

## ЛЕГКО ЛИ СТАТЬ ДЕРЕВОМ

В «Квантике» № 3 за 2023 год мы познакомились с плаунами – одними из самых архаичных растений, умудрившихся дожить до наших дней. Сегодня отдел плауновидных включает всего три группы: собственно плауны, селягинеллы и полушники.

*Селягинеллы* внешне очень похожи на плауны, иной раз их даже трудно отличить друг от друга.



Селягинелла



Плаун-баранец

*Полушники* вы с плаунами не спутаете – хотя бы потому, что они растут в воде, в чистых озёрах с песчаным дном. (Правда, за пределами России – в Америке и Средиземноморье – есть виды, растущие во влажных местах на суше.) Но их можно принять за какое-то водное цветковое растение, если не заметить спорангии в основании листьев.

В общем, все современные плауновидные – невысокие травки, редкие, не играющие особенно важной роли в природе. Но когда-то среди них встречались на-



Полушник озёрный



Строение полушника. Видны спорангии в основании листьев

стоящие деревья, и они были самыми важными организмами на суше. Дело было в конце девонского и начале каменноугольного периодов...

Тогда на Земле возникли *лепидодендроны* – огромные деревья до 50 метров высотой и до метра в диаметре. Устроены они были ужасно примитивно: их побеги и корни ветвились дихотомически (чем это плохо, мы рассказывали в «Квантике» №3 за 2023 год), древесина медленно проводила воду, тонкая кожа листьев легко её испаряла. Поэтому лепидодендроны могли расти только во влажном климате.



Лепидодендрон: реконструкция общего вида растения и его ветви; окаменевшая кора с чешуйками на месте опавших листьев. (Отсюда пошло название растений – в переводе с греческого «чешуедрево».)

Правда, кое в чём им удалось продвинуться по пути эволюции дальше других. Например, их споры уже были неодинаковы: из крупных макроспор развивались женские заростки, а из мелких – мужские. Это первый шаг на долгом пути к образованию семени. До которого, впрочем, эволюция лепидодендронов не дошла – опять неудача!

Вскоре после появления лепидодендронов, уже в каменноугольном периоде, от папоротников произошли первые голосеменные растения и стали теснить непутёвые лепидодендроны. Те начали мельчать – триасовая *плевромейя* едва достигала 2 метров в высоту – и всё глубже уходила в воду. И в итоге превратились... в полушники. Да, современные полушники – измельчавшие потомки древних лепидодендронов или их ближайших родственников.

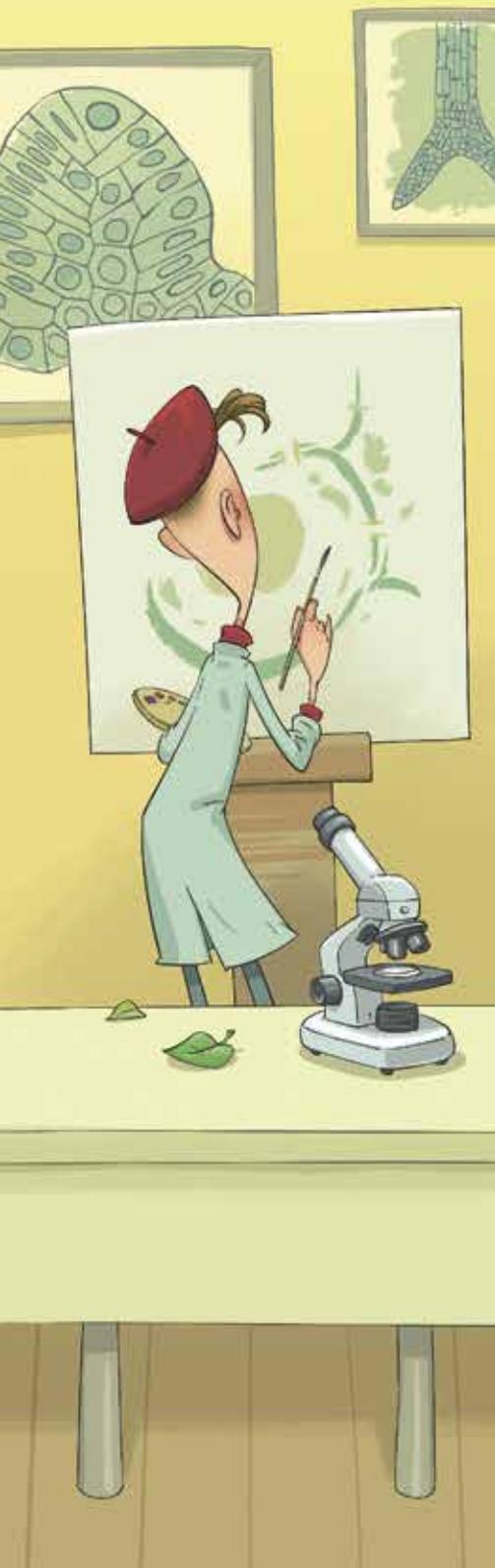
Стать деревьями было весьма непросто. Растениям пришлось преодолевать



Плевромейя

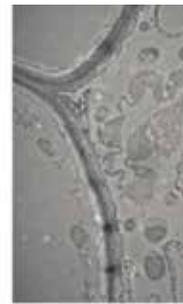
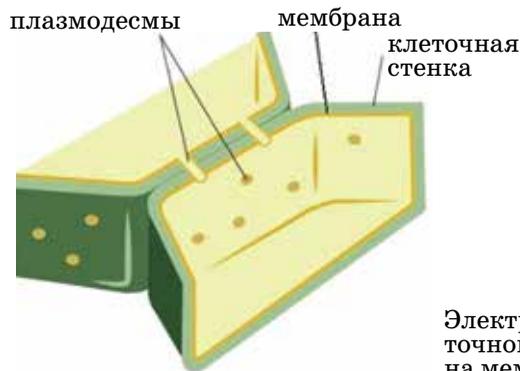


# ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



сложности, которые создавала... главная особенность строения их клеток.

Мы знаем, что клетки растений окружены прочной целлюлозной оболочкой – словно закованы в панцирь. Чтобы не оказаться отрезанными друг от друга и сохранить возможность обмениваться различными веществами, клетки соединены своего рода мостиками – *плазмодесмами*. Эти тонкие трубочки тянутся от клетки к её соседке, пронзая целлюлозные оболочки обеих. Снаружи трубочки покрыты мембраной – такой же, как мембрана клетки; собственно, это её продолжение. Внутри они заполнены цитоплазмой, а в центре плазмодесмы пролегает ещё один мембранный канал. Или, если хотите, кабель – для передачи информации. Да, когда клетки листовых примордиев подают соседкам «команды», сигнальные вещества передаются именно через плазмодесмы.



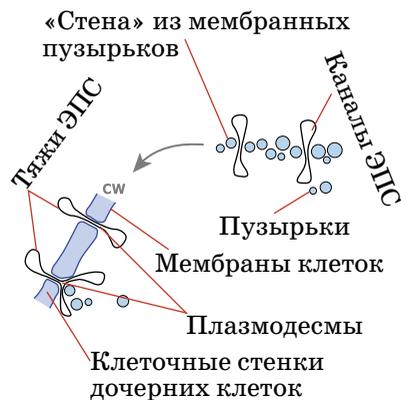
Электронное микрофото клеточной стенки, тёмные точки на мембране – плазмодесмы

Плазмодесмы – цитоплазматические тяжи, соединяющие содержимое соседних клеток. Они проходят через клеточную стенку и представляют собой узкие каналы, выстланные плазматической мембраной

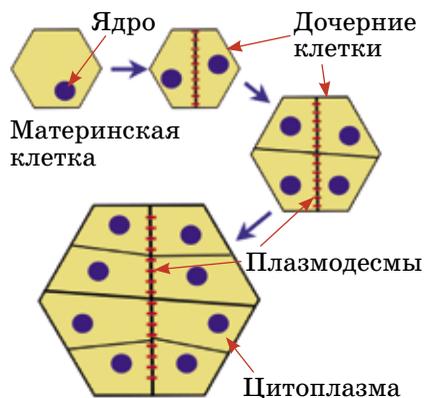


Не путайте мембрану и оболочку! Мягкая мембрана из жироподобных веществ окружает все клетки от животных до бактерий и у всех устроена принципиально сходно. А оболочка (клеточная стенка) – это то, что «надето» поверх мембраны. У растений она состоит из целлюлозы, у грибов – из хитина. А у животных она отсутствует; наши клетки жёсткого панциря лишены.

Плазмодесмы образуются на заключительном этапе деления клетки. Собираясь отгородиться друг от друга, дочерние клетки выстраивают между собой «стенку» из мембранных пузырьков. Затем пузырьки сливаются в единую мембрану (точнее, в две – одной клетки и дру-



Механизм образования плазмодесм



Падение числа первичных плазмодесм при делении клеток

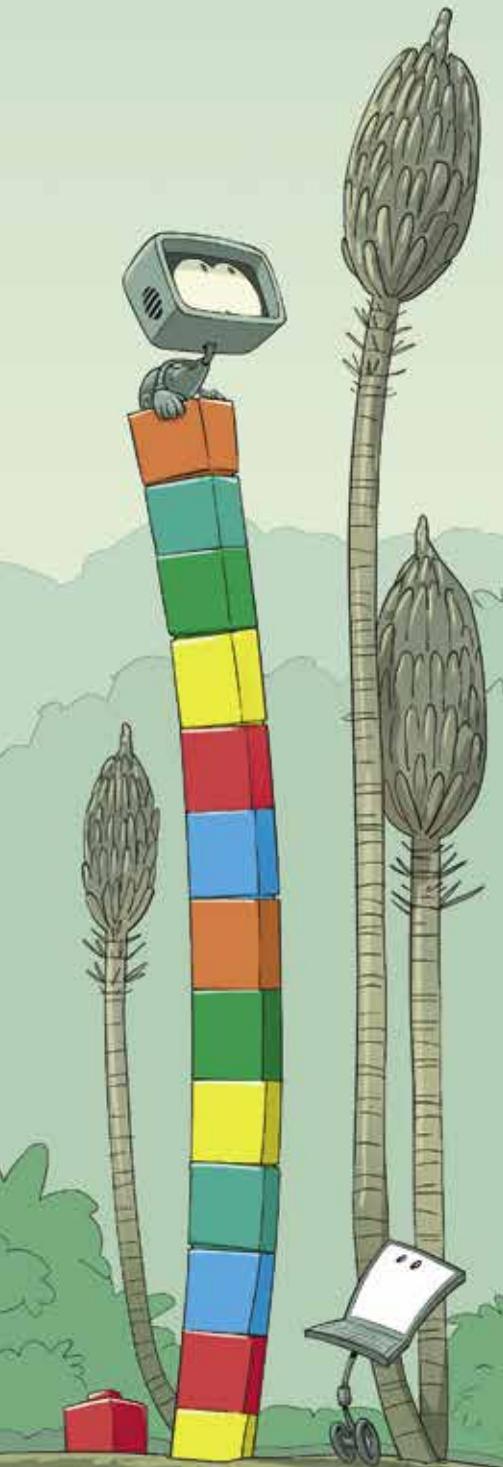
гой), но там, где между ними проходили тяжи каналов эндоплазматической сети (ЭПС), остаются перемычки – они и становятся плазмодесмами.

Нетрудно догадаться, что если при разделении материнской клетки между её «дочками» заложилось, допустим, 1000 плазмодесм, то при следующем делении, если оно пройдёт в плоскости, перпендикулярной плоскости первого деления, между «внучками» останется примерно по 500 плазмодесм. Между «правнучками» – 250, и так далее. В итоге после очень небольшого числа делений клетки фактически останутся без связи. Что же делать?

Логически существует два варианта. Первый – заложить при первом делении так много плазмодесм, чтобы их хватило на много поколений клеток. Но в итоге всё равно «упереться» в предел делений. Второй – научиться «проковыривать» в оболочках дырочки и создавать вторичные плазмодесмы. И со спокойной душой делиться до бесконечности.

Самые эволюционно продвинутые растения – цветковые и голосеменные – «выбрали» второй вариант. Именно это позволило им стать высокими толстыми деревьями. Каждый год ствол сосны или дуба нарастает в толщину с помощью *камбия* – слоя недифференцированных клеток, способных неограниченно делиться. Клетки камбия делятся многие годы – даже тысячи лет! – откладывая всё новые слои древесины и коры, но число плазмодесм между клетками не уменьшается: они умеют образовывать новые.





А вот папоротники и хвощи делать вторичные плазмодесмы так и не «научились». (Некоторые ботаники считают, что «разучились», но мне это кажется сомнительным. Впрочем, этот вопрос пока не решён окончательно.) Поэтому среди папоротников и хвощей нет деревьев, только травы. Потому что рано или поздно запас плазмодесм, заложенный при отделении дочерней клетки от инициальной (см. статью в «Квантике» № 3 за 2023 г.), расходуется. И клетки побега уже не могут делиться и образовывать новые клетки. В том числе не могут наращивать толщину побега.

Да, бывают древовидные папоротники. Они росли ещё в каменноугольном периоде и растут во влажных лесах до сих пор. Но обратите внимание: их стволы не утолщаются в течение жизни. Достигнув в молодости, ещё на уровне земли, определённой толщины, ствол сохраняет постоянный диаметр до конца жизни. При этом не расти вверх он не может – надо же образовывать новые листья. И в итоге рано или поздно тонкое основание ствола не выдерживает веса верхушки, и папоротник заваливается.

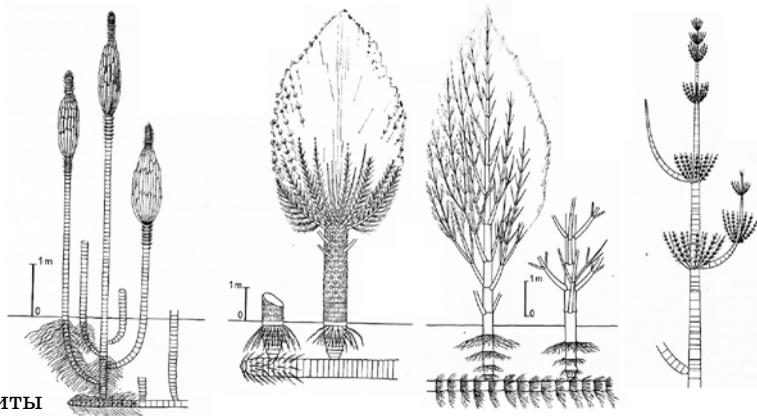


Древовидные папоротники

В каменноугольный период существовали и древовидные родственники хвощей – каламиты. Их стволы, отставшие от подземных корневищ, порой достигали высоты 20 метров – выше яблони, вишни и многих других настоящих деревьев. Но и они не умели утолщать ствол после того, как он вырос. Утолщение происходило только в момент формирования молодого побега: чуть ниже апекса ещё слабодифференцированные клетки интенсивно делились и образовывали толстый ствол.

Обратите внимание: вертикальные побеги каламитов в самом низу (где они только образовались из почки) тонкие, затем, ещё в подземной части, резко расширяются, а далее их толщина остаётся неизменной.

А вот лепидодендроны утолщаться умели, у них был камбий (даже два – для коры и для древесины). И за счёт вторичного утолщения ствола и корней они



Каламиты

могли и на 50 метров вверх вырасти, и удержать тяжелеющую с каждым годом крону.

Полушники унаследовали от предков способность образовывать вторичные плазмодесмы. У них сохраняется даже слабо работающий камбий – иногда он образует новые клетки проводящих тканей.

Есть вторичные плазмодесмы и у плаунов (в узком смысле), хотя их предки, судя по всему, никогда не были деревьями и на камбий у них нет даже намёка. Они так и не сумели «пустить в дело» способность клеток делиться до бесконечности.

А вот у селягинелл вторичные плазмодесмы не образуются. Видимо, не было их и у их предков. Хотя кое в чём селягинеллы «вышли вперёд» плаунов. У плаунов споры одинаковые, а у селягинелл, как и у лепидодендронов с полушниками, разные: макро- и микро-.

Вот так причудливо сочетаются в разных группах древних растений примитивные и продвинутые признаки. И лишь те растения, которые смогли «собрать в себе все передовые технологии», добились эволюционного успеха. Это голосеменные и их потомки – цветковые. А на короткое время добиться процветания удалось и лепидодендронам. Как это помогло планете, мы расскажем в следующих номерах журнала.

**Задача.** Иногда древовидным папоротникам всё же удаётся нарастить толщину своего ствола. Как? Подскажет это фото – спил ствола старого древовидного папоротника диксонии антарктической. (Живёт она не в Антарктиде, но в Южном полушарии: на юго-востоке Австралии и на Тасмании, где в горах выдерживает морозы до  $-5^{\circ}\text{C}$ .)



Художник Мария Усеинова

