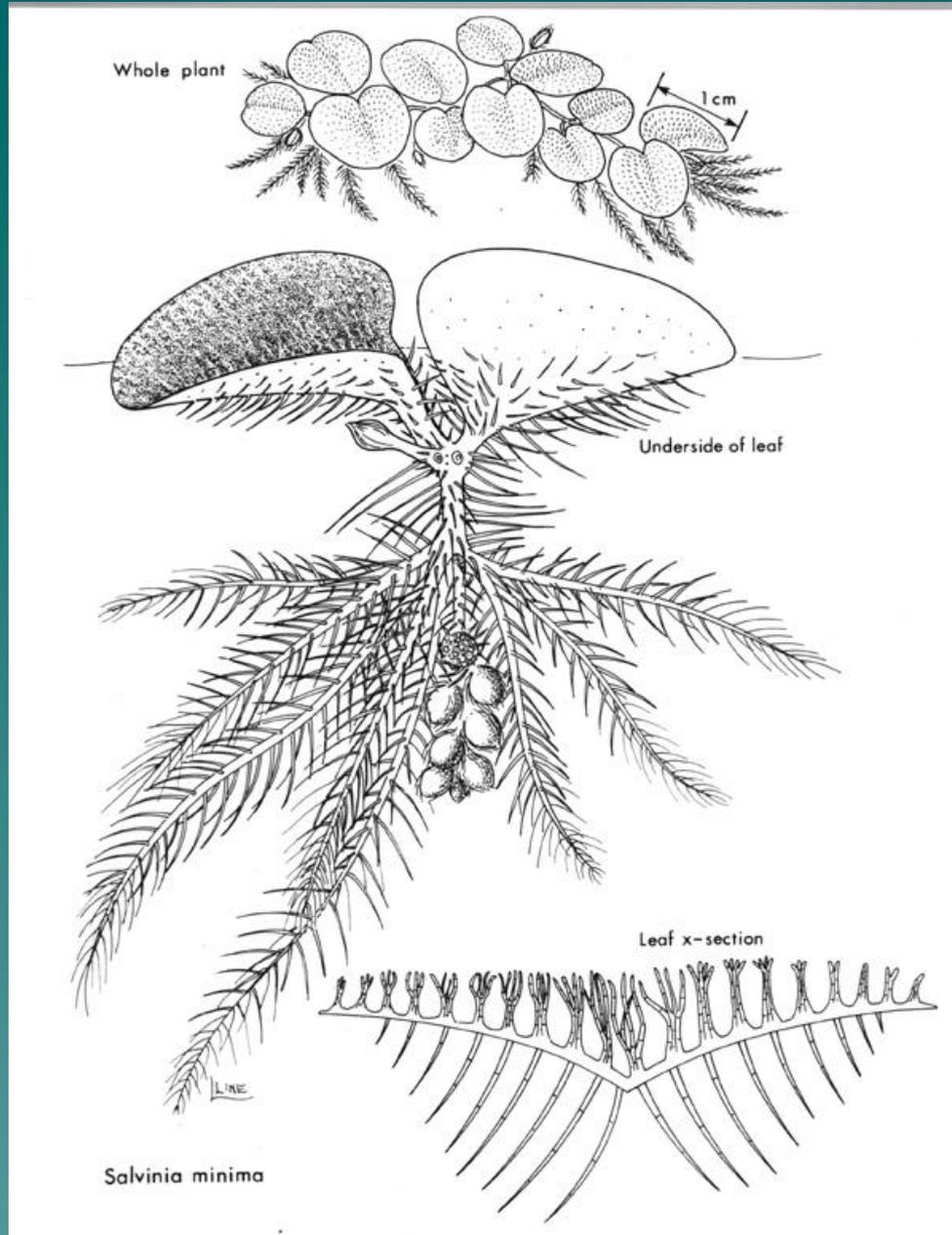
Мегасорус состоит из немногочисленных (до 25) мегаспорангиев. **Микросорус** объединяет до 500 микроспорангиев. В мегаспорангии созревает одна мегаспора, в микроспорангии – 32 или 64 микроспоры. Созревшие сорусы отрываются и погружаются на дно, а после сгнивания покрывальца поднимаются на поверхность. Споры прорастают внутри спорангия.

Гаметофиты сильно редуцированы. Развитие зародыша происходит после оплодотворения без периода покоя.

Полезные свойства. Выращиваются как декоративные аквариумные растения. **Азолла** вступает в симбиоз с цианобактериями, поэтому легко усваивает атмосферный азот. Она используется на рисовых полях как зеленое удобрение.



Внешний вид *Salvinia natans*



Внешний вид *Salvinia minima*



Листья *Salvinia natans*

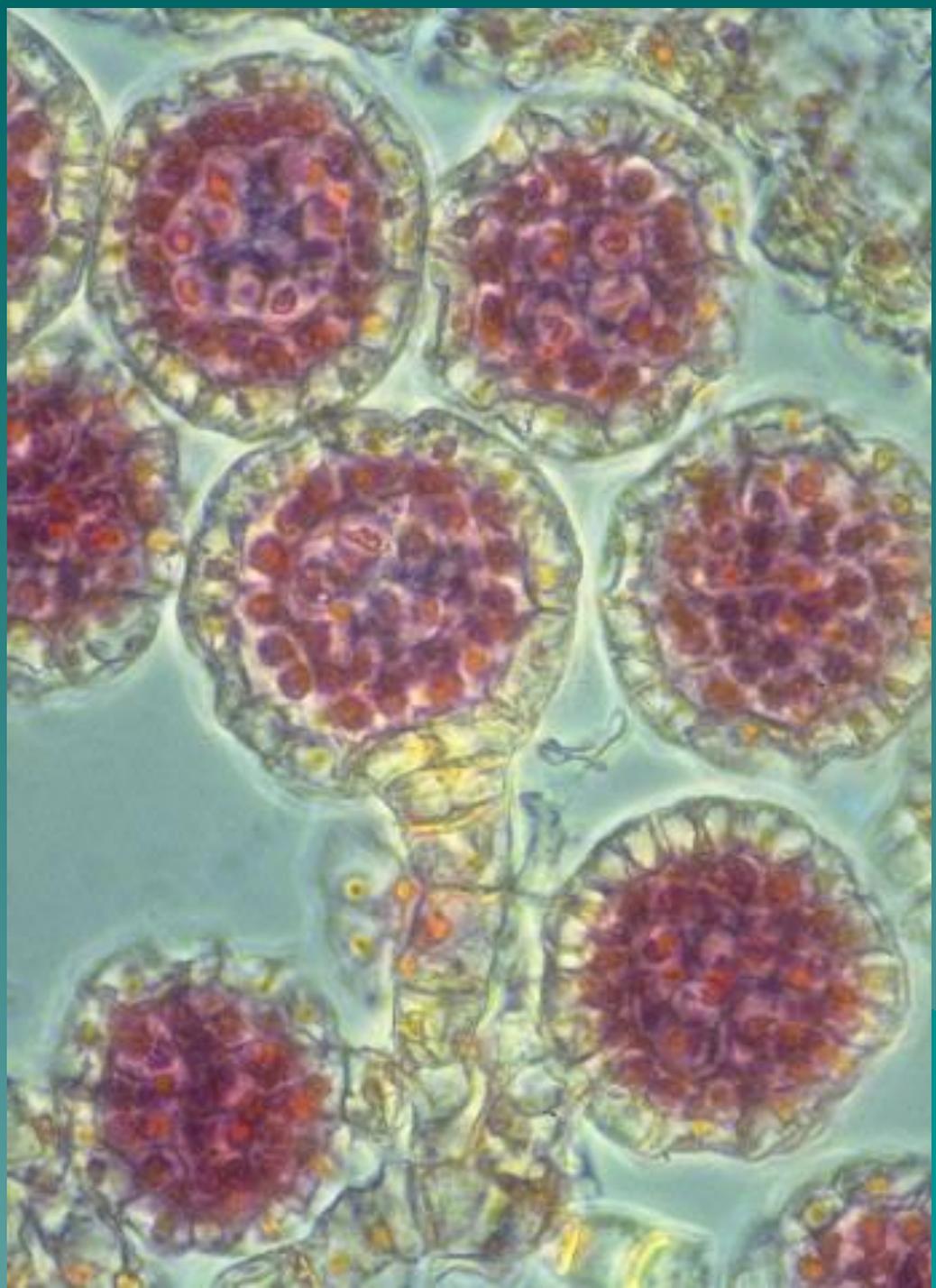


Поверхность листа *Salvinia*



Строение сорусов
Salvinia

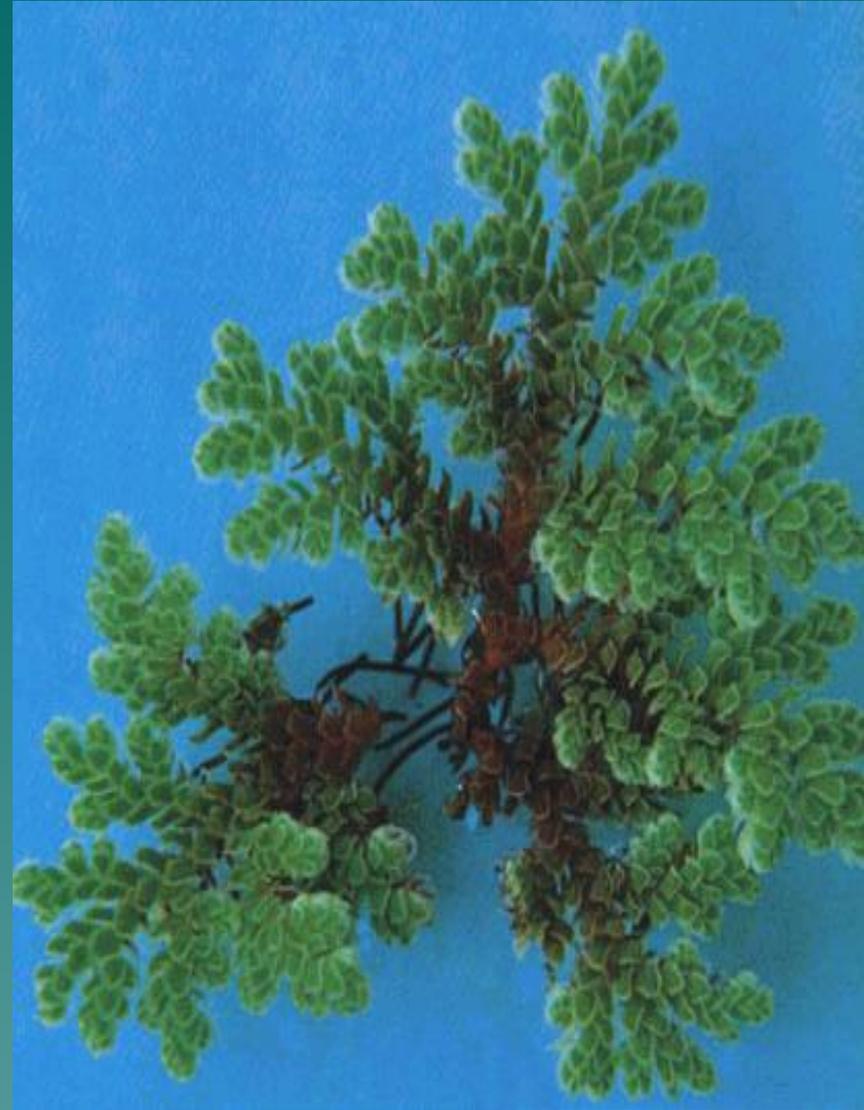
Микроспорангии
Salvinia



Различные виды рода *Azolla* (Азолла)



Azolla caroliniana



Azolla pinnata



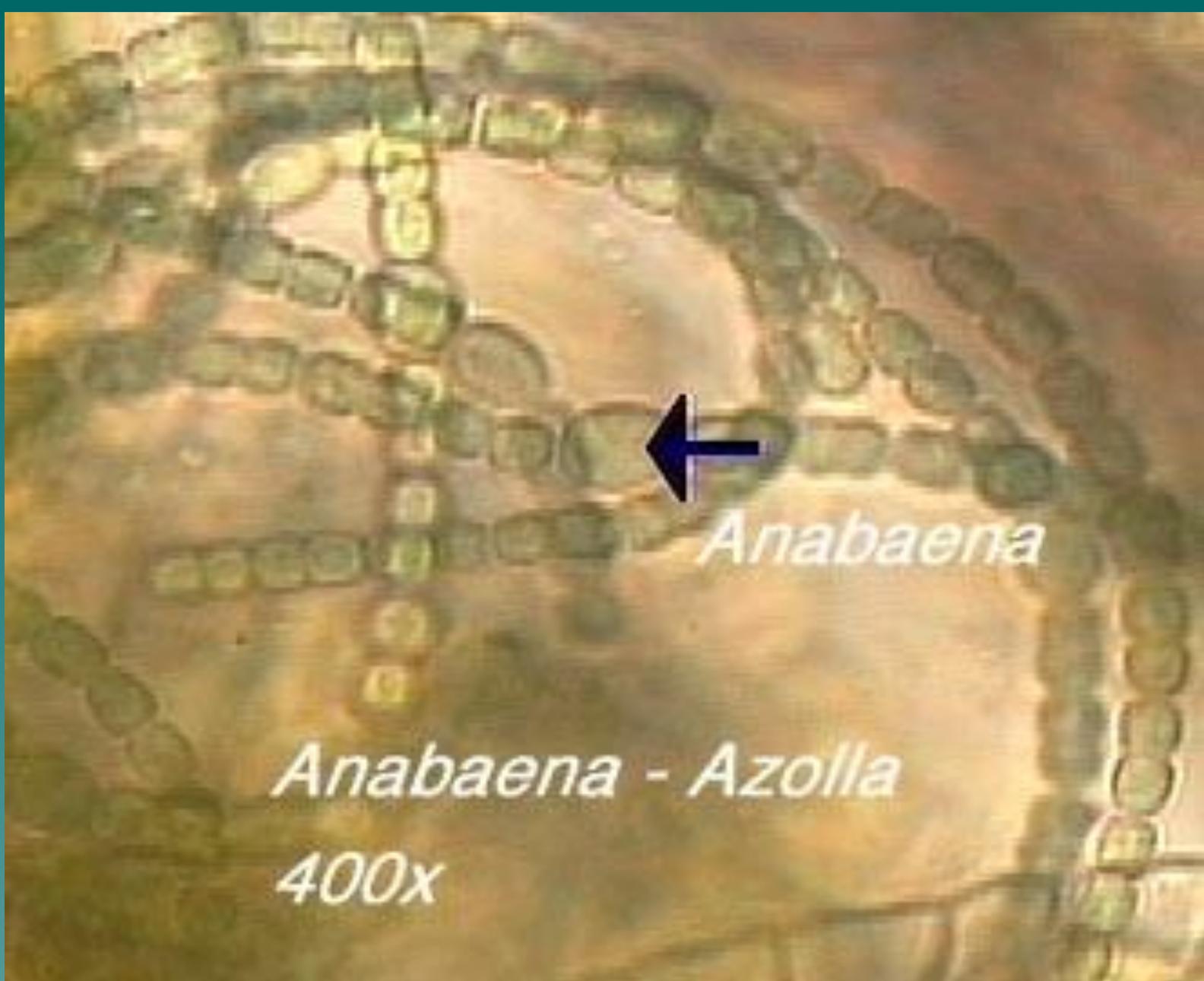
Richard Old
www.xidservices.com



Richard Old
www.xidservices.com



©2003, Gary Fewless

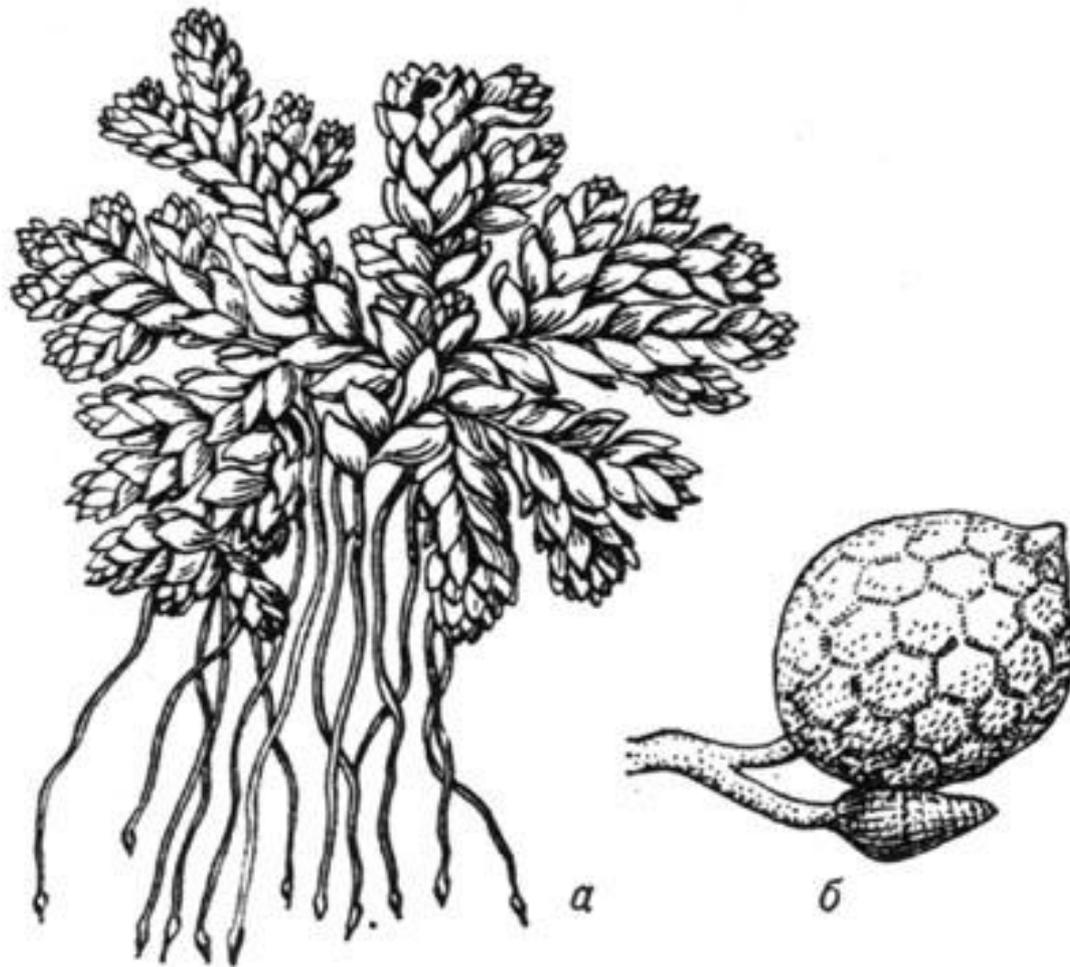


Anabaena

Anabaena - Azolla

400x

Нити *Anabaena azollae* в листьях папоротника



Азолла мелколистная (*A. microphylla*) (сильно увеличено): *а* — общий вид; *б* — сорусы (сверху микросорус, снизу мегасорус).

Сорусы *Azolla microphylla*

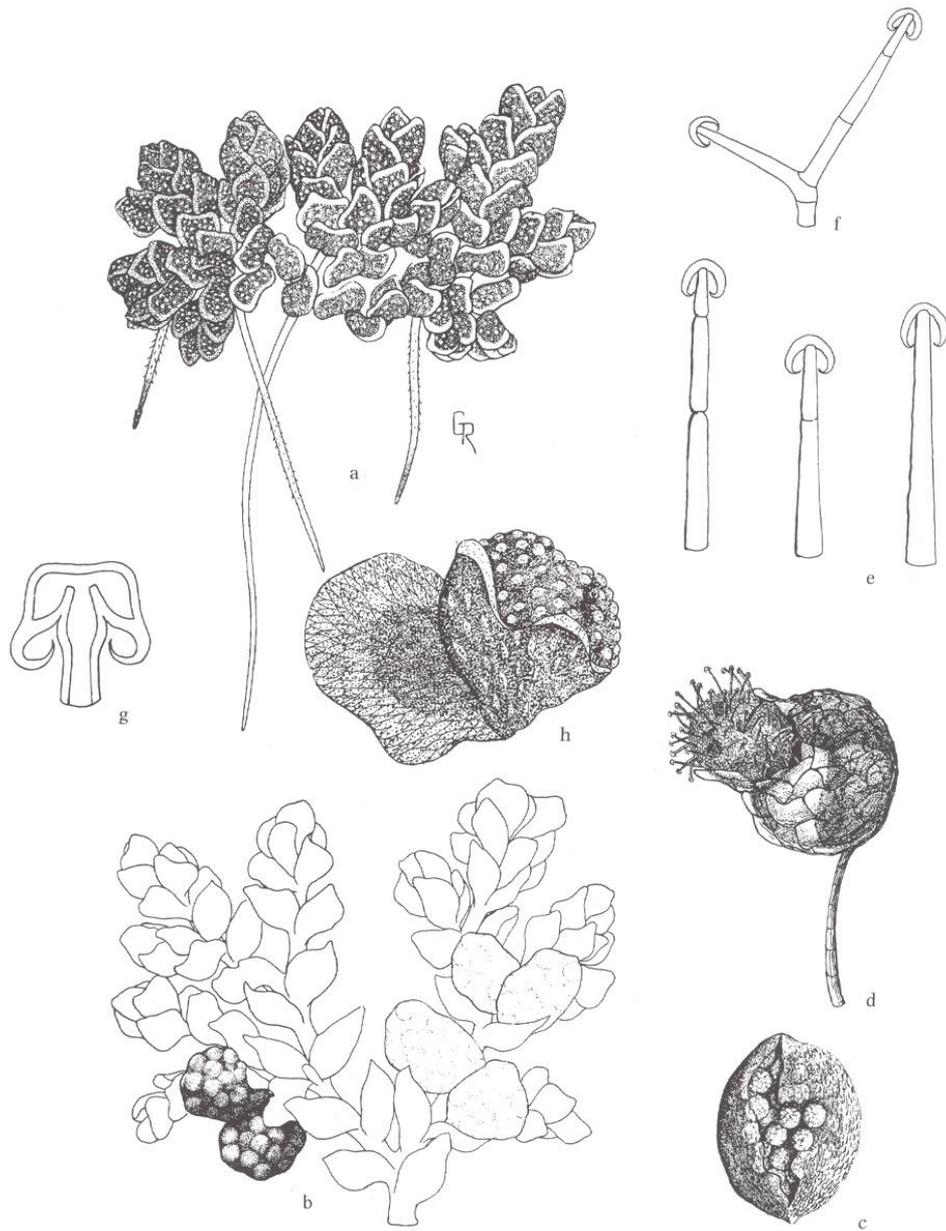
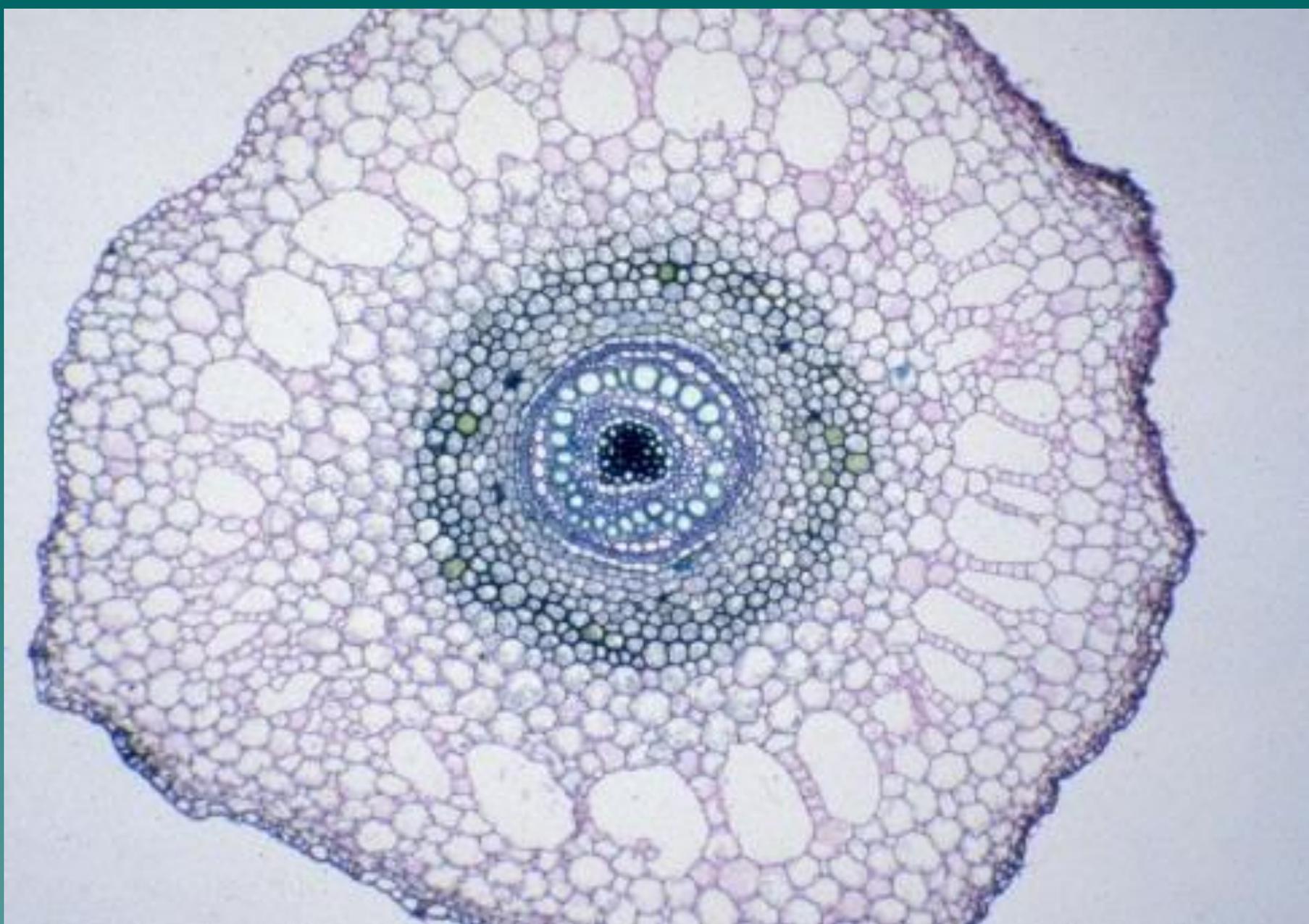


Fig. 30. *Azolla caroliniana*: a. habit; b. lower surface of plant with microsporocarps; c. microsporocarp; d. microsporangium with massula being discharged; e. glochidia types from a single massula; f. 1-branched glochidium; g. tip of glochidium highly magnified; h. 2-lobed leaf (Godfrey, Reinert, and Houk, 1961).



Амфифлойная сифоностель *Marsilea*



Филогенетические связи таксонов Polypodiophyta

