

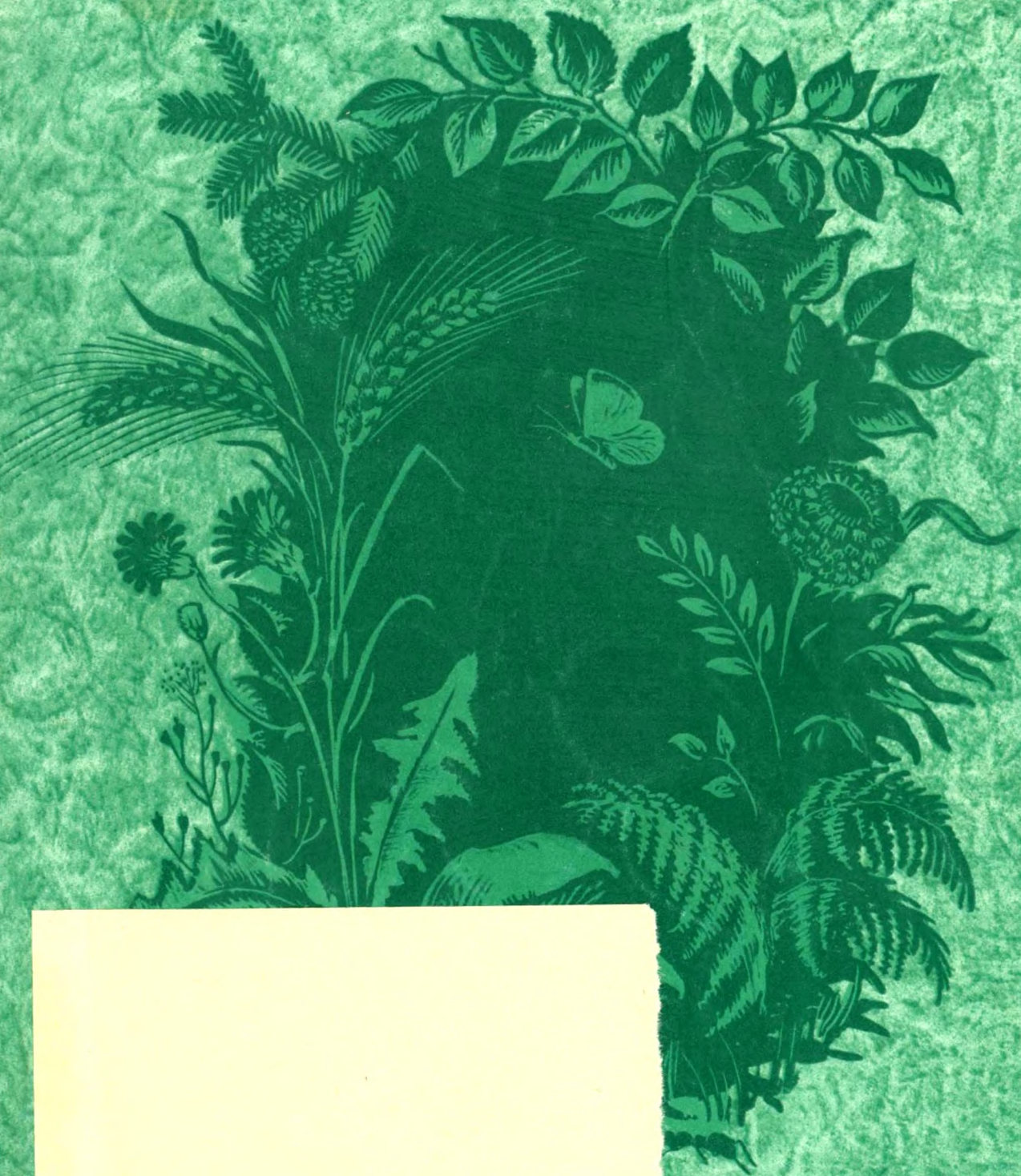


ЖИЗНЬ РАСТЕНИЙ

КАТИМИРЗЕВ



28.5
741





8

7



Портрет К. А. Тимирязева.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

К.А. ТИМИРЯЗЕВ



Десять общедоступных чтений с приложением
четырёх публичных лекций



БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И НАУЧНАЯ РЕДАКЦИЯ

Л.А. ИВАНОВА

члена-корреспондента Академии наук СССР



Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
Москва 1949 Ленинград

28.5
T41

КЛИМЕНТ АРКАДЬЕВИЧ ТИМИРЯЗЕВ

БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

В Москве к Пушкинской площади примыкает Тверской бульвар. На одном конце его стоит памятник великому русскому поэту Александру Сергеевичу Пушкину, на другом — ученому-ботанику Клименту Аркадьевичу Тимирязеву. В расстоянии получаса езды от этого бульвара, на окраине Москвы, находится старейшая в Советском Союзе Сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева (ранее — Петровская академия). Именем К. А. Тимирязева назван Московский исследовательский биологический институт. Много колхозов в различных областях и краях Советского Союза также носят почетное имя К. А. Тимирязева.

Кто же был Тимирязев и что он сделал, чтобы заслужить такой почет от советского народа? На этот вопрос мы получим ответ, когда познакомимся с его биографией.

ДЕТСТВО И ОТРОЧЕСТВО

Тимирязев родился 23 мая 1843 года в Петербурге, по его словам, «буквально в двух шагах от той скалы, на которую взлетает гигант на бронзовом коне» (здесь подразумевается памятник Петру I), в самом начале той Галерной улицы, которую менее чем за два десятка лет перед тем залил кровью народа «победитель» 14 декабря — Николай I. Прожив первые двадцать пять лет своей жизни в Петербурге, Климент Аркадьевич и под конец своих дней вспоминает о нем как о любимом городе. Приводя исторические дни, которые пришлось пережить Петербургу: 14 декабря 1825 года — восстание декабристов, 19 февра-

ля 1861 года — так называемое «освобождение» крестьян, 9 января 1905 года — расстрел мирной демонстрации рабочих у Зимнего дворца, 27 февраля 1917 года — день свержения самодержавия и, наконец, 25 октября — день Великой пролетарской революции, — он спрашивал: «Где тот город, который провел бы столько же и таких дней всего на протяжении одного столетия?»

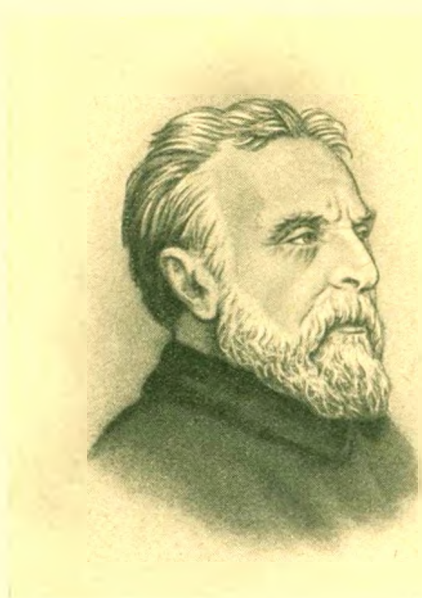
Родился Тимирязев в дворянской семье. Семья средств не имела. Отец его, Аркадий Семенович, служил в Петербурге директором таможни. Несмотря на свое служебное положение, он придерживался республиканских идей. Даже после восстания декабристов 1825 года, в дни жестокой реакции, отец Тимирязева не изменил своим политическим взглядам.

«Однажды, — рассказывал Климент Аркадьевич, — когда в 1848 году¹ один собеседник пристал к отцу с вопросом: «Какую карьеру готовите вы своим четырем сыновьям?» — отец отшучивался, но когда тот не отставал, ответил: «Какую карьеру? А вот какую. Сошью пять синих блуз, как у французских рабочих, куплю пять ружей, и пойдем с друзьями на Зимний дворец».

Вероятно, под влиянием отца Тимирязев увлекался историей революционного движения.

«Особенно останавливали на себе мое внимание, — говорил он, — трагически-величавые образы борцов за правду и свободу во всех ее видах, которые роковым образом падали жертвами этой борьбы». «К Робеспьеру меня

¹ В этом году революционная волна потрясла почти всю Западную Европу.



А. С. Тимирязев, отец К. А. Тимирязева.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

влекли слышанные еще в детстве слова отца, убежденного республиканца эпохи Николая I: «Честный это был человек, чистый, святой человек».

Мать Климента Аркадьевича Тимирязева ненавидела деспотическую монархию Николая I и воспитывала своих сыновей в духе этой ненависти.

Климент Аркадьевич рассказывал, как пятилетним мальчиком воспринимал он поход Николая I в 1848 году в Венгрию для подавления народного восстания венгров. «Между тем как кругом все ликовало по поводу побед, — писал он, — дома от отца и матери я слышал о несчастных венграх и их герое Кошуте¹ и живо помню две картинки: на одной был изображен триумфальный въезд в Лондон героя побежденных Кошута, а на другой рабочие известной лондонской пивоварни (Баркли и Перкипс) избивали палками героя победителей, позорно знаменитого австрийского генерала Гайнау»².

В такой семье, которую сам Тимирязев считал «выше окружающей среды», воспитывался Климент Аркадьевич. Уже с детских лет Тимирязев получил отвращение ко всему реакционному, и этим он считал себя обязанным своим

родителям. Последнюю свою книгу — «Наука и демократия», изданную в 1920 году, Климент Аркадьевич посвятил отцу и матери следующими словами: «С первых проблесков моего сознания, в ту темную пору, когда, по словам поэта, «под кровлею отеческой не западало ни одно жизни чистой, человеческой, плодотворное зерно», вы внушали мне, словом и примером, безграничную любовь к истине и кипучую ненависть ко всякой, особенно общественной неправде».

Таково было воспитание, полученное К. А. Тимирязевым в детстве, в дни тяжелой николаевской реакции. Его юношеские годы совпали с памятными в русской истории «шестидесятыми» годами. Этот период начался, по его словам, со второй половины 50-х годов, вместе с наступлением его юности, когда «повеяло дуновением общей весны, которое пронеслось из края в край страны, пробуждая от умственного окования и спячки, сковывавших ее более четверти столетия». Через полстолетия Ленин характеризовал этот период как время, когда «самый осторожный и трезвый политик должен был бы признать рево-



А. К. Тимирязева, мать К. А. Тимирязева.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.
(Публикуется впервые.)

¹ Кошут — один из вождей революции 1848 года в Венгрии.

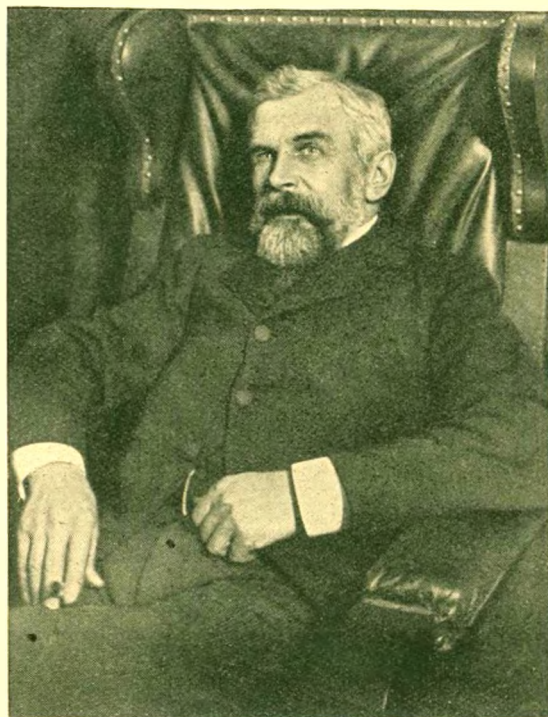
² Гайнау — австрийский фельдмаршал, отличавшийся чрезвычайной жестокостью во время войны Австрии против Италии и Венгрии, боровшихся за свою независимость.

люционный взрыв вполне возможным и крестьянское восстание — опасностью весьма серьезной»¹.

В это время Тимирязев дома подготовлялся к университету и тем самым избежал гнетущего режима старой гимназии, которая подавляла индивидуальность, чувство собственного достоинства, развивала угодничество и вместе с тем давала мало знаний. Дома он прекрасно изучил иностранные языки, из которых английский и французский знал в совершенстве. Он очень хорошо ознакомился с художественной русской и иностранной литературой.

Подготовиться к университету Клименту Аркадьевичу помогали не только родители, но и брат Дмитрий Аркадьевич, который был старше его на шесть лет. Один из сборников своих лекций — «Насущные задачи современного естествознания» — в 1901 году Климент Аркадьевич посвящает брату, называя его первым своим учителем естествознания. Влияние брата следует оценить тем более, что родители Тимирязева не вполне понимали значение естественных наук. Так, когда старший брат стал заниматься химией, это вызвало неодобрение всей семьи. «На что ему химия, — говорили родители, — разве он готовит себя в аптекаря? Уж если на то пошло, стал бы учиться медицине. Может, вышел бы из него второй Пирогов»². Несмотря на такое отношение родителей к занятиям по естествознанию, Дмитрию Аркадьевичу удалось отстоять право заниматься естественными науками. И когда, через пять-шесть лет, Климент Аркадьевич стал заниматься ботаникой, это уже никого не смущало.

Еще до поступления Тимирязева в университет отец его лишился службы, и большая семья из восьми человек должна была жить на ничтожную пенсию. К. А. Тимирязеву пришлось зарабатывать средства к жизни переводами романов иностранных писателей. Через его руки прошла, по его словам, «не одна погонная сажень томов» иностранных романов, переведенных на русский язык. В письме к студентам рабфака он говорит, что уже «с пятнадцатилетнего возраста моя левая рука не израсходовала ни одного гроша, которого не заработала бы правая. Зарабатывание средств существования, как всегда бывает при таких условиях, стало на первом плане, а занятие наукой было делом страсти в часы досуга, свободные от занятий, вызванных нуждой, зато я мог утешать себя мыслью, что делаю



Д. А. Тимирязев, брат К. А. Тимирязева.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.
(Публикуется впервые.)

это на собственный страх, а не сижу на горбу скромных тружеников, как дитя помещиков и купеческие сынки».

УНИВЕРСИТЕТ

В 1861 году восемнадцатилетний Тимирязев поступил в Петербургский университет. По желанию отца, он избрал камеральный факультет¹, но вскоре перешел на естественный. Решающее значение для развития мирозерцания Климента Аркадьевича имели идеи революционных демократов — шестидесятников Чернышевского, Добролюбова, Писарева. Уже в то время передовые общественные идеи были неразрывно связаны с передовыми естественно-научными взглядами. В начале 60-х годов прошлого столетия жизнь в наших университетах, и в особенности в Петербургском, проходила очень бурно. В то время студенты впервые стали выступать организованно. Особенно сильные волнения были в 1861 году, когда Тимирязев поступил в университет. Возникли они по следующему поводу. Осенью 1861 года в университетах ввели

¹ В. И. Ленин. Сочинения, изд. 3-е, т. IV, стр. 126.

² Н. И. Пирогов (1810—1881) — знаменитый русский анатом и хирург.

¹ Камеральный факультет по своей программе соответствовал современным экономическим факультетам.



Петербургский университет, в котором учился К. А. Тимирязев с 1861 по 1866 г.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

новые правила — матрикулы. По этим правилам студентам запрещалось организовывать собрания, посещать лекции других факультетов, иметь студенческую кассу, библиотеку. Для всех студентов, невзирая на их различную обеспеченность, установили одинаковую, повышенную плату за ученье. Эти правила взволновали студентов, привели к шумным студенческим собраниям, после которых университет был закрыт. Обратно принимали только тех студентов, которые подписали правила — матрикулы. Климент Аркадьевич отказался их подписать и вместе с другими студентами был исключен из университета.

В то время Тимирязев впервые испытал внутреннюю борьбу между личными интересами и общественным долгом. Много лет спустя он так оценивал свой поступок:

«Вспоминался мне и старик-отец, с утонченной деликатностью не позволивший себе усложнить своими порицаниями или одобрениями ту бурю, которая кипела под молодым черепом... Для меня лично наука была все. К этому чувству не примешивалось никаких соображений о карьере — не потому, чтобы я находился в особых благоприятных обстоятельствах, нет, я сам

зарабатывал свое пропитание, — а просто мысли о карьере, о будущем не было места в голове: слишком полна она была настоящим. Но вот налетела буря в образе, недоброй памяти, министра Путятина с его пресловутыми матрикулами. Приходилось или подчиниться новому, полицейскому строю, или отказаться от университета, отказаться, может быть, навсегда от науки, — и тысячи из нас не колебались в выборе. Дело было, конечно, не в каких-то матрикулах, а в убеждении, что мы в своей скромной доле делаем общее дело, даем отпор первому дуновению реакции, — в убеждении, что сдаваться перед этой реакцией позорно... Любопытная подробность: мы продолжали любить и уважать своих не только профессоров, но и учителей: А. Н. Бекетова, Н. Н. Соколова, оставшихся на бреши разгромленного университета, а они уважали нас, отсутствовавших, более, чем тех, которые продолжали посещать опустевшие аудитории.

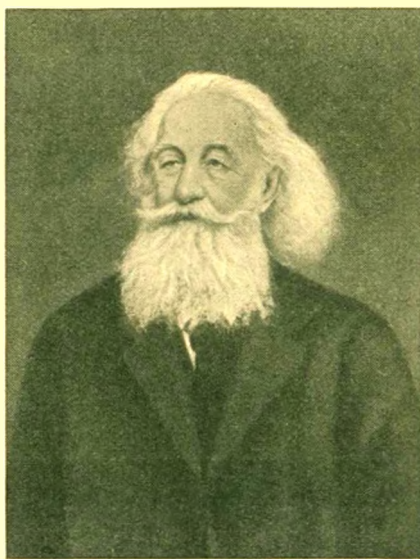
И вот теперь, на седьмом десятке, — продолжал Тимирязев, — когда можешь относиться к своему далекому прошлому, как беспристрастный зритель, я благодарю судьбу или,

вернее, окружающую меня среду, что поступил так, как поступил. Наука не ушла от меня, — она никогда не уйдет от тех, кто ее бескорыстно и непритворно любит; а что стало бы с моим нравственным характером, если бы я не устоял перед первым испытанием, если бы первая нравственная борьба окончилась компромиссом. Ведь мог же и я утешить себя, что, слушая лекции химии, я «служу своему народу». Впрочем, нет, я этого не мог, — эта отвратительная, фарисейская, самонадеянная фраза тогда еще не была пущена в ход».

В этих строках сказался нравственный облик Тимирязева, каким он сложился в молодые годы и каким он остался до конца его дней, пройдя через все тяжелые житейские испытания.

После событий 1861 года Тимирязев вынужден был перейти на положение студента-вольнослушателя. В те годы вольнослушатели могли не только посещать лекции, но и работать в лабораториях. Это был краткий период начала 60-х годов, когда сама жизнь отбрасывала те многочисленные ограничения и запрещения, которые делали университетское образование привилегией ничтожного меньшинства. Тимирязев рассказывает, что именно тогда впервые в университете появились женщины, хотя им еще долго пришлось бороться за то, чтобы стать полноправными студентами.

О некоторых профессорах университета, и



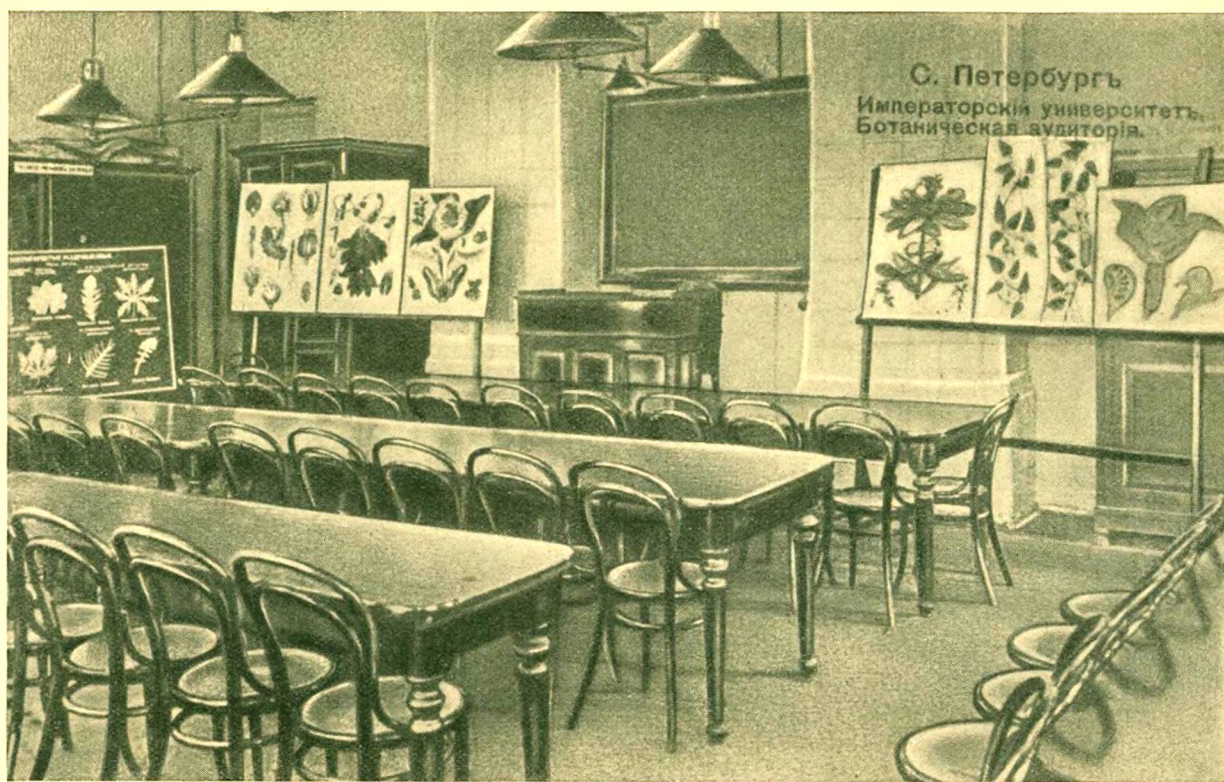
А. Н. Бекетов (1825—1902 гг.) — профессор ботаники в Петербургском университете.

прежде всего о профессоре А. Н. Бекетове, Климент Аркадьевич вспоминал с горячей любовью. Лекции А. Н. Бекетова по морфологии и систематике растений имели и общее значение, так как профессор не упускал случая знакомить студентов с передовыми идеями ученых того времени. Влияние Бекетова не ограничивалось только стенами университета. Климент Аркадьевич с благодарностью вспоминал о тех собраниях студентов-натуралистов на квартире Бекетова, на которых читались и обсуждались рефераты по общим вопросам науки. Из других профессоров он ценил зоолога-палеонтолога С. С. Куторгу. На его лекциях он впервые услышал о книге Дарвина. Климент Аркадьевич рассказывал об этом так:

«После появления книги Дарвина покойный С. С. Куторга на одной из своих лекций нам, первокурсникам, с отличавшею его обстоятельностью изобразил на черной доске длинное и несколько неуклюжее название этой книги. «Книга новая, но хорошая», помнится, прибавил Степан Семенович и вслед за тем, со свойственным ему мастерством, в ясных, сжатых чертах изложил содержание этой удивительной книги. Мы, помнится, вполне искренне считали его отсталым, и от этого-то отсталого старика услышали мы, почти вслед за ее появлением, первую трезвую, объективную оценку теории, своим новаторством приводившей в негодование людей, которых мы ему ставили в пример».



К. А. Тимирязев (сидит налево) среди товарищей по университету (1864 г.). Сзади него стоит его брат Василий Аркадьевич.



Ботаническая аудитория Петербургского университета в годы пребывания К. А. Тимирязева вольнослушателем в нем (с 1861 по 1866 г.). Из собрания музея К. А. Тимирязева.

Особенно увлекали Тимирязева лекции по органической химии великого русского ученого Менделеева (тогда еще приват-доцента университета). У него же Тимирязев работал в лаборатории, которые тогда только начинали входить в обиход учебного преподавания. Насколько убога была обстановка лабораторий, показывает следующий эпизод, рассказанный Тимирязевым:

«Тем, кто работает в современных лабораториях-дворцах, может быть, любопытно увидеть картинку лаборатории в самом начале 60-х годов. Когда Д. И. Менделеев предложил студентам, для практики в органической химии, повторить некоторые классические работы, пишущему эти строки (Тимирязеву К. А. — Л. И.) выпало проделать известное исследование Зинина — получение анилина. Материал — бензойную кислоту, — конечно, пришлось купить на свои гроши, так как этот расход не был под силу лаборатории с ее 300-рублевым бюджетом, но затем понадобилась едкая известь. При исследовании находившаяся на складе известь оказалась почти начисто углекислой. Почтенный лаборант Э. Ф. Радлов дал благой совет:

«А затопите-ка горн да прокалите сами, кстати ознакомьтесь с тем, как обжигают известь». Сказано — сделано, но здесь встретилось новое препятствие: сырые дрова шипели, свистели, кипели, но толком не разгорались. На выручку подоспел сторож. «Эх, барин, чего захотел, казенными дровами да горн растопить! А вот что ты сделай: там, в теменькой, есть такая маленькая не то лежанка, не то плита, положи прежде на нее вязаночку да денек протопи, дрова просохнут». Так и пришлось поступить. Сушка казенных дров, как первый шаг к реакции Зинина, вот уж подлинно, что называется, начинать с начала», заканчивает свой рассказ Тимирязев.

Кроме плохих лабораторий, был и другой недостаток преподавания в тогдашнем университете — отсутствие учебников. «Весь учебный багаж студента-натуралиста, выражаясь современным той эпохе студенческим языком, ограничивался «Егоровкой» и «Григорьевкой»¹,

¹ «Григорьевкой» Тимирязев, повидимому, называл давно забытый учебник В. Григорьева «Руководство к ботанике», которым пользовались студенты в 1863 году. Что называлось «Егоровкой», установить не удалось.

да еще двумя-тремя краткими компилятивными учебниками. Для большинства учащихся этот недостаток хороших руководств был источником большого зла: процветания литографированных записок, этого, если не ошибаюсь, наследия дореформенных кадетских корпусов».

И все-таки Климент Аркадьевич с благодарностью вспоминал университет и Публичную библиотеку (ныне Краснознаменную Публичную библиотеку имени Салтыкова-Щедрина).

«С нею, — говорил он, — связаны лучшие воспоминания моих университетских лет; вижу перед собою ее старую читальную залу с изображением трех первопечатников, — там научился я понимать науку в ее историческом развитии, — помню и узенькую, с одним окном, комнату новых журналов, где я научился прислушиваться к пульсу живой, сегодняшней науки».

Уже в студенческие годы Климент Аркадьевич начал печатать свои первые публицистические и научно-популярные статьи. Так, на второй год пребывания в университете он начал выступать в наиболее передовом в то время журнале «Отечественные записки». В этом журнале в 40-х годах принимал участие Белинский, а с конца 60-х годов — Некрасов и Салтыков-Щедрин. В 1862 году появилась пу-



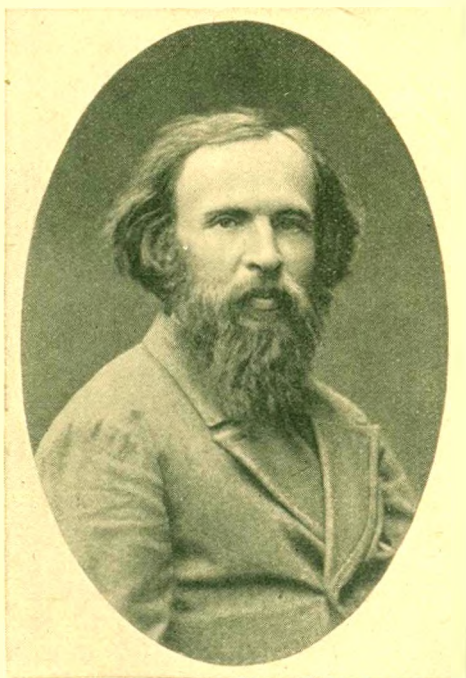
Портрет К. А. Тимирязева (1868 г).
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

блицистическая статья К. А. Тимирязева об итальянском революционере Гарибальди, боровшемся за освобождение Италии. Следующая статья была о голоде в крупном промышленном центре Англии — Ланкашире. В ней он описывал эпизод рабочего движения в Англии. В том же журнале в 1864 году появился ряд его статей о теории Дарвина, а сам Тимирязев стал страстным защитником этого учения. В следующем году эти статьи вышли в виде отдельной книги под названием «Краткий очерк теории Дарвина».

Эта классическая книга — лучшее популярное изложение теории Дарвина, ее переиздают и теперь.

В 1866 году Климент Аркадьевич закончил университет, получив золотую медаль за работу о строении печеночных мхов. Эту тему университет предложил студентам для соискания медали. Несмотря на то что работа была удостоена золотой медали и за нее Тимирязев получил степень кандидата, она все же осталась ненапечатанной.

Вскоре после окончания университета, в 1867 году, Климент Аркадьевич занялся вопросами агрономии. Вольное экономическое общество¹ организовало, по инициативе и под руко-



Портрет Д. И. Менделеева.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.
(Публикуется впервые.)

¹ Вольное экономическое общество — первое научное общество в России, основанное в 1765 го-

водством великого русского химика Д. И. Менделеева, несколько опытных полей для исследования минеральных удобрений и обработки почвы на урожайность. Тимирязев был приглашен для наблюдения за полевыми опытами в Симбирском уезде в имение князя Ухтомского. Конечно, эти опыты имели в виду главным образом крупные помещичьи хозяйства, так как для мелких крестьянских хозяйств применение минеральных удобрений было не под силу.

Во время этой работы, вероятно, окончательно определилась специальность молодого ученого — физиология растений. Избирая эту специальность, он до известной степени руководствовался мыслью о том, что «наука призвана сделать труд земледельца более производительным».

Наблюдения за полевыми опытами оставляли достаточно времени. И здесь, в Симбирском уезде, Тимирязев производил физиологические опыты над воздушным питанием растения, начатые еще в Петербурге. Уже в начале следующего, 1868 года он выступил на Первом съезде естествоиспытателей в Петербурге как физиолог, с описанием прибора для изучения воздушного питания листьев растений. Эта работа была первой его печатной научной работой.

ЗА ГРАНИЦЕЙ

В июне того же 1868 года, по предложению профессора Бекетова, Тимирязев получил командировку за границу. Напутствуя его, А. Н. Бекетов сказал: «По-настоящему, я должен дать вам инструкцию, но предпочитаю, чтобы вы сами себе ее написали, тогда мы увидим, отдадите ли вы себе ясный отчет, куда и зачем едете». «В этой инструкции, — говорил Тимирязев, — я, между прочим, подробно развил мысль о тесной связи физиологии растений с научной агрономией». Поэтому он «командировал себя» в Париж. Убеденный в том, что физиология, как физика и химия, требует точных и строгих методов исследования, он «командировал себя» в Гейдельберг, где в то время работали знаменитый физик Гельмгольц и творцы спектрального анализа — Кирхгоф и Бунзен.

«На современный глаз убогая, лаборатория Бунзена считалась в то время лучшей в Германии, а вмещавшее в себя лаборатории

Кирхгофа и Гельмгольца (в то время еще физиолога) двухэтажное здание с какими-нибудь десятью окнами фасада слыло под именем Natur Palast¹.

Химическая лаборатория вмещала не более 60 человек, но зато в ней целый день, за вычетом двух часов на обед, безвыходно находился сам Бунзен, переходивший от практиканта к практиканту или занимавшийся с преуспевающими в двух крошечных комнатках, посвященных его специальности — газовому и спектральному анализу. На практикум Кирхгофа допускались всего 10—12 человек, но зато как замирало сердце, когда за дверью небольшой комнаты, предназначенной для этих занятий и примыкавшей к квартире профессора, раздавался стук костылем и на пороге появлялся ученый, за всю свою бытность в Гейдельберге не имевший ассистента», рассказывал Тимирязев.

Особенно теплые отношения установились у Климента Аркадьевича с Бунзеном, в лаборатории которого он изучал методы газового и нового спектроскопического анализа, легшие в основу всех его последующих научных работ. У Бунзена же он сделал свою первую работу по хлорофиллу. «Все мои коллеги, — говорил Тимирязев, — удивлялись, что он сделал для меня исключение, дозволить работать над органическими веществами в лаборатории, предназначенной только для неорганических работ. Как сейчас вижу доброго старика, когда я принес ему свой в первый раз полученный спектрально чистый хлорофиллин. Выхватив колубу из моих рук, он с чисто юношеской поспешностью взбежал по скрипучим ступенькам аудитории к единственному окну, в которое заглядывало солнце, и, долго любясь роскошной флуоресценцией препарата, приговаривал он своим тонким тенорком: «Sehr schön, sehr schön!» (Как красиво, как красиво!).»

Тимирязев переехал в Париж, где слушал лекции по агрономии Буссенго. Кроме лекций Буссенго, Климент Аркадьевич слушал в Париже лекции по термохимии Берто. И хотя сам Берто работал в маленькой, невзрачной комнатке, он дал место Клименту Аркадьевичу для его работы по хлорофиллу. У французского химика с начинающим русским физиологом завязались дружеские отношения, которые поддерживались долгое время.

Климент Аркадьевич посвятил ему ряд статей и перевел его книгу «Наука и нравственность».

В августе 1870 года Климент Аркадьевич приступил к исследованию разложения угле-

ду. Общество проводило исследования в различных областях промышленности, сельского хозяйства, быта. Привлекая к своей деятельности широкие круги интеллигенции, общество неоднократно подвергалось репрессиям со стороны царского правительства.

¹ Natur Palast — дворец природы.

кислоты в спектре; часть работ, требовавшая ценных физических приборов, должна была выполняться в Сорбонне (университет), а другая — в Коллеж де Франс¹. Но разразившаяся франко-прусская война помешала закончить эту работу, и он должен был покинуть Париж.

Климент Аркадьевич уехал в Германию, а оттуда вернулся на родину.

Климент Аркадьевич вернулся в Россию горячим поклонником физики, считая ее самой совершенной областью естествознания. Вооруженный точными методами научного исследования, он широко пользовался ими в своих последующих физиологических работах.

Блестящие знания по химии и физике позволили ему разработать такие методы анализа газов, которые превосходили точность, достигнутую химиками, и вместе с тем начать изучение основных законов действия света на химические реакции (фотохимия).

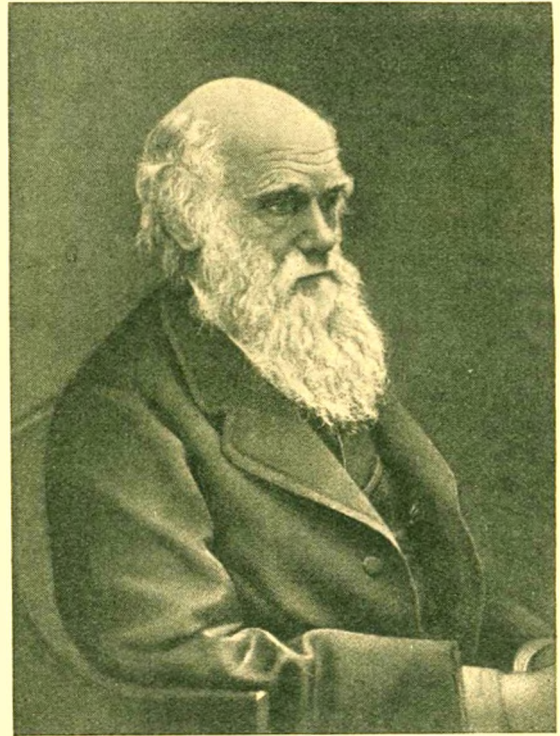
В одну из поездок за границу, в 1877 году, Тимирязеву, уже молодому профессору, удалось посетить Дарвина в маленьком местечке Дауне (в двух часах езды от Лондона), где великий естествоиспытатель жил и работал безвыездно сорок лет своей жизни.

Впечатление, которое произвел на него Дарвин, Тимирязев передал в следующих словах: «Передо мной стоял величавый старик с большой седой бородой, с глубоко впалыми глазами, спокойный ласковый взгляд которых заставлял забывать об ученом, выдвигая вперед человека». «Через несколько минут разговора передо мною был бесконечно добрый, ласковый старик, с которым я разговаривал, будто знал его с давних пор». «В том, что он говорил, не было ничего старчески-елейного, поучающего, — напротив, вся речь сохраняла бодрый, боевой характер, пересыпалась шутками, меткой иронией и касалась живо интересовавших его вопросов науки и жизни».

Дарвин говорил Тимирязеву и о собственных исследованиях, показывал ему свои опыты и делал это, по словам Тимирязева, с такой скромностью, что, глядя со стороны, никто не мог бы подумать, что это говорит «человек, каждое слово которого ловится на лету». В разговоре на общие темы Дарвин высказывал «очень верные мысли о России и пророчил русскому народу светлую будущность».

Эту встречу с гениальным ученым, так просто и приветливо принявшим его, Тимирязев запомнил на всю жизнь.

¹ Нечто вроде свободного университета, где преподавание не связано планами и программами и доступно всем желающим, без всяких ограничений. Возник Коллеж де Франс еще в XVI веке.



Чарлз Дарвин.
Одна из позднейших фотографий.

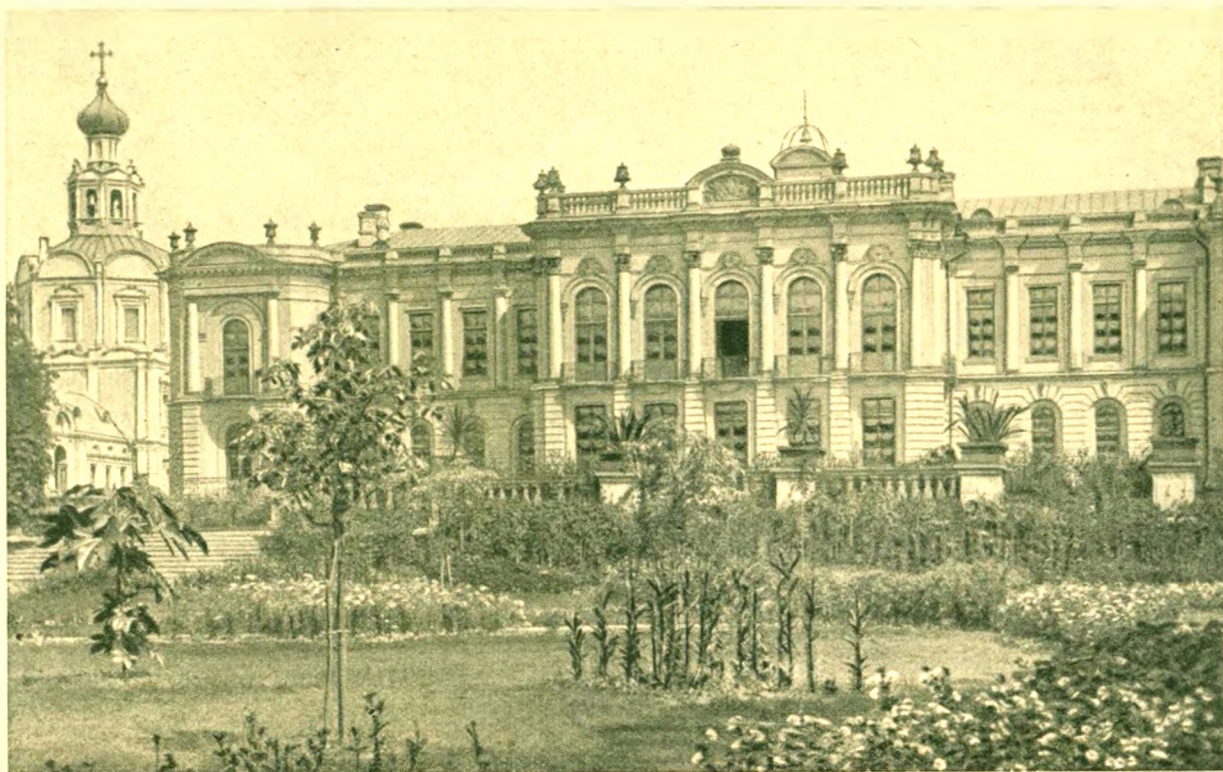
Молодой русский ученый произвел на Дарвина прекрасное впечатление, и через несколько месяцев после их знакомства он рекомендовал английскому ботанику Дайлеру Тимирязева как знатока, который мог бы помочь организовать первую физиологическую лабораторию в Англии.

ТИМИРЯЗЕВ-ПРОФЕССОР

Весной 1871 года Тимирязев защитил в Петербургском университете диссертацию на тему о хлорофилле и получил научную степень магистра ботаники. Еще во время пребывания за границей, в 1870 году, Климент Аркадьевич был избран профессором на кафедру ботаники в Петровской (ныне Тимирязевской) академии под Москвой. Так началась его многолетняя деятельность профессора.

Петровская академия была открыта в 1865 году и во многом отразила свободные идеи начала 60-х годов. Известный писатель Короленко, поступивший в академию в 1872 году, так ее описывает:

«Ровесница крестьянской реформы, академия отразила на первом уставе своем веяния того времени. По этому уставу никаких предварительных испытаний или аттестатов для поступления



Фасад здания бывшей Петровской сельскохозяйственной академии (1894 г.).
Из собрания музея К. А. Тимирязева.
(Публикуется впервые.)

не требовалось, лекции мог слушать каждый по желанию — какие и сколько угодно. Кроме постоянных слушателей, допускались и посторонние с платою по 16 копеек за лекцию. Первые три лекции, если разрешал профессор, могли быть и бесплатными. Переходных курсовых испытаний не полагалось, а были лишь окончательные экзамены для лиц, желающих получить диплом. Курс был трехгодичный, но экзамены можно было сдавать в какие угодно сроки. Группа студентов заявляла о своем желании, и профессор назначал день экзамена. По выдержании экзаменов по всем предметам выдавался диплом на степень кандидата. На слушателей смотрели как на граждан, сознательно избирающих круг деятельности и не нуждающихся в ежедневном надзоре».

Но этот устав академии просуществовал только семь лет.

В 1872 году академию преобразовали, приблизив ее к обычному типу высших учебных заведений. Однако и при новом уставе студенчество Петровской академии было менее стеснено и по своему составу более демократично, чем в других высших учебных заведе-

ниях того времени. Этим в значительной степени объясняется тот факт, что среди студентов Петровской академии широко распространялись революционно-демократические идеи.

Кроме того, академия находилась за городом, где полицейский надзор был немного слабее. Студенты пользовались «некоторой свободой», а подпольные революционные кружки нередко работали почти открыто.

Среди студентов Петровской академии Тимирязев быстро приобрел большую популярность. Писатель Короленко так описывает его в начале профессорской деятельности (1872—1873 годы) в повести «С двух сторон» под именем профессора Изборского:

«Профессор Изборский был очень худощав, с тонким выразительным лицом и прекрасными, большими серыми глазами. Они постоянно лучились каким-то особенным, подвижным, перебегающим блеском. И в них рядом с мыслью светилась привлекательная, почти детская наивность.

Когда я вошел в музей, профессора Изборского окружала кучка студентов. Изборский

был высок¹, и его глаза то и дело сверкали над головами молодежи. Рядом с ним стоял Крестовоздвиженский, и они о чем-то спорили. Студент нападал. Профессор защищался. Студенты, по крайней мере те, кто вмешивался изредка в спор, были на стороне Крестовоздвиженского. Я не сразу вслушался, что говорил Крестовоздвиженский, и стал рассматривать таблицы, в ожидании предстоящей лекции.

— ...профессор, мы тоже ценим науку, — говорил Крестовоздвиженский своим грубоватым голосом, — но мы не забываем, что в то время, как интеллигенция красуется на солнце, там, где-нибудь в глубине шахт, роются люди...

Изборский сделал порывистое движение, как будто хотел возразить, но вдруг спохватился, взглянул на часы и сказал: «Господа... пора начинать...»

Действительно, небольшая аудитория в музее уже была полна. Изборский с внешней стороны не был хорошим лектором. Порой он заикался, подыскивал слова. Но даже в эти минуты его наивные глаза сверкали таким внутренним интересом к предмету, что внимание аудитории не ослабевало. Когда же Изборский касался предметов, ему особенно интересных, его речь становилась красивой и даже плавной. Он находил обороты и образы, которые двумя-

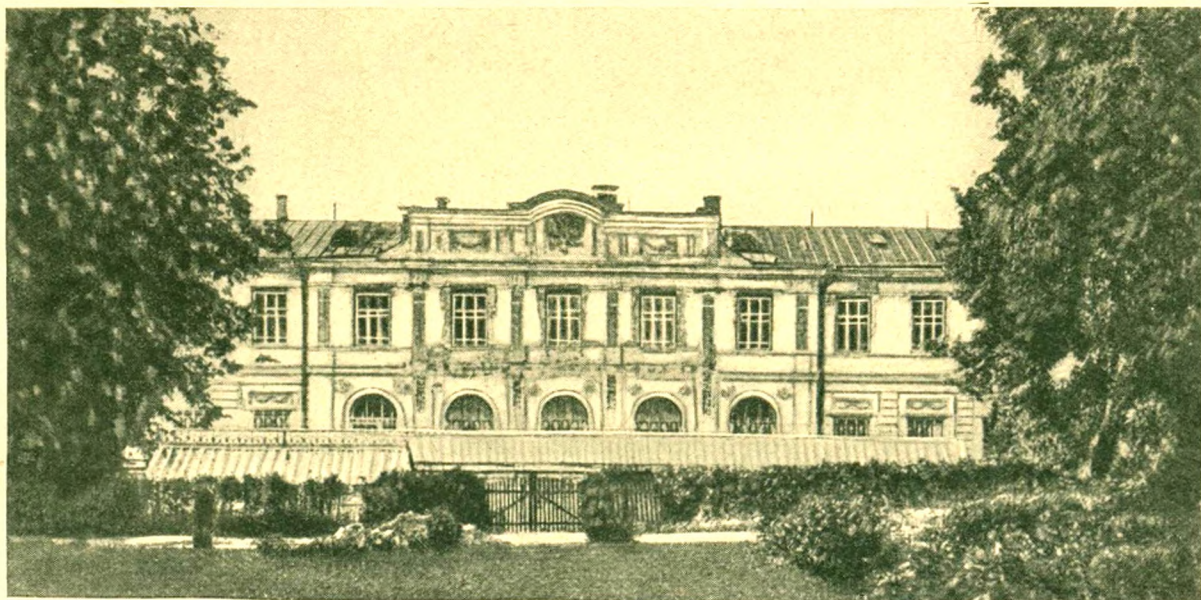
тремя чертами связывали специальный предмет с областью широких общих идей.

В этот день Изборский был особенно в ударе. Шаг за шагом, ясно, отчетливо, обстоятельно он изобразил все фазы мирового процесса, в котором совершается взаимодействие животного и растительного царств... И вдруг, без эффекта, естественно и просто, он перешел к предмету недавнего спора со студентами... Зернышко хлорофилла совершает великую работу... Оно в листе. Лист красуется и трепещет на воздухе, залитый потоками света, в то время, когда корни роются глубоко в темных глубинах земли. Но роль листа — не украшение, не простая эстетика растения. В нем начало всей экономии живой природы. Это он ловит солнечную энергию, он распределяет ее от верхушечной почки до концов корневых почек... И когда он красуется в лучах солнца, когда он трепещет под дыханием ветра, в это самое время он работает в великой мастерской, где энергия солнечного луча как бы перековывается в первичную энергию жизни...

И, озаряя аудиторию своими одушевленными и наивными глазами, он закончил сравнением Крылова в басне «Листы и корни». Да, люди науки могут без оговорок принять это ироническое сравнение. Если они листья народа, то мы видим, какова действительная роль этой листвы. Общественные формы эволюционируют. Просвещение перестанет когда-нибудь быть привилегией.

Когда он смолк, некоторое время в аудито-

¹ Здесь описание Короленко не вполне точно: Тимирязев был среднего роста.



Здание Сельскохозяйственного музея Тимирязевской академии. В нем помещалась (налево внизу) лаборатория, где работал Тимирязев.



К. А. Тимирязев в лаборатории Московского университета в 1898 г.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

рии стояла глубокая тишина. И вдруг вся она задрожала от бурных рукоплесканий. Молодежь восторженно приветствовала своего оппонента».

Этот рассказ прекрасно характеризует Климента Аркадьевича, каким он представлялся студенческой молодежи в самом начале своей профессорской деятельности. Такое же влияние Тимирязев быстро приобрел среди студентов Московского университета, где в 1877 году занял кафедру анатомии и физиологии растений. Эта популярность среди студенческой молодежи была причиной вынужденного прекращения его профессорской деятельности в Петровской академии.

В 1892 году академия, как «беспокойное» учебное заведение, была закрыта, все профессора ее были уволены. Через некоторое время академия вновь открылась — уже под именем Сельскохозяйственного института. Ряд профессоров, среди них и Тимирязев, не были вновь приглашены. Царское правительство знало о том, какое влияние Тимирязев имел среди

студенческой молодежи, и не без основания считало это влияние вредным для себя. Сам Климент Аркадьевич так говорит о причинах изгнания его из Петровской академии: «Типичный представитель царской России — князь Мещерский в своем «Гражданине» писал по поводу моих книг и статей о дарвинизме следующее: «Профессор Петровской академии Тимирязев на казенный счет изгоняет бога из природы». Такой отзыв влиятельного «в сферах» журналиста, подкрепляемый открыто враждебным ко мне отношением Академии наук (в лице Фаминцына) и литературы (в лице высоко ценимого интеллигенцией Страхова), развязал руки благоволившему к Данилевскому¹ министру (Островскому) и побудил его принять меры, чтобы я долее не заражал Петровскую академию своим зловерным присутствием».

Действительно, студенчество всегда видело в Тимирязеве страстного борца против реак-

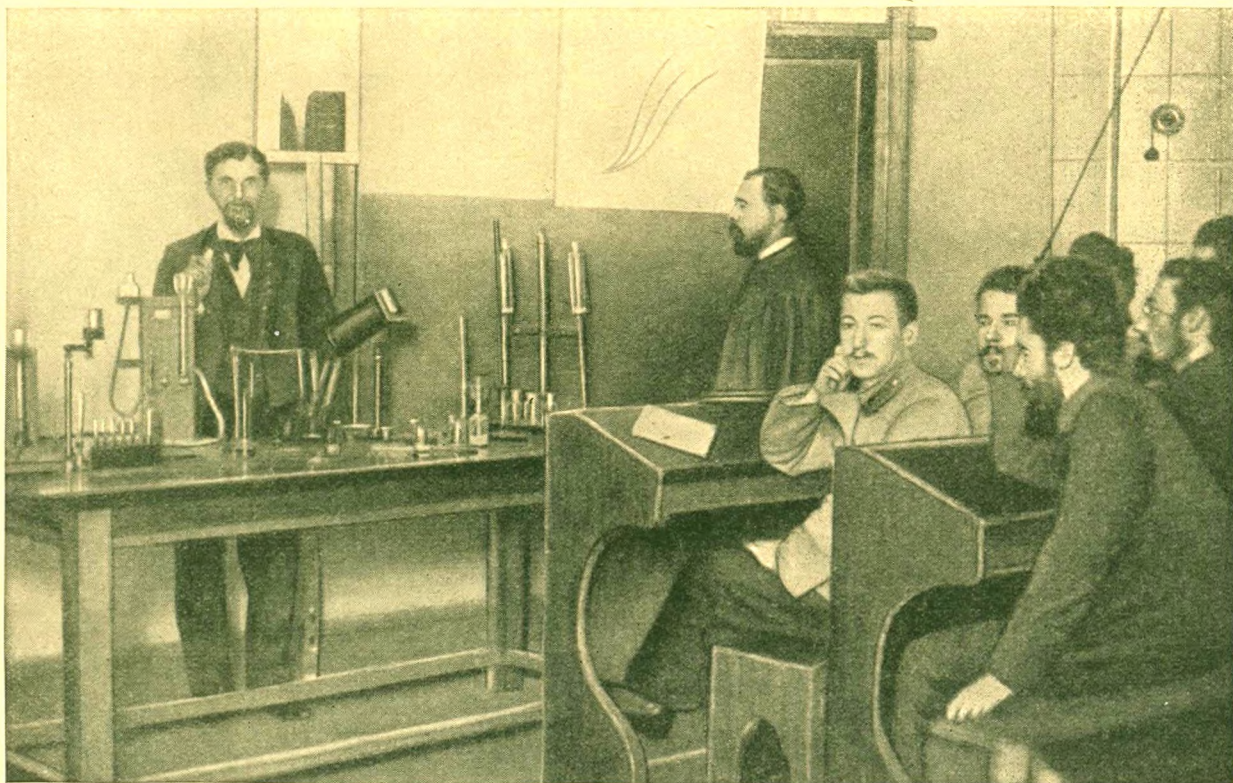
¹ Данилевский Н. Я. — антидарвинист.

сионных течений в науке, борца, который имел мужество откровенно и смело высказывать свои мнения и с кафедры и в печати. В расцвете его профессорской деятельности, во время подъема первой революционной волны в начале 90-х годов, образ его приобрел еще более яркую политическую окраску.

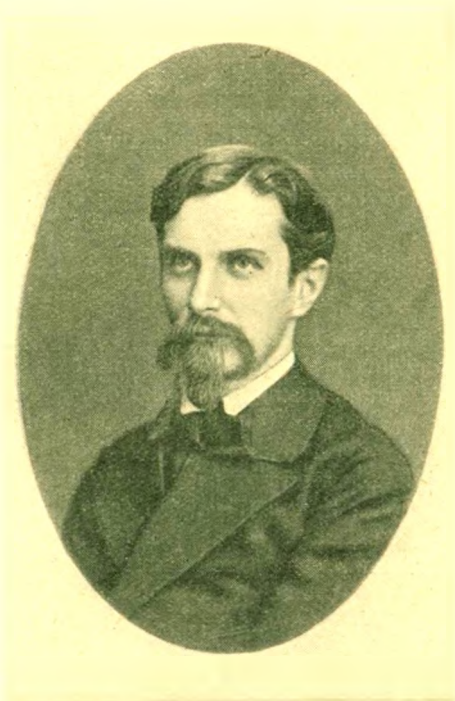
Кроме популярности большого ученого и политического борца, он имел еще популярность, основанную на взаимном уважении между профессором и студентом. Эту черту он так охарактеризовал в биографии Столетова, человека, наиболее близкого ему из всей профессуры: «Учащаяся молодежь не могла не признавать присутствия сильного, строгого ума, широкой культуры и энергической воли, направленной к тому, чтобы ценой неустанных трудов поставить науку на возможно высокий уровень, а учащий всем своим, может быть, несколько сдержанным, но всегда безукоризненным отношением выражал ей не заискивающее, а действительное уважение. Это уважение выражалось в постоянной заботе о том, чтобы доставить ей все средства для приобретения знаний; выражалось оно и в готовности сказать в защиту свое веское слово в тех случаях академической жизни,

когда он усматривал в том свой нравственный долг». Эти слова, сказанные Тимирязевым по отношению к Столетову, целиком применимы и к нему самому.

В 1901 году свое сочувствие к студенческой молодежи Климент Аркадьевич проявил, рискуя лишиться кафедры. Это было во время студенческих волнений, вызванных отдачей царским правительством в солдаты 183 киевских студентов, согласно так называемым «временным правилам». Тимирязев предложил совету Московского университета ходатайствовать об отмене этих правил, чтобы успокоить студентов. Вместо этого совет университета решил обратиться к студентам с отеческим увещанием прекратить «беспорядки». Климент Аркадьевич отказался подписать это воззвание. Его обвинили в «уклонении от влияния на студентов в интересах успокоения», и он получил выговор от министра Ванновского. Тогда Климент Аркадьевич подал в отставку, так как считал, что всякое влияние по указанию, а не по внушению совести, утрачивает свой нравственный характер, а следовательно, и свою силу. Но уход Климента Аркадьевича не состоялся. Министр прислал нечто вроде извинения, а со-



К. А. Тимирязев, читающий лекцию в университете в середине 90-х годов. Аудитория помещалась вместе с кабинетом физиологии в старом здании, сломанном в 1898 г. Направо у доски стоит служитель кабинета Евла Павлович Александров, которого Тимирязев очень ценил.



К. А. Тимирязев (1877 г.).
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

вет университета просил его взять заявление об отставке обратно.

После этого инцидента, на первой же лекции, студенты встретили Тимирязева такими овациями, которых университет давно не видел в своих стенах. В громадной аудитории собралось так много студентов, что они сидели по несколько человек на одном месте. Были заняты все проходы, и для того, чтобы аплодировать, нужно было поднимать руки над головой. После чтения адресов заброшенный цветами Климент Аркадьевич перецеловал читавших студентов и со слезами на глазах, очень взволнованным голосом сказал приблизительно следующее: «Господа, я пришел сюда читать лекцию по физиологии растений, но вижу, что нужно сказать нечто более обширное. Я всегда был уверен в сочувствии ко мне с вашей стороны, но того, что теперь происходит, я никогда не ожидал... Считаю своим долгом исповедаться перед вами, я исповедую три добродетели: веру, надежду и любовь; я люблю науку, как средство достижения истины, верю в прогресс и надеюсь на вас».

Такие исключительные отношения между Климентом Аркадьевичем и студенчеством неизменно сохранялись в продолжение всей его профессорской деятельности, до 1911 года,

когда он вынужден был покинуть любимый им университет.

Чтобы «подтянуть» университеты, в 1911 году министром народного просвещения был назначен Кассо. В это время полиция в Москве начала вторгаться в университет по самым ничтожным поводам. Стоило студентам собраться для обсуждения какого-либо вопроса, тотчас являлась полиция, оцепляла собравшихся, переписывала их и некоторых арестовывала. Одних высылали из Москвы, других отправляли в тюрьму. Избранные советом университета ректор профессор Мануилов и его помощники, не будучи в силах сдержать этот полицейский произвол, заявили, что снимают с себя административные обязанности.

Министр уволил их из университета и лишил профессорских кафедр. Тогда 125 профессоров и доцентов, в знак протеста, подали в отставку.

Среди них был и профессор Тимирязев. Поступить иначе и сказать: «моя хата с краю» — могли в данном случае только те, которые, по выражению Климента Аркадьевича, дошли до той степени раболепия, которая хуже всякого рабства. Так вынужденно закончилась его деятельность в университете, подобно тому как 20 лет назад, в 1892 году, вынужденно прекратилась его деятельность в Петровской академии.



А. Г. Столетов (1839—1896 гг.) — крупнейший ученый-физик, с которым Тимирязев был в наиболее дружеских отношениях.



К. А. Тимирязев (справа), его брат Дмитрий Аркадьевич (слева) и его сын Аркадий Климентович (в центре) (1909 г.).

ТИМИРЯЗЕВ-УЧЕНЫЙ

За долгие годы профессорской деятельности Тимирязев вел большую научную работу, главным образом по той же проблеме воздушного питания, которую начал разрабатывать в 1867 году.

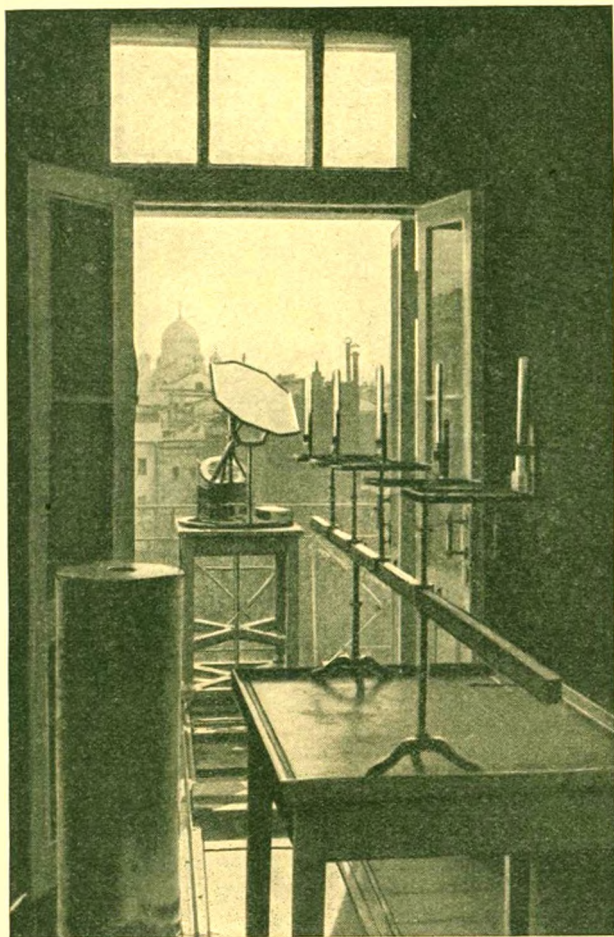
Еще в первом своем научном выступлении на съезде естествоиспытателей в 1868 году он следующим образом четко изложил широкий план своих будущих исследований: «Изучить химические и физические условия этого явления (т. е. воздушного питания), определить составные части солнечного луча, участвующие посредственно или непосредственно в этом процессе, проследить их участие в растении до их уничтожения, то-есть до превращения во внутреннюю работу, определить соотношение между действующей силой и произведенной работой — вот та светлая, хотя, может быть, отдаленная задача, к осуществлению которой должны быть направлены все силы ботаников». Этот план исследования он настойчиво проводил в течение всей своей научной деятельности, длившейся более сорока лет. Такая последовательность в научной работе встречалась очень редко среди ученых того времени.

Магистерскую диссертацию «Спектральный анализ хлорофилла» Тимирязев защищал в мае 1871 года в Петербургском университете. В этой

работе он впервые доказал, что зеленое вещество листьев состоит из двух пигментов (красящих веществ): из зеленого — хлорофиллина — и желтого — ксантофилла. Так как только хлорофиллин играет существенную роль в воздушном питании, то Тимирязев при помощи спектрального анализа точными физическими методами тщательно изучил его оптические свойства. Он впервые графически изобразил в спектрограммах, какие лучи спектра и насколько сильно поглощает хлорофиллин.

Это исследование явилось как бы подготовкой к теме, которую Тимирязев избрал для докторской диссертации. Диссертацию «Усвоение света растением» он выполнил в Петровской академии и защитил в 1875 году. В ней он доказал, вопреки мнению многих ботаников, что оптические свойства зеленого пигмента не случайны. Они имеют определенное значение для растения, так как разложение углекислоты происходит только в тех лучах, которые поглощаются хлорофиллом, и чем сильнее поглощение этих лучей, тем сильнее разложение углекислоты. Хлорофилл как поглотитель солнечной энергии особенно хорошо приспособлен к этой своей функции, так как он поглощает сильнее всего красные лучи, которые наиболее богаты энергией в солнечном свете.

Для доказательства этих выводов Тимирязеву пришлось работать в очень чистом спектре, где отдельные цветные лучи не смешивались между



Лаборатория К. А. Тимирязева на крыше Московского университета. Гелиостат и опытная установка.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

собою, но зато были очень слабыми. Наблюдать разложение углекислоты в таком слабом свете оказалось возможным только потому, что Климент Аркадьевич чрезвычайно усовершенствовал методы газового анализа, позволившие ему учитывать 0,001 кубического сантиметра углекислоты.

Результаты, полученные в этой работе, вскоре подтвердили другие ботаники, но несравненно менее точными и надежными методами.

После этого ежегодно появлялись научные работы Тимирязева в избранном направлении. Обычно это были краткие сообщения, отличавшиеся оригинальностью постановки вопросов, остроумием и изяществом их решения. В них Климент Аркадьевич не только уточнял, развивал и углублял результаты своей докторской диссертации, но и перешел к следующей задаче, намеченной в первоначальном плане:

«определить соотношение между действующей силой (то-есть силой света) и произведенной работой (в листе)». При помощи особого, изобретенного им прибора он определил, какая доля поглощенной листом энергии солнца идет на работу разложения углекислоты, и таким образом подошел к величине, которую назвал «физиологическим пределом» продукции органического вещества посредством растения.

Сводку всех своих работ за тридцать пять лет Климент Аркадьевич дал в своей блестящей крунианской лекции¹, озаглавленной «Космическая роль растений». Эту лекцию Тимирязев прочитал по приглашению Лондонского Королевского общества, и это была высшая награда, которой удостоивались только редкие ученые. Научную деятельность Тимирязева высоко ценили за границей: его избрали членом Королевского общества в Лондоне (учреждение, равнозначное по своему научному авторитету академии наук), почетным доктором Кембриджского и Глазговского университетов в Англии и Женевского университета в Швейцарии. Только наша старая Академия наук, которая возглавлялась реакционером князем Константином Константиновичем, не избрала «красного» ученого Тимирязева в академики, так же как не избрала таких замечательных русских ученых, как Менделеев, Сеченов, Воейков, Столетов.

Тимирязев привлекал к научной работе наиболее способных студентов. Из его лабораторий в Петровской академии и в университете вышел ряд крупных физиологов и агрономов с физиологическим уклоном. А сколько, кроме этих непосредственных учеников, было еще научных работников, испытавших в своей работе влияние Тимирязева! Об этом до некоторой степени свидетельствует сборник статей, изданный к семидесятилетию Тимирязева. Этот объемистый том, почти в шестьсот страниц, содержит статьи двадцати восьми ученых, из которых только один не был учеником Климента Аркадьевича и тем не менее пожелал войти в их среду. Это был великий физиолог, академик И. П. Павлов.

ТИМИРЯЗЕВ-ПОПУЛЯРИЗАТОР

Деятельность Климента Аркадьевича не ограничивалась стенами Петровской академии и Московского университета, она была гораздо

¹ Крунианские лекции, названные так в честь доктора Круна (Croone), устраиваются на средства, завещанные им Лондонскому Королевскому обществу. Читаются эти лекции наиболее выдающимися учеными ежегодно в течение двухсот лет на темы из области биологии.

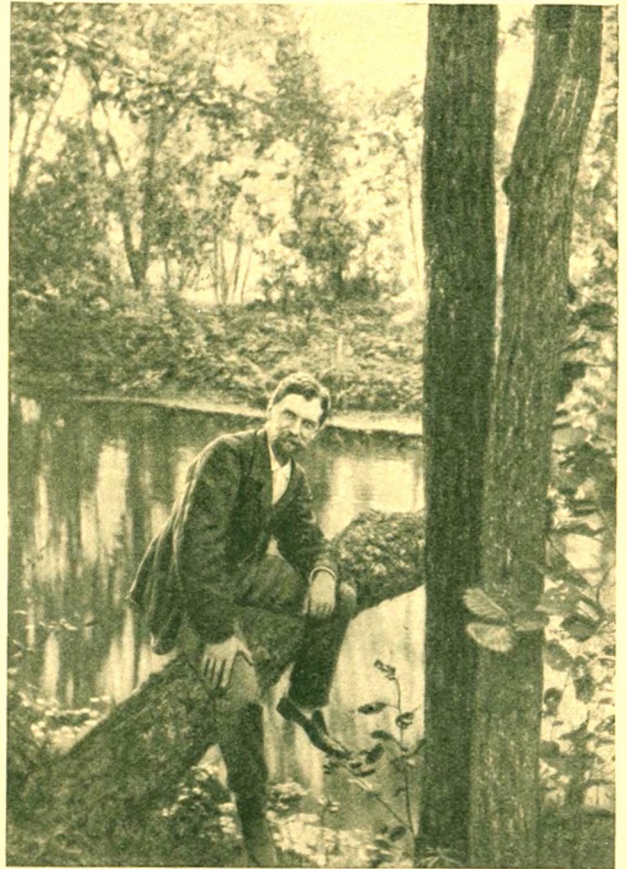
шире. Тимирязев был не только профессором и ученым, но и общественником в широком смысле этого слова. Климент Аркадьевич стремился распространить науку среди широких масс. Он исходил из идеи демократизации науки, которую вынес из «весны своей жизни — эпохи 60-х годов». Осуществлять эту идею Тимирязев начал с первых своих публичных лекций о «жизни растения» (в 1876 году) и продолжал развивать ее до последнего дня жизни.

В первой же главе настоящей книги читатель найдет его слова о значении демократизации науки, которые до сих пор несколько не утратили своей ценности. «Наука не вправе, — говорил Климент Аркадьевич, — уходить в свое святилище, таиться от толпы, требуя, чтобы на слово верили ее полезности. Представители науки, если они желают, чтобы она пользовалась сочувствием и поддержкой общества, не должны забывать, что они — слуги этого общества, что они должны от времени до времени выступать перед ним, как перед доверителем, которому они обязаны отчетом. Вот что мы сделали, должны они говорить обществу, вот что мы делаем, вот что нам предстоит сделать, — судите, насколько это полезно в настоящем, насколько подает надежды в будущем».

Первая цель популяризации науки — это отчет перед обществом в своей деятельности. От этого суда Тимирязев не устранился. Наоборот, он указывал, что замечание свежего человека бывает иногда метким и удачным.

В главе V настоящей книги, разъясняя басню Крылова «Листы и корни», Тимирязев говорит: «Как листья, мы должны служить для наших корней проводниками света — света науки, того света, без которого нередко погибают во мраке самые честные усилия».

Позже, в 1884 году, в пору сильной реакции царского самодержавия, Тимирязев выступил с речью о задачах ученых обществ, в которой он говорил о науке, проникающей благодаря популяризации до самых низших ступеней общественной лестницы, о науке, ставшей доступной пониманию простого рабочего. Он мечтал об уничтожении того неравенства между представителями умственного и физического труда, которое капиталистический строй закреплял в интересах господствующего класса помещиков и буржуазии. Осуществление этой мечты он видел в «туманной дали» как «задачу будущих веков». Но окружавшая его действительность была далека от этой мечты, и, пожалуй, в тех условиях эта мечта могла показаться неосуществимой. В свое оправдание он приводил прекрасное место из повести Льва Толстого «Казаки», где описывается



К. А. Тимирязев у пруда в Петровском-Разумовском в 1896 г.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.
(Публикуется впервые.)

впечатление человека, впервые увидевшего на далеком горизонте равнины первые очертания снеговых вершин. Это впечатление овладевает настолько, что обычное течение мыслей время от времени прерывается вопросом: «а горы?» Такой далекой мечтой Тимирязева была мечта об уничтожении социального неравенства. Приблизить мечту к ее осуществлению составляет вторую задачу популяризации науки. Итак, популяризация не только отчет науки перед обществом, но и средство к поднятию умственного уровня трудящихся масс.

Наконец, популяризация науки необходима для ученых и для самой науки. Для ученых она необходима как средство против неизбежного сужения кругозора вследствие крайней специализации и раздробления наук. Для науки же популяризация создает ту благоприятную среду, которая делает ее развитие прочным. «Привлекая все общество, — говорил

он, — к живому участию в успехах знания, прививая ему эти умственные аппетиты, от которых, раз их усвоил, так же трудно отвыкнуть, как и от аппетитов материальных, делая все общество участником своих интересов, призывая его делить с нею радости и горе, — наука приобретает в нем союзника, надежную опору дальнейшего развития... Безнадежно состояние науки, когда она находится в положении искусственно насажденного оазиса среди безграничной степи всеобщего равнодушия. Безнадежно положение ученого, сознающего, что окружающая среда его терпит, но и только».

Так высоко и широко оценивал Климент Аркадьевич общественное значение популяризации науки. Вот почему он с первых же шагов своей научной деятельности поставил себе две задачи: «работать для науки и писать для народа, т. е. популярно». Эту вторую задачу он выполнил с не меньшим успехом, чем первую.

Первая его популярная книга с изложением учения Дарвина, написанная еще в студенческие годы, до сих пор не только не устарела, но, наоборот, завоевывает все больше и больше читателей. Первое издание ее, выпущенное, вероятно, в нескольких сотнях экземпляров, пролежало на складе почти двадцать лет — настолько был мал круг людей, интересовавшихся естествознанием. Но затем, в 90-х годах, интерес к Дарвину, пробужденный полемическими статьями самого Тимирязева, так возрос, что книга переиздавалась через каждые три-пять лет. Наконец, после Великой Октябрьской социалистической революции появился постоянный массовый спрос на эту книгу, и она переиздавалась уже много раз большими тиражами.

Такова же судьба и второй популярной книги Климента Аркадьевича — «Жизнь растения», которая лежит перед читателем. Составленная из десяти публичных лекций, читанных в Политехническом музее в Москве зимою 1875/76 года, она была переиздана только через шесть, а потом через десять лет. Лишь в 90-х годах интерес к этой книге усиливается, и в течение последующих двадцати пяти лет «Жизнь растения» переиздавалась восемь раз. Появились переводы в Англии и в Болгарии. По словам Горького, она проникала в самые глухие уголки нашей страны. «Поражаешься», — говорил Горький, — откуда в поезде Снеговом, Херсонской губернии, и в Осе, Пермской, знают... Тимирязева. Часто спрашивается его «Жизнь растения». Приводя эти слова, Климент Аркадьевич в 1914 году радостно спрашивал: «Неужели простое, здоро-

вое слово науки уже приходит на помощь нарождающейся здоровой русской демократии? И невольно западает на ум, — говорил он, — не тщеславная, а бодрящая, утешительная мечта: а что, если и впрямь —

Я, может, тем народу был полезен,
Что мысли здравые в нем словом вызывал»¹.

Как бы радовался этот энтузиаст борьбы за «общественную справедливость», если бы дождался до наших дней победного коммунистического строительства, за которое боролись лучшие люди человечества! Как бы радовался он, если бы был свидетелем того, как его книга «Жизнь растения» распространяется в широких массах Советского Союза в наши дни в переводах на украинском, белорусском, грузинском, армянском, татарском, азербайджанском и других языках в таком количестве экземпляров, о котором до Пролетарской революции никто и мечтать не мог! Не часто встречаются популярные книги, которые через 73 года после своего появления читаются с неослабевающим интересом большим кругом читателей. В этой книге К. А. Тимирязев излагает свою теорию, как растения связывают в органическом веществе все новые и новые запасы солнечной энергии и тем пополняют на Земле запасы органического вещества, служащего основой для развития и размножения живых существ. Этим своим учением Тимирязев опроверг буржуазные злостные сказки о возможности перенаселения.

Однако К. А. Тимирязев не смог до конца разоблачить буржуазную теорию о всеобщей конкуренции в природе и сам допустил неверное истолкование явления размножения существ, как процесса, будто бы ведущего к борьбе особой одного вида друг с другом. (См. подробные примечания Ф. Дворянкина на стр. 196.)

Интерес, возбуждаемый книгой «Жизнь растения», настолько велик, что для многих она служила первым толчком к научной деятельности. Именно такое влияние имела эта книга на автора этих строк. Благодаря этой книге я пошел на естественный факультет и стал ботаником-физиологом, и, конечно, я был не единственным, кого эта книга привлекла к научной работе.

Вслед за книгами о Дарвине и о жизни растения — этими главными его произведениями — следует ряд публичных лекций и статей, которые появились позднее в виде сборников. Таковы его сборники: «Насущные задачи со-

¹ В этих словах Тимирязев перефразирует слова Пушкина:

...«И долго буду тем любезен я народу,
Что чувства добрые я лирой пробуждал...»



К. А. Тимирязев с сыном Аркадием Климентовичем в вегетационном домике на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде в 1896 г.
Из собрания музея К. А. Тимирязева.
(Публикуется впервые.)

временного естествознания», «Земледелие и физиология растения», «Наука и демократия». Все они отличаются достоинствами, прекрасную характеристику которых дал сам Климент Аркадьевич в упомянутом уже биографическом очерке о своем друге, профессоре Столетове. Характеристика эта вполне применима и к нему самому. «Нигде талант изложения не обнаруживался в такой степени, — писал он, — как в его публичных лекциях и речах, представляющих образцы блестящего, изящного изложения самых сложных, трудно доступных пониманию публики новейших завоеваний науки или яркие, глубоко продуманные картины знаменательных моментов ее истории». «Найдется не много книг, из которых образованный читатель мог бы в такой доступной, глубоко продуманной и в то же время художественной форме узнать, что такое наука, что такое великий ученый».

Кроме публичных лекций, на которые собирались главным образом интеллигенция и студенчество, Тимирязев читал в 80-х годах бесплатные воскресные утренние лекции в Политехническом музее перед самой широкой

публикой, которую в то время «можно бы представить где угодно, но уж никак не в аудитории». И эта широкая масса жадно ловила слова лектора-ученого Тимирязева.

В проекте опытной станции Тимирязев предусмотрел аудиторию для популяризации достижений науки среди широких масс. На Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде (теперь город Горький) в 1896 году он устроил показательную станцию, где демонстрировались опыты с питанием растений. Уже больным стариком он думал над тем, как бы упростить приборы для физиологических опытов, чтобы они были доступны в деревне для сельской школы и опытных станций.

ТИМИРЯЗЕВ-ПУБЛИЦИСТ

Климент Аркадьевич наряду с популяризацией достижений науки умело затрагивал вопросы и более широкого масштаба. Его публицистический талант обнаружился еще в студенческие годы, но ярко проявился в защите учения Дарвина.

Со всем пылом своего публицистического таланта выступил Тимирязев против антидарвинистов Данилевского и Страхова. Его блестящие лекции и журнальные статьи сохранили свое значение и теперь и несомненно помогли широкому слою русского общества правильно понять учение Дарвина. Страстность тимирязевской защиты, часто переходящей в наступление и в саркастический тон, была такова, что Л. Н. Толстой в письме к Страхову, которому он сочувствовал в этой полемике, писал в 1890 году: «Напишите мне о моих слабостях, тех, которые вы видите, а я не вижу, да поядовитей, потимирязевское».

Язвительный, саркастический тон статей Тимирязева, конечно, создавал ему непримиримых врагов, но какой же борец за общественную справедливость и за распространение знания среди народа не имел их! Врагов было особенно много потому, что Климент Аркадьевич защищал дарвинизм как научную теорию, имеющую значение не только для биологии. Он видел в ней основу современного материалистического мировоззрения, устраняющую все сверхъестественное и чудесное, которым проникнуты были до Дарвина объяснения совершенства и приспособленности живых организмов.

Второй целью, куда направлялись удары Климента Аркадьевича, был витализм¹. Это реакционное течение среди ученых он преследовал всюду, где видел малейшие его проявления. Таковы его статьи против наших виталистов Коржинского, Бородина и рассеянные в его статьях меткие и язвительные замечания по адресу виталистов заграничных — Дриша, Рейнке, Бергсона. Он жестоко высмеял витализм и у физика Лоджа. Эта борьба Климента Аркадьевича с витализмом имела несомненным результатом то, что виталистические теории не пользовались успехом среди студенческой молодежи того времени.

Публицистическая деятельность Климента Аркадьевича особенно усилилась с подъемом революционного движения в 1904 году, в конце его преподавательской деятельности в университете. Еще в 1902 году он прекратил

чтение обязательных курсов и сохранил за собою только заведование лабораторией и чтение небольшого необязательного курса. К этому времени его здоровье значительно пошатнулось, и в 1909 году произошло кровоизлияние в мозг. Были парализованы левая рука и нога, и он не мог двигаться без посторонней помощи. Но он сохранил умственную работоспособность и не прекращал своей научной и публицистической деятельности.

После вынужденного ухода из Московского университета Тимирязев еще энергичней продолжал публицистическую деятельность. В своих статьях он больше всего касался вопросов научной и учебной жизни. Таковы его статьи об академической свободе, о диссертациях, о замещении кафедр, о научных съездах и т. д.

ВОЙНА И РЕВОЛЮЦИЯ

С наступлением мировой войны в 1914 году Тимирязев в своих публицистических статьях не ограничивался вопросами академической жизни. Он вел борьбу с шовинистическими настроениями, проникшими в окружающую его академическую среду. Смело и независимо противопоставил он воинственному угару значительной части ученых подлинный интернационализм. Тимирязев первый среди ученых, на склоне лет своих, выступил в легальном интернационалистическом журнале «Летопись» против войны. Пораженный ее ужасами, он не называл иначе империалистическую войну, как «проклятой и окающей». В январе 1917 года, перед революцией, он писал: «Война имела, имеет и может иметь только два результата: у победителей вызывает жадность к новым завоеваниям, а у побежденных растет сдавленная и тем более могучая злоба, воплощавшаяся в давно знакомом слове — реванш... Синдикат капиталистов может раздавить капиталиста, но не уничтожить капитализма». Только наука и демократия, по самому существу своему, враждебны войне, ибо как наука, так и труд одинаково нуждаются в спокойной обстановке. «Наука, опирающаяся на демократию, и сильная наукой демократия» — вот то, что, по мнению Климента Аркадьевича, принесет с собой мир народам.

Через месяц после того, как это было написано, его мечты осуществились. «Глазами, которые застилали старческие слезы радости, — говорил он, — мне привелось увидеть в руках демократической молодой России — рабочих, рабочих и солдат — хоругви с начертанными на них словами: «мир и братство народов».

Так встретил революцию этот старый, тяжело

¹ Витализмом (от латинского слова *vita* — жизнь) называется то направление в биологии, которое предполагает в организмах, кроме действия физических и химических сил, действие еще особой, нематериальной, «жизненной силы» (жизненного начала, жизненного фактора, энтелехии, души и т. п.). Она якобы регулирует все процессы в организме и направляет их в его пользу. Это учение появилось еще у древних греков (Аристотель) и было особенно распространено в средние века. Идеалистическое учение — витализм — в наши дни имеет хождение среди реакционных биологов Западной Европы и Америки.



К. А. Тимирязев (1916 г.).
Из собрания музея К. А. Тимирязева.

больной ученый-борец. Из только что приведенных слов Тимирязева ясно, что под словом «демократия» он разумел рабочих. От них-то он и ждал осуществления своей мечты.

Однако скоро ему пришлось пережить глубокое разочарование. Буржуазия, захватившая в дни февральской революции власть в свои руки, была за продолжение войны и принимала все меры к подавлению революции. Осенью того же 1917 года Тимирязев пишет Горькому: «Были времена хуже, но не было подлей. Кажется, мерзавцы торжествуют по всей линии». Ясно, что при таком настроении он мог только с радостью приветствовать Великую Октябрьскую социалистическую революцию, отдавшую власть в руки рабочих и крестьян.

С утверждением господства пролетариата Тимирязев стал возлагать еще большие надежды на соединение науки и труда. Понятны поэтому те восторженные настроения, которые звучали в первых его статьях, написанных после 25 октября 1917 года. Понятно и то негодование, с каким он отнесся к той части интеллигенции, которая еще так недавно была за демократизацию науки, а когда пролетариат стал осуществлять демократизацию науки, эти люди быстро переменили фронт — стали на путь борьбы с советской властью. Понятны и то глубокое уважение и любовь, которые он испытывал к вождю большевиков — Ленину. С первых же дней советской власти Тимирязев выразил ей свое горячее сочувствие. Несмотря на голод и холод, два с половиною года, которые Климент Аркадьевич прожил при советской власти, были годами радостного подъема в его жизни. «Ни разу даже намека на жалобу я от него не слышал», вспоминал его ученик Ф. Н. Крашенинников. Только посвящая Александре Алексеевне, «жене, сотруднице и другу», работу «Исторический метод в биологии», он упомянул о «невзгодах и лишениях честной пролетарской старости», которые она с ним делила.

Весь остаток своих сил он старался отдать на укрепление советской власти. Он написал ряд статей, откликаясь на самые различные темы. В них он язвительно критикует буржуазию. Таковы его статьи: «Петербург и Москва», «Перед памятником «Неподкупному» (Робеспьеру), «Наука и свобода», «Чарлз Дарвин и Карл Маркс» и т. д. В особой статье он подробно обсуждал новое положение о высшей школе и передавал горячий привет первому рабфаку.

В 1920 году рабочие вагоноремонтных мастерских Московско-Курской железной дороги избрали Климента Аркадьевича депутатом в Московский совет. К ним он обратился с

письмом, в котором призывал к работе, так как «нет в эту минуту труда мелкого, неважного, а подавно нет и труда постыдного». Он предлагал и свой труд: «У меня всего одна рука здоровая, но и она могла бы вертеть рукоятку привода, у меня всего одна нога здоровая, но и это не помешало бы мне ходить на топчаке». Он сознавал, что его физическая работоспособность в этот момент невелика, «но труд старика, — говорил он, — может подогревать энтузиазм молодого, может пристыдить ленивого». Он хотел работать в области народного образования и в области сельского хозяйства и «своим убежденным словом поддержать колеблющихся и заставить призадуматься убегающих от общего дела».

Несмотря на свою болезнь, он принимал деятельное участие в работе Моссовета. 20 апреля 1920 года, после заседания сельскохозяйственной секции Моссовета, Тимирязев, возвращаясь домой в открытом автомобиле, простудился и заболел воспалением легких. Для старика в семьдесят семь лет было мало надежды на выздоровление. Это сознавал и сам Климент Аркадьевич.

26 апреля, накануне смерти, он позвал к себе лечившего его доктора-коммуниста Вайсброда и в присутствии сына сказал:

«Я всегда старался служить человечеству и рад, что в эти серьезные для меня минуты вижу вас, представителя той партии, которая действительно служит человечеству. Большевики, проводящие ленинизм, — я верю и убежден, — работают для счастья народа и приведут его к счастью. Я всегда был ваш и с вами и надеюсь, что мой сын Аркадий Климентович будет верным моим последователем, останется только с вами, большевиками.

Передайте Владимиру Ильичу мое восхищение его гениальным разрешением мировых вопросов в теории и на деле. Я считаю за счастье быть его современником и свидетелем его славной деятельности. Я преклоняюсь перед ним и хочу, чтобы об этом все знали.

Передайте всем товарищам мой искренний привет и пожелание дальнейшей успешной работы для счастья человечества».

На другой день, 27 апреля 1920 года, он получил от Ленина в ответ на посланную книгу «Наука и демократия» следующее письмо:

Дорогой Клементий Аркадьевич! Большое спасибо Вам за Вашу книгу и добрые слова. Я был прямо в восторге, читая Ваши замечания против буржуазии и за советскую власть. Крепко, крепко жму Вашу руку и от всей души желаю Вам здоровья, здоровья и здоровья.

Ваш В. Ульянов (Ленин).

РОССИЙСКАЯ
ДЕМОНСТРАЦИЯ
СОВЕТСКИЕ РЕСПУБЛИКИ

Председатель Совета
Рабочих и Крестьянских
Оборон.

Москва, Кремль

27. IV 1920
№ 10

Ворошилов-Кремленец
Аркадьевич! Большое
спасибо Вам за Вашу
книгу и добрые слова. Я
был проездом в Вашем городе,
и хотел Вам лично передать
этот привет "за собою".
Ваша книга, Крайко, Крайко (улыбка)
и от Вас - другим людям.
Ваша добротота, добротота
и добротота.

Ваш
Урицкий
(Ваш)

Эти слова одобрения Ленина были последней радостью Климента Аркадьевича. Ночью с 27 на 28 апреля его не стало.

Так окончилась жизнь этого выдающегося ученого — неутомимого борца за общественную справедливость — Климента Тимирязева.

Теперь, когда мы проследили его жизненный путь, становится ясным ответ на поставленный в начале очерка вопрос: почему советская власть и советский народ чтут Тимирязева?

Как ученый он стоит в одном ряду с корифеями науки — Менделеевым, Сеченовым, братьями Ковалевскими, Мечниковым. Всю свою жизнь он боролся печатным и устным словом против всего, что тормозило у нас развитие и широкое распространение научного знания. Своей страстной критикой всего реакционного и горячей проповедью демократизации науки он подготовлял почву для революции.

Когда разразилась революционная гроза, он с радостью приветствовал ее и отдал остаток своих сил борьбе за укрепление советской власти.

Его горячий призыв стать на сторону восставшего пролетариата звучал особенно убедительно для интеллигенции. Своим горячим словом и примером он поддержал колеблющихся в среде интеллигенции. По выражению Луначарского, «он оказался звеном, соединяющим революцию и науку».

С его смертью дело его не окончилось. В настоящее время, когда просвещение широких масс разливается по Советской стране могучей волной, оставленное им литературное наследие получает особое значение. Просто и понятно в своих книгах рассказывает Тимирязев народу, как знание побеждает природу, и учит любить и ценить науку.

Проф. Л. А. Иванов



Памятник К. А. Тимирязеву в Москве.

НАУКА И ОБЩЕСТВО

ВНЕШНЕЕ И ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Скудость ботанических знаний, проникающих в наше общество. — Два устарелых типа ботаников. — Современное направление науки. — Морфология и физиология, форма и жизнь. — Две причины сравнительной отсталости ботаники — логическая и практическая. — Искусство и наука. — Земледелие и физиология растений. — Взаимное отношение между наукой и обществом. — Обзор внешних органов цветкового растения. — Метаморфоз. — Споровые растения древнее и проще семенных. — Спора — клеточка. — Клеточка — основа и начало всякого организма. — Отношение приведенных фактов к вопросу о происхождении организмов. — План изложения

Едва ли не в первый раз в Москве ботанику-физиологу представляется случай излагать в общедоступной форме и пред таким многочисленным собранием основные начала учения о жизни растения. Ввиду исключительности этого положения я считаю нелишним сказать несколько слов о современном состоянии нашей науки и ее отношении к обществу. Я полагаю, я не ошибусь, сказав, что едва ли о какой отрасли естествознания существует в нашем обществе такое смутное понятие, как именно о ботанике. Отсюда весьма понятно, что общество относится к ней безучастно, и едва ли какая естественная наука возбуждает в нем так мало интереса, как ботаника. Конечно, уже далеко за нами осталась та грибоедовская Москва, в которой с изумлением, почти с негодованием, восклицали:

Он — химик, он — ботаник,
Князь Федор, наш племянник.

Но я хочу только указать на то обстоятельство, что при современном расположении к естествознанию химик, физиолог, геолог успели, по видимому, завоевать себе более почетное место, чем ботаник.

Я полагаю, я буду недалеко от истины, сказав,

что при слове ботаник еще и теперь в воображении многих людей, даже вполне образованных, но стоящих в стороне от науки, возникает один из следующих двух образов: или скучный педант, обладающий неистощимым запасом двойных латинских названий, часто самых варварских, умеющий, почти не глядя, всякое растение, всякую травку назвать по имени и по отчеству, умеющий, пожалуй, при случае сказать, какая трава употребляется от золотухи, какая от водобоязни, на что в действительности ни та, ни другая не годна. Вот один тип, наводящий тоску и уныние и, конечно, неспособный возбудить сочувствие к науке. Но рядом с ним при слове ботаник возникает и другой, менее мрачный образ: страстный любитель цветов, какой-то мотылек, порхающий от цветка к цветку, услаждающий свои взоры их ярким колером, вдыхающий их ароматы, воспевающий гордую розу и скромную фиалку, — одним словом, тип изящного адепта той *amabilis scientiae*, как в былое время любили величать ботанику. Вот два крайних типа, связанных во мнении многих, очень многих людей с представлением о ботанике; говорю это на основании личного опыта. Или педант-номенклатор, или любитель-

садовод, или аптекарь, или эстетик, но никак не ученый. Ученый как-то заслоняется этими двумя типами. Да и существует ли такой ученый — ботаник? И что это за наука ботаника? К чему она стремится? Какие у нее задачи? Какими идеями она руководится? И руководится ли она вообще какими-нибудь идеями? Если общество находится в неведении относительно этих вопросов, то вина в том ложится отчасти на самих ботаников, отчасти кроется глубже, в историческом ходе развития науки. Остановимся на рассмотрении этих обстоятельств.

Живая органическая природа может обращать на себя наше внимание с двоякой точки зрения: мы видим в ней тела — растения и животных, мы видим в ней явления, то-есть жизнь. Мы называем эти живые существа организмами, потому что они представляют нам части, которые мы называем органами, то-есть орудиями. Каждому органу, каждому орудию свойственно известное отправление, известное отношение к общей жизни всего организма. Изучать органы независимо от их отправления, организмы независимо от их жизни почти так же невозможно, как изучать машину и ее части, не интересуясь их действием. У кого стало бы терпения изучить описание частей какой-нибудь машины, например часов, без объяснения их значения? Такое изучение было бы не только скучно, но и бесплодно. Само собой понятно, что нельзя познакомиться и с действием машины, не зная ее устройства. Отсюда ясно, что независимое изучение организма с этих двух произвольных точек зрения, то-есть как тела и как явления, искусственно и даже нелогично. Но, несмотря на то, эти две искусственные точки зрения, это раздробление предмета, давно укоренились в науке. Наука о живых существах, биология, распалась на две отрасли: на учение о формах — анатомию или, в более широком смысле, *морфологию* — и учение об явлениях, о жизни — *физиологию*. Это распадение вызвано отчасти необходимостью применить принцип разделения труда к обработке громадного фактического материала, отчасти же различием в приемах исследования и в целях, к которым стремятся эти две отрасли знания. Одна наблюдает и описывает, другая испытывает и объясняет. Доказатель-

ством, что это деление искусственно, служит невозможность его последовательного проведения. На деле оно никогда строго не прилагается. Морфолог поневоле вынужден говорить о значении органа, физиолог — об его строении. Тем не менее этот раскол и еще более узкая специализация научной деятельности грозят в будущем серьезною опасностью, своего рода вавилонским смешением языков: морфолог перестанет понимать физиолога; физиолог перестанет интересоваться деятельностью морфолога; каждый специалист замкнется в своей узкой области, не заботясь о том, что творится за ее пределом. Как бы то ни было, существование этих двух отраслей пока является фактом, навязанным неизбежной необходимостью и пред которым всякие сетования бессильны. Но понятно, что эти две отрасли в весьма различной степени способны привлечь общее внимание — внимание людей, стоящих в стороне от науки и только интересующихся ее более крупными приобретениями.

Простое описание или перечисление окружающих нас растений и животных, конечно, не может возбудить общего интереса, хотя, разумеется, число лиц, находящихся удовольствие в знакомстве с родной флорой и фауной, прямо свидетельствует о степени научного развития общества. Отрывочное описание замечательных растений и животных представляется чем-то мало занимательным, чем-то, если так можно выразиться, чересчур пресным, годным для детских книг и для тех книг с картинками, которые иногда издаются и для взрослых. Общее внимание может обратить на себя разве какая-нибудь диковинка, вроде той газетной утки о плотоядном растении, пожирающем живых людей, которая недавно появилась на страницах многих иностранных и наших газет и даже попала в специальные издания¹.

Иное дело — объяснение явлений, общих всем организмам того или другого царства, изучение основных законов жизни; оно может и должно привлекать внимание каждого мыслящего чело-

¹ Замечание это относится к 1876 году; но любопытно, что на-днях та же старая утка снова вынырнула в некоторых иностранных газетах. *Примечание ко второму изданию.*

века, желающего понимать то, что совершается вокруг него. То же оправдывается и относительно неживленной природы; минералогия, простое описание веществ, образующих земную кору, конечно, не в состоянии возбудить такого интереса, как химия, объясняющая явления, вызываемые взаимодействием веществ, как геология, повествующая историю нашей планеты.

Итак, едва ли подлежит сомнению, что физиология более, чем морфология, явление более, чем тело, жизнь более, чем форма, имеют право рассчитывать на общее внимание. Посмотрим же, которое из двух направлений получило в ботанике большее развитие — то ли, которое имеет предметом жизнь, или то, которое останавливается на мертвой форме.

История науки свидетельствует, что почти все силы ботаников были направлены на эту вторую отрасль; ученые вдались в эту крайность и за формой забыли о жизни. Недалеко еще то время, когда значительное большинство ботаников принадлежало к первому из описанных выше типов, да и теперь, может быть, найдется немало готовых повторить слова одного французского зоолога, который по поводу оживленных прений в Парижской академии похвалялся тем, что в течение всей научной деятельности не высказал ни одной идеи, а только определял и описывал, описывал и определял. Если же от этих представителей уже отжившего направления обратимся к современным ученым, то и между ними найдем немало таких, которые, порицая своих предшественников, признавая превосходство физиологического направления, действуют в том же исключительно морфологическом направлении. По мнению этих современных представителей науки, ботаник — это такой человек, который век свой сидит за микроскопом, то-есть опять-таки рассматривает и описывает, но микроскопически малые организмы или микроскопически мелкие подробности крупных организмов. Несмотря на кажущееся несходство, деятельность тех и других по существу совершенно сходна; все различие только в масштабе: одни смотрят невооруженным глазом или в лупу, другие — в микроскоп, но как те, так и другие только смотрят и описывают, и описания водоросли или паразитного грибка не отличаются от

описания травы или дерева. Как те, так и другие забывают, что задача физиолога не описывать, а объяснять природу и управлять ею, что его прием должен заключаться не в страдательной роли наблюдателя, а в деятельной роли испытателя, что он должен вступать в борьбу с природой и силой своего ума, своей логики вымогать, выпытывать у нее ответы на свои вопросы, для того чтобы завладеть ею и, подчинив ее себе, быть в состоянии по своему произволу вызывать или прекращать, видоизменять или направлять жизненные явления. Само собой разумеется, что между представителями исключительно морфологического, описательного направления встречались могучие умы, оживлявшие и освещавшие своею мыслью накопившийся материал — мы даже вскоре увидим тому пример, — но в общей сложности их деятельность вращалась в круге понятий, которые были недоступны людям неподготовленным и потому не могли возбудить общего интереса. Изящная простота некоторых морфологических законов, стройность естественных систем, делающих из них замечательные памятники человеческого ума, — все это ускользает от понимания тех, кто не обладает необходимыми для их понимания частностями.

Таким образом, мы видим, что ботаника до сих пор развивалась преимущественно в направлении, наименее интересующем общество. Причина этого лежит, как уже сказано, отчасти в историческом ходе развития науки, отчасти ложится виною на самих ботаников. Историческое развитие каждой науки требует, чтобы простейшее в ней предшествовало более сложному. А понятно, что задача физиологии гораздо сложнее задачи морфологии и предполагает более обширный запас сведений. Для того, чтобы описывать органические формы, не нужно обладать никакими предварительными сведениями; для того, чтобы объяснить явления жизни, то-есть свести их на более простые физические и химические явления, в чем заключается задача физиологии, — для этого нужно предварительно быть знакомым с этими последними явлениями. Для того чтобы быть морфологом, нужно быть морфологом, и только. Для того чтобы быть физиологом, нужно быть в известной степени

и физиком, и химиком, и морфологом. Отсюда понятно, что физиологическое направление могло появиться в науке позже, то-есть только после развития физики и химии, но доказательством тому, что отсталость физиологии в значительной степени зависит от односторонности самих ботаников, служит тот факт, что пока ботаники занимались исключительно формами, химии и физики проникли в заманчивую область растительной жизни и положили основание физиологии растений. Главными своими устоями физиология обязана не ботаникам, а химикам и физикам. Эта отсталость ботаников еще более поражает, если сравнить то, что сделано в физиологии растений, с тем, что сделано в физиологии животных. Казалось бы, факт совершенно нелогичный; физиология растений по своей задаче гораздо проще физиологии животных, так как жизнь растения очень немногосложна в сравнении с жизнью животных, и, однако, наши сведения о последней гораздо полнее и совершеннее. На этот раз, мне кажется, в защиту ботаников можно привести смягчающие обстоятельства: этот успех физиологии животных, мне кажется, можно объяснить причинами, от науки не зависящими, — причинами, так сказать, чисто житейского свойства.

Всякая наука для своего процветания и развития нуждается в нравственной и материальной поддержке общества. В свою очередь, общество оказывает поддержку только тому, что оно признает полезным. В пользу физиологии животных общество убедилось давно, в пользу физиологии растений оно едва только начинает убеждаться. Почти каждая наука обязана своим происхождением какому-нибудь искусству, точно так же как всякое искусство, в свою очередь, вытекает из какой-нибудь потребности человека. Таков, повидимому, неизбежный исторический ход развития человеческих знаний. Сначала человек ценит знание лишь как орудие для приобретения возможной суммы материальных наслаждений, и только при позднейшем развитии знание само становится источником наслаждений; умственный аппетит вступает в такие же права, как аппетит материальный. Знание как средство — это искусство; знание как цель — это наука. Искусство, под покровительством кото-

рого развивалась физиология животных, — медицина. Медицина после долгих бесплодных попыток разрешить свою задачу путем умозрений или грубого эмпиризма пришла к заключению, что ей нужно начать издалека, ей нужно изучить законы животной жизни, ей нужно искать опоры в науке, и вот в медицинских школах возникла и развилась физиология животных. Но рядом с потребностью быть здоровым — потребностью, которой отвечает медицина — у человека есть и другие потребности: ему нужно быть сытым, одетым, иметь кров и средства передвижения. Большую часть этих удобств он получает прямо или косвенно от растений, которые возделывает или охраняет. Только изучив законы их жизни, только подметив или выпытав у самого растения, какими путями оно достигло своих целей, мы в состоянии направить его деятельность к своей выгоде, вынудив его давать возможно более продуктов возможно лучшего качества. Очевидно, физиология растений должна лечь в основу земледелия. Земледелие, так же как и медицина, долго блуждало в одинаково бесплодных областях эмпиризма и умозрений, пока не пришло к этому заключению. Но это случилось гораздо позднее, чем с медициной; у нас это сознание, можно сказать, едва только начинает проникать в массу общества. Мы уже давно не сомневаемся, что знахари и коновалы — не лучшие знатоки законов животной жизни, но мы только начинаем подозревать, что безграмотные старосты и управители из отставных лакеев — не лучшие знатоки законов растительной жизни. Когда мы заболеем, то, конечно, прибегаем к помощи врача, который лечит нас согласно указаниям своей науки, но мы еще не прочь поглумиться над соседом, который сеет хлеб «по всем правилам науки».

Рациональное земледелие гораздо моложе рациональной медицины, потому и потребность в физиологии растений, спрос на нее явился позднее. Но он уже явился, и это не может остаться без влияния на судьбы физиологии растений. Как физиология животных развилась в медицинских школах, так физиология растений разовьется в школах агрономических. Уже Германия и Америка покрылись целой сетью так называемых опытных станций; во Франции пра-

вительство, в Англии — частные лица и общества стремятся к той же цели; даже бедная, подавленная долгами Италия старается не отстать в общем движении. Только у нас, на просторе сотен миллионов десятин, среди миллионов земледельческого населения, не возникло еще ни одного подобного учреждения¹. И, несмотря на то, только у нас еще не редкость услышать даже в среде образованного общества голоса, желающие сокращения, упразднения, уничтожения и того, что уже сделано для успехов научной агрономии.

На этих станциях, равно как и в других агрономических учреждениях, экспериментальная физиология приютилась рядом с земледелием и пойдет рука об руку с ним, освещая его путь, обогащаясь, в свою очередь, его ценным, веками накопленным опытом. Так должно быть, судя по примеру других наук, и так, без сомнения, будет. Но пока, если мы сравним эти скромные опытные станции и еще более скромные ботанические лаборатории западноевропейских и наших университетов с роскошными палатами, в которых поселилась медицина, а главное — если мы сравним какие-нибудь десятки ботаников, занимающихся физиологией, с теми тысячами медиков, которые по лицу Европы занимаются и

занимались физиологией животных, то охотно согласимся, что в этих массах тружеников было более шансов для появления Гельмгольцев, Клод Бернаров, Дюбуа-Реймонов и других славных деятелей, рядом с которыми ботаники-физиологи не вправе выставить еще ни одного имени. В этом обилии материальных, а главное — умственных сил и заключается причина успеха физиологии животных, в этом и заключается и то смягчающее обстоятельство, которое можно привести в извинение отсталости физиологии растений. Остается только радоваться, что в ботанике за последние десятилетия обнаружилась свежая струя, что жизнь начинает привлекать к себе внимание, которое было исключительно приковано к форме, и что в то же время в обществе проявилось сознание, что физиология растений стремится к цели, для него полезной и даже необходимой, что она — такая же слуга его, как и другие науки, ранее ее получившие право гражданства.



Титульный лист журнала «Русский вестник», в котором впервые публиковались публичные лекции К. А. Тимирязева «Жизнь растений» в 1876 году.

Из собрания музея К. А. Тимирязева.
(Публикуется впервые.)

Подвожу итог этому несколько затянувшемуся вступлению. Ботаника пользуется сравнительно малым сочувствием в обществе, о ней су-

¹ Слова эти относятся к 1876 году, но вопрос об опытных станциях не утратил своего значения, можно даже сказать — представляется злобой дня. В настоящую минуту (1907 г.) Италия снова может служить примером, заслуживающим подражания. Ни в одной стране не достигли такого развития так называемые *странствующие кафедры* и связанные с ними учреждения. Успехи этой пропаганды научных основ агрономии в сельском населении имели несомненным последствием общий подъем земледелия, в чем многие экономисты усматривают, в свою очередь, один из важных факторов улучшения финансового положения Италии. Мне самому привелось в 1902 году изучить на месте плодотворную деятельность одного из выдающихся деятелей в этом направлении, профессора Чезаре Форти в Комо.

Такое положение сохранялось в России до самой Великой Октябрьской социалистической революции. Теперь же в стране, создающей коммунистическое общество, организовано такое количество научно-исследовательских учреждений и опытных станций, что с ними не может конкурировать ни одна капиталистическая страна. Научному ведению сельского хозяйства помогают не только научно-исследовательские институты и опытные станции, но и многочисленные колхозные хаты-лаборатории. Советский строй полностью подтверждает слова Тимирязева, что «всякая наука для своего процветания и развития нуждается в нравственной и материальной поддержке общества». Эту поддержку биологической науке, как и всем остальным наукам, полностью оказывают партия, правительство и народ Страны Советов. *Ред.*

З К. А. Тимирязев



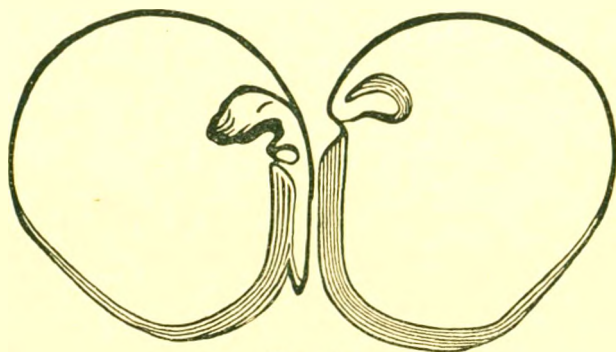
ществует превратное понятие, потому что она преследовала цели, вращалась в круге идей, имеющих тесный интерес для людей посвященных. Вызванное необходимым историческим ходом развития, это направление поддерживалось и продолжает поддерживаться благодаря односторонности большинства представителей этой науки. Но в последнее время в ней все более и более проявляется новое, свежее направление — направление экспериментально-физиологическое. С этим пробуждением совпадает и пробуждение в обществе сознания полезности этих знаний. Земледелие начинает нуждаться в физиологии растений. Таким образом, интересы общества и науки становятся солидарными. Но если, с одной стороны, эта солидарность, эта взаимность интересов не дает еще обществу права предписывать науке ту или другую деятельность, тот или другой путь развития, то, в свою очередь, и наука не вправе уходить в свое святилище, таиться от толпы, требуя, чтобы на слово верили ее полезности. Представители науки, если они желают, чтобы она пользовалась сочувствием и поддержкой общества, не должны забывать, что они — слуги этого общества, что они должны от времени до времени выступать перед ним, как перед доверителем, которому они обязаны отчетом. Вот что мы сделали, должны они говорить обществу, вот что мы делаем, вот что нам предстоит сделать, — судите, насколько это полезно в настоящем, насколько подает надежду в будущем.

Такова, на мой взгляд, одна из задач так называемой популярно-научной литературы, такова одна из задач и популярных чтений — задача, которую нередко упускают из виду, усматривая в общедоступном изложении научного предмета только одну его сторону — стремление поучать в возможно легкой и забавной форме.

Для того чтобы понять жизнь растения, как уже сказано, необходимо прежде ознакомиться с его формой; для того чтобы понять действие машины, нужно знать ее устройство. Бросим же прежде всего беглый взгляд на те внешние, формальные проявления растительной жизни, для наблюдения которых не нужно никакой подготовки, никаких технических приемов исследования.

Начнем наш обзор с начала, с пробуждения

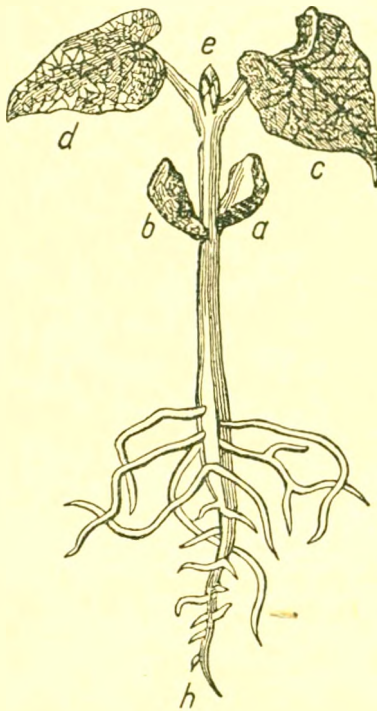
растительной жизни после зимнего сна и оцепенения. В каком виде застанет ее весна, где кроются зачатки этой новой жизни? Они кроются в семени, которое сохранило свою жизненность под защитой почвы и толстого покрова снега. Они затаились в почках, которые под охраной своих чешуек перенесли невзгоды суровой зимы. Пригреет весеннее солнце — и на каждом свободном клочке земли выглянут зеленые ростки, на каждом дереве или кустарнике разбухнут, лопнут, сбросят свои невзрачные и уже ненужные чешуйки и распустятся листовые почки. Семя и почки — вот два органа, к которым ежедневный опыт возводит начало расти-



Фиг. 1.

тельной жизни. С этих органов начнем и мы наш обзор.

Прежде всего, что такое семя, из каких частей состоит оно? Начнем с общеизвестного — гороха, например, или бобов. Если мы его вымочим в воде, то оно набухнет, и от него отделится кожура. Под кожурой мы встречаем две мясистые или, скорее, жестко-хрящевые половинки. В промежутке между этими двумя половинками защемлено небольшое тельце, служащее как бы уздечкой или перемычкой между ними; в этом тельце мы без труда, простым глазом, а еще легче при помощи лупы, узнаем небольшое зачаточное растение, молодой росток, состоящий из стебелька с листьями и корешка (фиг. 1). Этот росток связывает обе доли семени (они так и называются *семенодолями*). Эти доли, несмотря на то что они гораздо более самого ростка, — не что иное, как два его боковых придатка. Но что же за органы эти семенодоли? Ботаники говорят, что это листья. Эти бес-



Фиг. 2.

цветные, незеленые, округлые, мясистые, остающиеся под землей тела они называют листьями и, как мы тотчас увидим, не без основания. Стоит от семени бобов перейти к ближайшему растению — к фасоли: у фасоли эти семенодоли (фиг. 2, *b*, *a*) уже не останутся под землей, а выступают над ее поверхностью и примут зеленый цвет, свойственный листьям (фиг. 2, *d*, *c*); у клена, у ясеня форма семенодоли еще ближе приближается к обыкновенному листу, и, наконец, у липы это будут настоящие, тонкие зеленые листочки с зубчатым краем и жилками. Итак, семенодоли гороха, несмотря на то что они ни цветом, ни видом не напоминают листьев и живут в земле, мы должны признать за листья. За этими первыми, обыкновенно не похожими на настоящие листья органами на вытягивающемся стебельке появляются уже настоящие листья, но не всегда сразу появляются такие, какие встречаем на взрослом растении. Вот, например, молодое растеньице ясеня. Всякому знакома форма листьев ясеня: на общем черешке расположено несколько пар листочков и на конце еще один; таким образом, целый лист

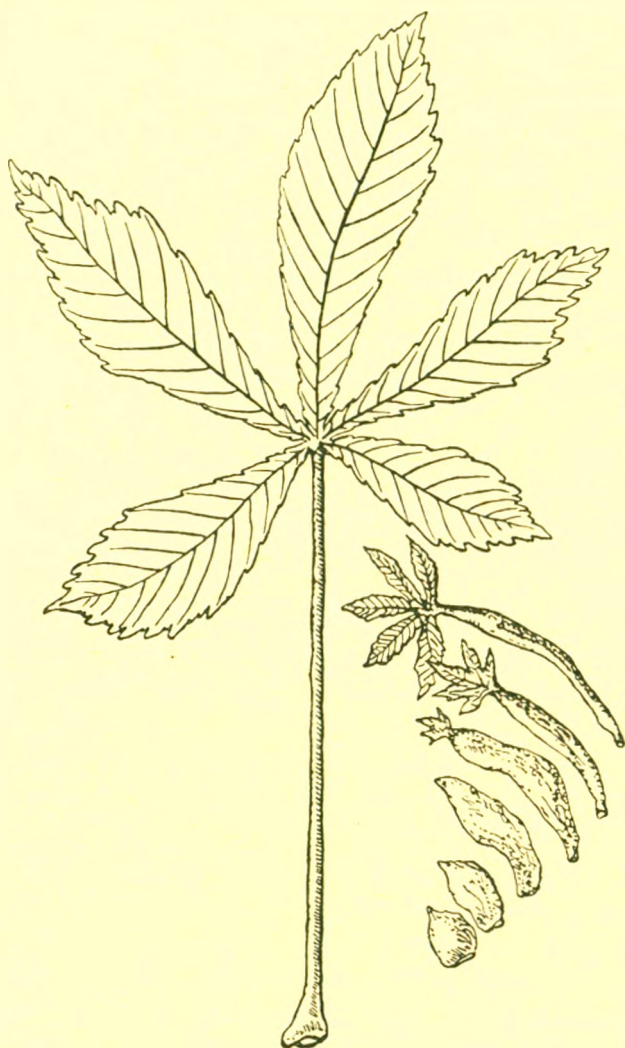
3•

состоит из семи, девяти или более листочков. Это так называемый сложный лист. Что же мы видим здесь (фиг. 3)? За двумя язычкообразными и несколько мясистыми семенодолями (*ct*) следуют два листа с зубчатым краем и ясными жилками (*f*), но листья простые, а не сложные. Поднимаясь выше по стеблю, встречаем уже листья, состоящие из трех листочков (*f'*), еще выше — их уже пять (*f''*) и, наконец, семь и девять, то-есть начинаются такие листья, из каких состоит вся листва взрослого дерева. Переход от семенодоли к настоящему листу совершился постепенно, их связывает целый ряд промежуточных форм. Невольно выносишь впечатление, что один из этих органов образовался из другого и вот те промежуточные ступени, через которые он должен был пройти.

Обратимся теперь к почке дерева, например клена или конского каштана, или кустарника, например смородины. Снаружи мы встречаем своеобразные органы: чешуйки темнобурые, сухощавые, кожистые, иногда липкие, смолистые; но если мы растреплем почку или дадим ей рас-



Фиг. 3.

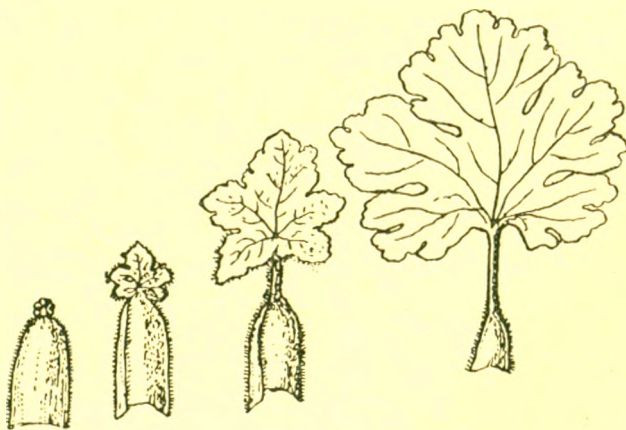


Фиг. 4.

пустить и затем, обрывая одну за другой ее части, расположим их в ряд, то заметим следующее: снаружки лежит несколько настоящих чешуек, окрашенных в темный цвет, коротких, тупых, почти округлой формы (фиг. 4). Затем эта форма будет все более и более удлиняться, и окраска переходит в зеленую; на верхушке одной из таких чешуек заметим неясный, скомканный бугорок; далее этот бугорок увеличивается в размерах и расправляется. Бугорок этот — настоящий, немного сморщенный листочек; чем далее внутрь почки, тем яснее этот орган превращается в ту часть листа, которую мы называем пластиной, а расширенная часть первых чешуек, суживаясь и вытягиваясь в длину,

принимает настоящую стебельчатую форму листового черешка (фиг. 4 — конский каштан и 5 — смородина). Мы встречаем, следовательно, то же явление, которое видели у молодого растения ясеня: как там семенодоль, так здесь чешуйка рядом нечувствительных, промежуточных форм переходит в лист. И вновь закрадывается сомнение: да не один ли это и тот же орган, только видоизменившийся сообразно своему специальному назначению?

Начав с семени или с почки, мы добрались до настоящего листа — такого, из каких состоит вся зеленая листва растений. Произведя такой лист, растение словно выбивается на торную дорогу и под своею растущею вершиной производит лист за листом как бы по одному образцу, как бы отливая в одну форму. Но не одни только листья приносит растение: достигнув известного возраста, оно производит и другие органы — цветы и плоды. Обыкновенно этот переход от листьев к совершенно отличным от них по виду органам цветка совершается внезапно; но существуют нередкие случаи, где появление цветка заранее предчувствуется по тем изменениям, которые обнаруживаются в верхних листьях. Обратимся к одному общеизвестному растению — к обыкновенному садовому пиону. Всем знаком его лист. Но, отправляясь от такого листа вверх по стеблю, по направлению к цветку, мы заметим, что с каждым новым листом эта форма все более и более изменяется и делается наконец совсем неузнаваемой. Перво-



Фиг. 5.

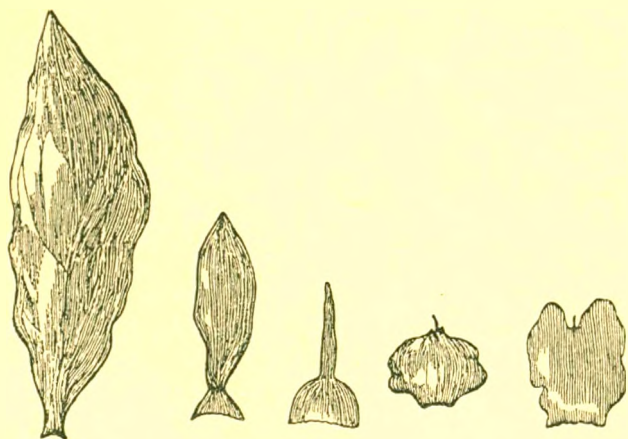
начально весь лист состоял из одиннадцати или девяти листочков, расположенных по-трое; здесь их уже только три, а в промежутке между этими двумя листьями мы нашли бы и такие, у которых было бы семь и пять листиков (фиг. 6). Наконец, весь лист состоит из одного листочка (фиг. 7, рисунок левый). Как видите, явление совершенно обратное тому, которое мы наблюдали у ясеня. Там форма листа усложнялась, здесь она упрощается, проходя обратно по тем же ступеням. Этот простой листочек пока еще совершенно схож с верхушечной долей целого листа; но вот и он начинает изменяться: его короткий черешок расширяется в плоскую кожистую чешуйку, а пластинка постоянно уменьшается, уменьшается, вот она приняла форму небольшого зеленого язычка на верхушке этой кожистой чешуйки (фиг. 7), вот она уже появляется в виде небольшого шильца или щетинки в верхушечной выемке чешуйки, вот она вовсе исчезла (фиг. 8). Перед нами осталась чешуйка пленчатая, желтовато-зеленая, с красноватым краем. Наш лист превратился, так сказать, на наших глазах, его пластинка исчезла, а из черешка образовался орган, сходный и по происхождению и по назначению с чешуйкой, рассмотренной нами в почке каштана. Как тот, так и другой представляют нам пластинчато-развитый черешок. Как тот охраняет в почке молодые листья, так этот охраняет внутренние, нежные части цветка. Этот орган называется *чашелистиком*, а весь круг таких листочков —



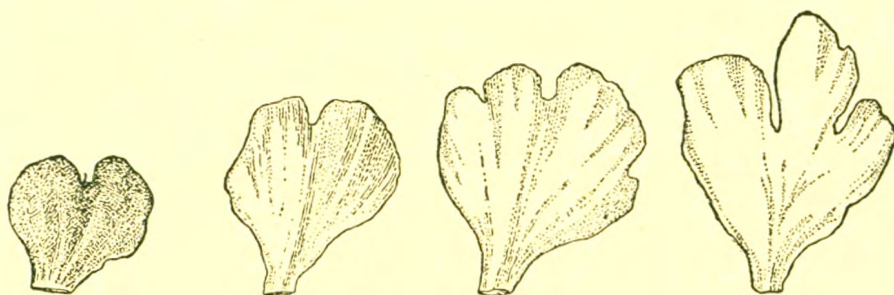
Фиг. 6.

чашечкой. Итак, чашелистик — не что иное, как измененный лист. Во многих случаях это бросается само собой в глаза — стоит вспомнить чашелистик розы, сохранивший листовую пластинку, — но у редкого растения мы в состоянии проследить такой постепенный переход, как у пиона.

За чашелистиком в цветке следует ряд листочков, то белых, то ярко окрашенных, с нежной атласной или бархатной поверхностью, которой так тщательно стараются подражать в искусственных цветах: это — *лепестки*, а все вместе — *венчик*. Кажется, здесь мы встречаем резкий скачок: между лепестком и чашелистиком роз нет никакого сходства. Но оставим в стороне розу и перейдем к другим цветам. Уже у пиона связь между чашелистиком и лепестком видна в красной оторочке чашелистика и в верхушечной выемке лепестка (фиг. 8), напоминающей такую же выемку чашелистика (фиг. 7, рисунок крайний правый), но у камелии, например, мы находимся в полном недоумении, где



Фиг. 7.



Фиг. 8.

кончается чашелистик, где начинается лепесток — так постепенен и нечувствителен переход от жесткого зеленого чашелистика к нежному белому или алому лепестку. Итак, лепесток — не что иное, как превратившийся чашелистик, который, в свою очередь, есть видоизмененный лист, следовательно и лепесток — не что иное, как лист.

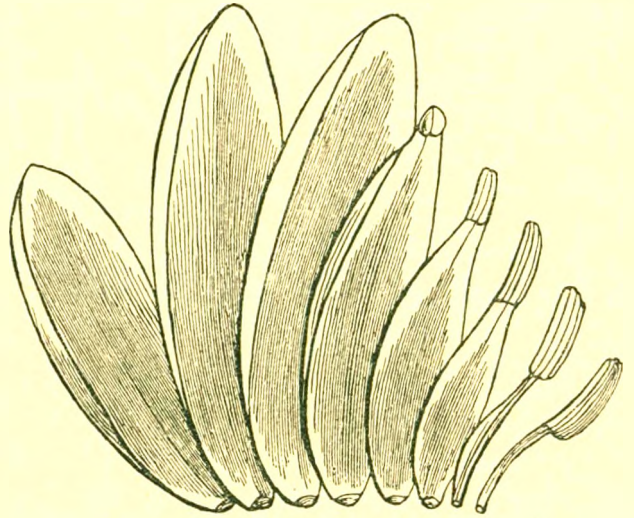
Заглянем теперь во внутренность цветка. Выберем для этого сначала какой-нибудь по крупнее, например лилию. Из середины цветка выставляется несколько органов, состоящих из тонкого стебелька, или ножки, на верхушке которой сидят поперек два продолговатых желтых мешочка, лопнувших продольной трещиной. Из трещины выступает рассыпчатая оранжевая пыль. Эти органы называются *тычинками*; мешочки, заключающие пыль, так и называются *пыльниками*, а несущая их ножка — *нитью*. Казалось бы, между тычинкой и лепестком уже нет ничего общего. Но не будем поспешны и поищем опять подходящий пример. Всякому, конечно, знакома столь обыкновенная на наших реках и прудах водяная кувшинка с ее большими, почти круглыми, плавающими на поверхности воды листьями и крупными белыми цветами. Растреплем один такой белый цветок и расположим его органы, как это мы сделали с почкой каштана, начиная с крайних, то-есть наружных, белых лепестков и кончая лежащим ближе к середине цветка органом с желтыми пыльными мешочками и несколько расширенною плоскою нитью — органом, в котором мы узнаем тычинку (фиг. 9). Как видите, и здесь мы замечаем совершенно нечувствительный переход; вот настоящий белый лепесток, вот на вершине его появились два желтых пятнышка, они растут, а основание лепестка между тем су-

живается; вот ясно обозначились уже два продолговатых мешочка, а основание лепестка превратилось в узкую полоску, и вот, наконец, настоящая тычинка, пыльники которой растрескиваются долевою щелью и высыпают пыльцу. Лепесток перешел в тычинку. Доказательством возможности такого превращения служит факт обратного превращения тычинки в лепесток, которым пользуются в садоводстве. Такие цветы с тычинками, превратившимися в лепестки, называются *махровыми*¹. Так например, обыкновенный пион имеет пять лепестков и много тычинок; у махрового же много лепестков и соответственно менее тычинок, и если присмотреться ближе, то убедимся, что внутренние лепестки представляют переход к тычинкам: на краю яркокрасного, несколько сморщенного листочка сидят более или менее развитые желтые пыльники. В прототипе нашей розы, в шиповнике, мы видим только пять лепестков и множество тычинок; в розе часть этих тычинок превращена в лепестки, потому их гораздо более пяти. Явления махровости любопытны еще в том отношении, что они могут быть отчасти вызваны искусственно. Точно так же искусственно можно вызывать превращение кроющих чешуек листовых почек в настоящие листья. Значит, не только путем наблюдения, но и путем опыта, всегда более убедительным, мы приходим к заключению, что один листовой орган может превращаться в другой.

Продолжая наш путь, проникаем теперь в самую глубь цветка. За тычинками мы встречаем

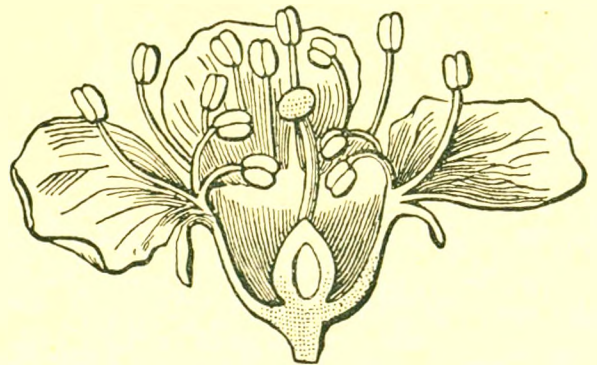
¹ В действительности, в природе, части цветка, вероятно, образовались, как и в наших махровых цветах, то-есть лепестки произошли из тычинок, а не тычинки из лепестков.

последний орган цветка — последний потому, что он занимает его средину и тем завершает его рост, а следовательно, и рост той части стебля, которая оканчивается этим цветком. Этот орган называется *пестиком* или *плодником*. Пестиком потому, что иногда (как, например, у вишни, фиг. 10) он своею формой, со вздутым, округлым основанием (*завязью*), вытянутою шейкой (*столбиком*) и закругленною верхушкой (*рыльцем*), напоминает пест. Плодником же называется он потому, что это — та часть цветка, которая превращается в плод. Таких плодников в цветке бывает один, бывает и несколько. Нижняя его часть, завязь, внутри полая, так что весь орган в настоящем примере скорее всего напоминает бутылочку. В полости заключается одно, или несколько, или даже очень много округлых беловатых тел — *яичек*. Вновь с недоверием встречаем мы этот орган; на этот раз, кажется, нет и тени сходства с листом, и вновь удачный выбор примеров убедит нас, что и он образовался из одного или нескольких листочков. Некоторые ненормальные, уродливые цветы, к которым мы должны отнести и махровые, дадут нам к тому ключ. Так например, в махровых цветах той же вишни или черешни нередко плодник из бутылчатого органа превращается в настоящие листочки, один или два (фиг. 11)¹. Во многих случаях нет даже надобности прибегать к уродливым растениям, для того чтобы усмотреть этот листовой характер плодника и происходящего из него плода. Стоит, например, взглянуть на плод бобовых растений, например гороха (стручок — в обыкновенной речи, боб — по терминологии ботаников), или, еще лучше, на плод пиона (фиг. 6), чтобы убедиться, что это не что иное, как лист, края которого запахнулись и срослись продольным швом, образуя полый внутри орган. В других случаях зрелый плод при растрескивании ясно обнаруживает, что он, а следовательно, и плодник, из которого он образовался, состоит из нескольких листочков, сросшихся своими краями. Итак, плодник произошел из одного или нескольких видоизмененных листочков; ботаники



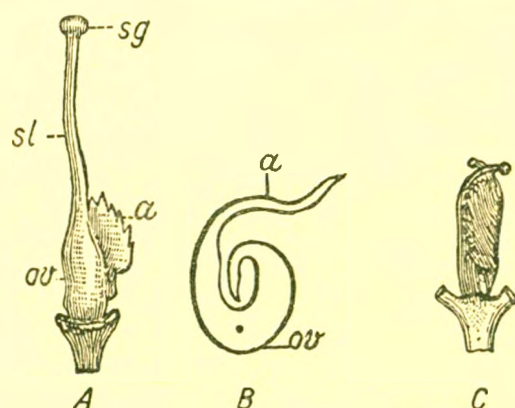
Фиг. 9.

так и называют их *плодолистиками*. Но не во всех ненормальных цветах плодник превращается в настоящие листочки, как мы это видим у вишни. В других случаях он превращается в органы, ближе к нему стоящие, — в тычинки и лепестки. В цветке ив можно иногда проследить переходы между пестиком и тычинкой. В середине махровых пионов можно иногда найти яркие красные лепестки, на краю которых сидят белые блестящие яички: это, очевидно, плодник, превратившийся в лепесток, но сохранивший свои яички. Значит, пестик может превращаться обратно во все предшествовавшие ему органы: тычинки, лепестки и настоящие зеленые листочки. Не указывает ли это прямо, что все эти органы одинакового происхождения?



Фиг. 10.

¹ А — пестик, отчасти превратившийся в лист; В — тот же пестик в поперечном разрезе; С — пестик, превратившийся в два листочка.



Фиг. 11.

В нашем анализе растения мы дошли до самого верхушечного органа — плодника; далее идти уже некуда, остается только углубиться внутрь плодника, в полость его завязи. Как уже сказано, мы там встретим яички. Что же такое эти яички? И на этот раз, как и прежде, ответ дадут нам некоторые уродливые, уклонные цветы. В таких цветах, в которых плодники превращались в зеленые листочки, на краях этих листочков, там, где должны были сидеть яички, мы замечаем маленькие зеленые листочки или целые листовые почечки. Значит, и яички и их части не что иное, как листочки или части листочков.

Таким образом, мы приходим к тому общему выводу, что все части цветка — только видоизменившиеся листочки, весь цветок — не что иное, как превратившаяся листовая почка. Справедливость этого воззрения подкрепляется нередкими случаями цветов, из середины которых выходит зеленая, покрытая листьями веточка. Бывали даже случаи, что такие веточки вырастали из полости завязи; их даже отрезали, сажали в почву, и они принимались.

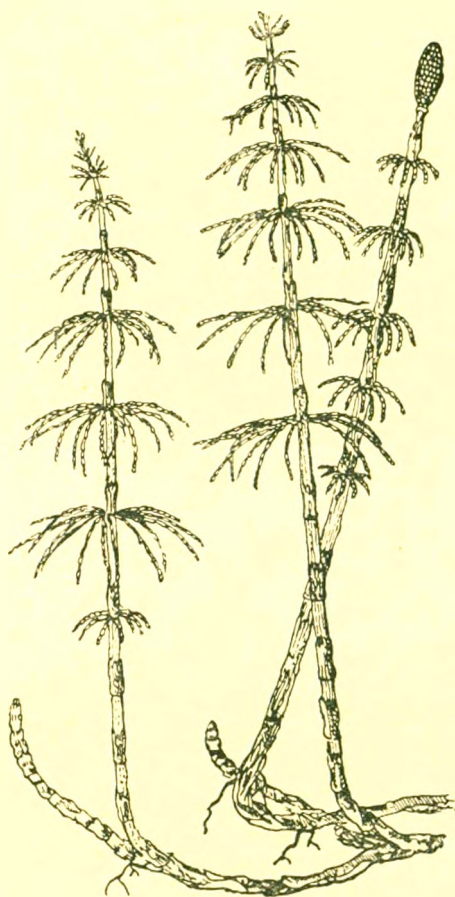
Но какая же будет дальнейшая судьба яичка — не уродливого, превратившегося в зеленый листочек, а настоящего, нормального? Когда растение отцветет, когда облетят его лепестки, завянут тычинки, а плодник превратится в плод, тогда яички превратятся в семена, то-есть в зачатки новых растений. Здесь, очевидно, оканчивается наш обзор внешних частей растения. Я развернул перед вами полную картину внешних

проявлений жизни растения¹. Начав с семени, мы вернулись опять к семени же и таким образом завершили полный цикл растительной жизни. За этим циклом начнется второй подобный же — и так далее, в бесконечной смене поколений. Этот скучный, но необходимый для дальнейшего изложения перечень органов я старался несколько скрасить, оживив, связав его одною руководящею идеей — идеей превращения, или метаморфоза, органов. Этой идеей наука обязана главным образом поэту-ученому Гёте. Рассматриваемая с этой точки зрения растительная жизнь представляется какою-то фантазмагорией, каким-то рядом сменяющихся и переходящих одна в другую туманных картин. Только что перед вами сложится определенный образ известного органа, как уже он становится неясным, неузнаваемым, получается что-то неопределенное, и затем мало-помалу вновь выясняется, но уже другая форма, другой орган, и так далее и далее: один сменяется другим, один нечувствительно переходит в другой, пока не завершится полный круг развития, пока не получится первоначальный исходный орган. До сих пор мы имели в виду только листовые органы, но, кроме них, тело растения представляет нам еще два других органа, зачатки которых мы встречаем уже в семени, — именно несущий листья стебель и корень. Но и эти два органа, с первого взгляда столь различные, живущие в различных средах, в некоторых, правда редких, случаях способны взаимно превращаться. В этих случаях стебель, зарываясь в землю, принимает характер корня; корень, выходя на свет, покрываясь листьями, принимает характер стебля. Следовательно, стебель и корень, как два приспособленных к условиям существования видоизменения одного органа — *оси*, и придаток этой *оси*, лист с его многочисленными видоизменениями, чешуйками, лепестками, тычинками и проч., — вот те основные внешние органы, которые производит в течение своей жизни совершенное растение.

¹ На лекции в буквальном смысле развевалась превосходная (в несколько сажен длиною) картина, принадлежавшая кисти нашего знаменитого писателя В. Г. Короленко, в то время еще бывшего студентом Петровской академии. К сожалению, эта прекрасная картина погибла вместе со всеми коллекциями ботанического кабинета академии во время пожара в 1880 году.



Фиг. 12. Папоротник в лесу Петровской академии.
(Фотография К. Тимирязева).



Фиг. 13.

До сих пор, согласно ходячим понятиям о растении, мы допускали, что семя представляет начало и конец растительной жизни. Но рождается сомнение: вправе ли мы видеть в нем действительное начало, действительную исходную точку растительной жизни или, быть может, мы в состоянии раздвинуть далее ее пределы, можем выследить ее до более простейшего начала? В самом деле, описанное нами семя — еще очень сложное тело, в его зародыше мы застаем уже целое зачаточное растение, со всеми почти его частями.

Для того чтобы найти это простейшее начало растительного организма, мы должны обратиться к растениям, уклоняющимся от обыкновенного представления о растении, — от того типичного растения, снабженного семенами и цветами, с которым мы только что успели познакомиться.

Если при небольшом усилии воображения вы отрешитесь на минуту от настоящего и перенесетесь мысленно в одну из живописных окрестностей Москвы, например в Кунцево, и постараетесь вызвать в своей памяти те впечатления, которые вы испытывали, спускаясь по тропинке в кунцевский овраг, то, конечно, вспомните, что по мере того, как вы погружались в его зеленую заросль, по мере того, как вас охватывала его сырая, пропитанная испарениями атмосфера, вашим глазам представлялась совершенно своеобразная растительность. На каждом шагу, со дна оврага или с его обрывов, словно пучки зеленых страусовых перьев или воткнутые в землю маковки пальм, торчат узорчатые, раскинутые папоротники (фиг. 12), а еще ниже, по топкому берегу и в самой воде ручья или болотистой лужи, сплошной щеткой столпились елочки хвоща с кое-где уцелевшими на их верхушках черными головками (фиг. 13). Чем-то чуждым, необычным каждый раз пахнет от этой картины; невольно чувствуешь, что эта растительная обстановка совсем не та, которую оставил наверху оврага. И это безотчетное впечатление не обманывает нас; этот мир папоротников и хвощей действительно совершенно своеобразный мир, или, вернее, осколок растительного мира, покрывавшего нашу планету в давно минувшие геологические эпохи. Эти папоротники, хвощи и сродные с ними и также очень обыкновенные в наших лесах плауны, то-есть те стелющиеся, сухощавые, моховидные растения с приподнимающимися местами желтоватыми колосками (фиг. 14), которыми иногда украшают окна при вставке зимних рам, — все эти растения, или, вернее, сродные с ними формы, были преобладающей растительностью на нашей планете в то время, когда образовывался каменный уголь. Этот уголь содержит их остатки, целые стволы, отпечатки листьев, плода; по этим остаткам при помощи некоторой доли фантазии можно было воспроизвести виды прежней растительности на Земле, ландшафты, которых не видал ни один человеческий глаз. Леса той отдаленной эпохи заключали древовидные папоротники, уцелевшие теперь только в некоторых влажных тропических странах и разводимые в наших оранжереях. Наш

приземистый, стелющийся по земле плаун был представлен громадными *чешуедревками* (лепидодендронами), а наш тощий, мелкорослый хвощ, только кое-где в Южной Америке еще достигающий высоты нескольких десятков футов, был представлен такими же древесными каламитами, эквизетитами и др.

Я только что несколько раз употребил выражение, которое нуждается в объяснении и нечувствительно вернет нас к нашему вопросу. Я сказал, что плауны сродни папоротникам и хвощам и что теперь живущие формы всех этих растений — сродни ископаемым. В чем же заключается это сродство и чем все эти папоротники, плауны и хвощи отличаются от остальных лиственных и хвойных растений?

Некоторые особенности в жизни папоротников уже давно обратили на себя внимание даже людей неученых; всем известны поэтические поверья о цветении папоротников в ночь под Иванов день. В основе этого поверья лежит наблюдаемый факт, что папоротник никогда не цветет, что у него нет цветов, как у других растений. То же справедливо относительно хвощей и плаунов; все эти растения так и называются *бесцветковыми*. Но если у них нет цветов, то у них не может быть и семян, которые образуются из яичек в цветке¹. Чем же они размножаются? Если мы обратим внимание на изнанку листьев папоротника, на черные шишечки хвоща, на желтые колоски плауна, то заметим, что все они ко времени зрелости представляют следующее общее явление. Стоит их встряхнуть над рукой или листом белой бумаги, и мы получим тончайшую буроватую или желтую пыль. Эта пыль состоит из очень мелких телец, видимых только в микроскоп; они так малы, что на одном вершке их поместилось бы в ряд около тысячи пятисот. Каждая такая пылинка может дать начало новому растению. Вот так называемое плаунное семя, то-есть желтый, нежный на ощупь порошок, высыпавшийся из колосков плауна (фиг. 14) и которым в аптеках пересыпают пилюли. Я бросаю горсть этого порошка на пламя свечи; облачко пыли рассекается молниеобразными вспышками; в былое время этим



Фиг. 14.

пользовались для изображения молнии в театре. В этой вспышке погибли в зачатке миллионы будущих растений. Эти микроскопические тела ботаники называют *спорами*, а все растения, ими размножающиеся и лишенные цветов и семян, — *споровыми*. Сюда относятся, кроме перечисленных растений, еще *мхи*, *водоросли*, в обыкновенной жизни называемые тиной, и *грибы*, как те, которые мы называем этим именем, так и те, которые мы обыкновенно называем плесенью.

Итак, мы видим, что споровое растение, будет ли то микроскопическая плесень или древесный папоротник, обязано своим происхождением невидимой пылинке — споре. Что же такое эта спора? Не будет ли она то искомое простейшее форменное начало растения, которого мы не могли признать в семени?

Действительно, микроскопическое исследование показывает, что спора состоит из пузырька с твердой оболочкой, заключающей внутри

¹ В последней лекции мы увидим, что это заключение не вполне верно.

жидкие и полужидкие вещества. Это так называемые *клеточки*. В клеточке мы должны видеть простейшее исходное начало всякого организма; ее мы уже не в состоянии разделить на части, способные к самостоятельному существованию; это действительный предел, далее которого не идет наш морфологический анализ, это органическая единица. Здесь сам собою рождается вопрос: не можем ли мы проследить и начало образования семени до той поры, когда оно еще состояло из одной клеточки; ведь не возникло же оно разом со своим корешком, стебельком и семенодолями? В одной из последующих бесед мы действительно будем иметь случай убедиться, что и всякое семенное растение зачинается одною клеточкой; эту клеточку мы найдем в яйчке, когда ближе ознакомимся с его строением. Следовательно, всякое растение, споровое или семенное, начинается одною клеточкой; различие состоит только в том, что у первых эта клеточка отделяется от произведшего ее растения, у последних она развивается, разрастается в сложный орган, в семя, и только в таком виде отделяется от материнского растения. Все живое, будет ли то простейшее растение или человек, начинается одною клеточкой. Некоторые микроскопические, а иногда и не микроскопические растения сохраняют это одноклеточное строение в течение всей жизни, другие же, развиваясь, усложняются в своем строении, образуя из одной клеточки две, несколько, бесчисленное множество.

Всякое растение, следовательно, не только образуется из клеточки, но и во всех своих частях состоит из клеточек; клеточки — это кирпич, из которого выведено здание растения.

Убедиться в этом можно иногда прямо, без хлопот, в других же случаях — при помощи очень несложных приемов. Присмотритесь, например, к тонкому ломтю спелого арбуза, и вы увидите, что он состоит из очень рыхло связанных между собою пузырьков, напоминающих икринки или бисер. Это — клеточки, которые в мякоти зрелых плодов обыкновенно теряют взаимную связь, становятся свободными. В других случаях эта связь не нарушается сама собою, ее можно уничтожить при помощи известных средств. Например, ломтик сырого картофеля

представляет нам сплошное тело, в котором без помощи микроскопа трудно усмотреть какое-нибудь строение, но присмотритесь к разваренному, рассыпчатому картофелю, и вы ясно невооруженным глазом увидите, что он состоит из отдельных клеточек. Кипящая вода или пар при варке уничтожили связь между клеточками, и они сделались свободными. Несколько труднее бывает произвести это разъединение клеточек в более плотных органах. Но нет такого твердого органа, с которым бы нельзя было этого достигнуть, хотя бы то был кусок дерева, или косточка вишни, или вот это семя одной пальмы (*Phytelephas macrocarpa*), до того твердое, что оно по внешнему виду совершенно напоминает слоновую кость, так что токари употребляют его на разные поделки вместо последней. Для разрушения связи между клеточками подобных плотных тел необходимо уже прибегать к действию некоторых химических веществ.

Для того чтобы убедиться, что растительное вещество состоит из клеточек, нет даже надобности их разъединять: вырезая бритвой очень тонкие и совершенно прозрачные ломтики из любой части растения, мы при помощи микроскопа можем убедиться, что они состоят из соединенных между собою, сплоченных клеточек, так называемой *клеточной ткани*.

После всего сказанного понятно, что без знакомства с клеточкой невозможно понять строение и жизнь растительных органов, которые образованы их сочетанием. Подобно тому как в химии мы начинаем изучение веществ с простых тел, элементов, и затем переходим к их соединениям, так и в настоящем случае изучение растительных органов должно начинаться с их *элементарного органа* — клеточки.

Тех фактов, с которыми мы успели ознакомиться, уже достаточно для того, чтобы дать нам возможность набросать общий план настоящих бесед. Растение в течение своей жизни производит целый ряд органов, один внешний вид которых и положение относительно окружающей среды прямо указывают, что они должны служить весьма различным целям, исполнять весьма различные отправления. Очевидно, что зна-

чение корня, зарывающегося в землю, не то же, что зеленого листа, устремляющегося на воздух, к свету; значение семенодоли не то же, что лепестка; значение тычинки, с ее свободно разлетающейся по воздуху пылью, не то же, что яичка, схоронившегося в глубине завязи. Физиолог прежде всего должен найти значение каждого органа — его отправление. На первых порах ему, следовательно, представляется двоякая задача: дан орган — найти его отправление; дано отправление — найти орган. И прежде всего, разумеется, ему нужно ознакомиться с отправлением элементарного органа — клетки, в ее общих и частных проявлениях. Но затем, когда ему станет ясно значение различных органов, когда он убедится, в каком совершенстве они исполняют свою работу и приспособлены к своей среде, когда он узнает, как необходимо и гармонично их взаимное действие, имеющее результатом общую жизнь организма, тогда он начинает смутно сознавать, что его задача не окончена, что из-за всех этих частных вопросов выдвигается вперед один, самый общий, вопрос из вопросов. Все эти изумительные органы, наконец, самые организмы — как сложились они, как достигли той степени совершенства, которая нас поражает при изучении живой природы?

Включая этот общий вопрос в число тех, к разрешению которых должен стремиться физиолог, мы тем самым указываем, что становимся на сторону тех испытателей природы, которые считают его постановку возможной и уместной. Известно, что в настоящее время в области естествознания выступают две школы, борются два лагеря. Крайние представители первой школы готовы видеть в живой природе только собрание, какой-то музей живых существ, не изменяющихся, вылитых в определенные, неподвижные формы; задача натуралиста, по их мнению, сводится к тому, чтобы сделать общую перепись этим формам, наклеить на каждую соответствующий ярлык и поставить на соответствующее место в коллекции. Для представителей второй — вся органическая природа, рассматриваемая как целое, изменяется, превращается: органический мир сегодня не таков, каким был вчера, и завтра будет иным, чем был сегодня.

Существа, теперь населяющие Землю, произошли от прежде ее населявших путем постепенного изменения, и притом более совершенные от менее совершенных. Эта школа имеет во главе Дарвина, который свел в одно стройное целое накопившуюся массу свидетельств и дал строго определенное направление ее до той поры неясным стремлениям. Понятно, что для защитников первого воззрения не может и существовать вопроса, как сложились и усовершенствовались органы и вообще организмы. Для них они никогда не слагались, никогда не совершенствовались — они возникли вполне законченными, были созданы в той совершенной форме, в которой мы их застаем теперь. Только для тех, кто убежден, что органические существа по природе изменчивы, что они произошли одни из других, усложняясь или упрощаясь, но постоянно совершенствуясь, — только для тех и может существовать вопрос: как возникли органические формы и почему они так приспособлены к своему отправлению и среде? Какие ответы на эти вопросы может дать наука при настоящем ее состоянии, я постараюсь рассмотреть в заключительной беседе, но не желал бы упустить удобного случая если не окончательно убедить в превосходстве нового учения, то, по крайней мере, показать, как при помощи его освещаются факты, остающиеся иначе необъяснимыми.

Подобрав и сопоставив разительные примеры, я пытался представить всю жизнь растения с точки зрения учения о метаморфозе. Остановимся на некоторых из указанных фактов. Если растения были созданы в окончательных, совершенных формах, то какой смысл придадим мы всем этим переходным органам, этим лепесткам — не лепесткам, тычинкам — не тычинкам (у кувшинки), этим придаткам или хвостикам на верхушке чашелистиков пиона? Сами по себе эти переходные органы совершенно бесполезны, как не соответствующие ни отправлению того органа, из которого произошли, ни того, в который превращаются (потому-то они и уцелели только в редких, исключительных случаях). С точки зрения отдельных актов творения они решительно необъяснимы. Но они получают вполне определенный смысл, как только мы допустим другое толкование, как только мы при-

мом, что все бесчисленные растительные формы не были созданы отдельно и окончательно, а развились с течением времени, одни из других, усложняясь и упрощаясь, но всегда совершенствуясь, то-есть приспосабливаясь к условиям своего существования. Тогда в этих переходных формах мы увидим действительные ступени развития, постепенные шаги на пути к совершенству, к выработке потребного для растения органа. Тогда только идея метаморфоза, допускаемая и защитниками противного воззрения, но с их точки зрения темная, метафизическая, получает вполне определенный, реальный смысл. Этот метаморфоз есть выражение в пространстве того, что совершилось во времени. Эта толстая бесцветная семенодоль, так же как этот яркий душистый лепесток когда-то произошли из зачатка обыкновенного листа, исподволь приспосабливаясь к своему новому отправлению. А эти промежуточные, переходные формы не что иное, как уцелевшие формальные улики этого перехода. Это памятники, на основании которых мы созидаем историю растительного мира, потому-то они и драгоценны для науки. Но вправе ли мы утверждать, что растительный мир имеет историю? Геология отвечает на это утвердительно, и мы только что видели тому пример. Мы видели, что наши папоротники, хвощи и плауны — только выродившиеся потомки когда-то могучих обладателей Земли, захудалые роды, вынужденные теперь в глуши лесов, на дне оврагов укрываться от теснящих их представителей современного растительного мира. Значит, Земля была прежде населена другими растениями, и эти растения принадлежали к более простым, споровым, теперь уступающим место бо-

лее совершенным, семенным растениям. Следовательно, с одной стороны, факт метаморфоза и, как мы увидим позже, еще многие сходные с ним факты, с другой стороны, геологическая летопись свидетельствуют, что растительный мир имеет историю и что, следовательно, наш вопрос о происхождении растительных форм вполне законен.

Таким образом, взорам физиолога представляется все более и более расширяющийся горизонт. Изучив жизнь отдельных органов и прежде всего элементарного органа, из которого слагаются все остальные, то-есть клетки, изучив общую картину взаимодействия органов, то-есть совокупную жизнь целого растения, он стремится понять, насколько это доступно, жизнь всего растительного мира, рассматриваемого как целое, и этим путем пытается пролить свет на самый широкий и загадочный вопрос — вопрос о происхождении растения и о причине его совершенства, или, другими словами, вопрос о гармонии, о целесообразности органического мира.

Но прежде чем вступить на этот постепенно восходящий синтетический путь, нам необходимо проникнуть еще глубже в наш анализ. Мы разложили растения на органы, органы — на клетки, но до сих пор мы видели только внешний остов этой клетки. Нам необходимо заглянуть в ее внутренность, в ту микроскопическую лабораторию, где вырабатываются все бесчисленные вещества, которые производит растение, ознакомиться с этими веществами и разложить их на их составные, простые начала. Для этой цели на помощь микроскопу к нашим услугам явятся весы и химические реактивы. Это изучение составит предмет следующей беседы.

II

КЛЕТОЧКА

Закон вечности вещества. — Происхождение вещества растений из внешней среды. — Понятие об элементарном и ближайшем составе растения. — Три основные группы ближайших химических начал: белки, углеводы, жиры. — Химическое и микроскопическое исследование растения. — Принятие питательных веществ растением. — Понятие о диффузии вещества. — Диффузия газов и жидкостей. — Коллоиды и кристаллоиды. — Превращение веществ в клеточке объясняет их поступление. — Основной механизм питания клеточки

Наиболее выдающаяся черта в жизни растения заключается в том, что оно *растет*; на это указывает самое название его. Анализируя явление роста, убеждаемся, что оно состоит в размножении клеточек. Вникая еще глубже в сущность этого явления, убеждаемся, что оно состоит в появлении, в накоплении вещества там, где его прежде не было. Мы бросаем в землю жолудь — вырастает дуб; бросаем невидимую пылинку, спору, — вырастает древесный папоротник. Естественно возникает вопрос: откуда взялось это вещество? Но этот вопрос, очевидно, уже предполагает в нас убеждение, что вещество не может ни образоваться вновь, ни исчезнуть. Этот закон неистощаемости, или сохранения, материи действительно лежит в основе всех наших научных представлений о природе. Древние допускали, что *ex nihilo nil fit* (лат. — из ничего ничего не бывает. *Ред.*), но они, конечно, затруднились бы доказать это положение на опыте, если бы им пришлось, например, доказать, что сгоревшее вещество не превратилось в ничто, или решить, откуда взялось вещество растения. Только долгим, кропотливым путем опыта можно было оправдать закон сохранения материи в применении к явлениям растительной жизни. Долго были убеждены, да и в настоящее время люди, незнакомые с приобретениями науки, еще убеждены, что вещество растения бе-

рется из земли. Между тем несостоятельность этого взгляда уже доказана на опыте почти триста лет тому назад. Ван-Гельмонт, один из предвозвестников эры научного естествознания, один из тех светлых и смелых умов, которые, несмотря на опутывавшие их сети схоластической метафизики, пролагали путь для положительной науки, мистик и в то же зремя гениальный экспериментатор, — Ван-Гельмонт сделал первый точный опыт, клонившийся к разрешению вопроса, откуда берется вещество растения. Опыт этот замечателен не только как первый точный опыт в области физиологии растений, но и как один из первых случаев применения весов к разрешению химического вопроса, так как известно, что Ван-Гельмонту химия обязана первым применением инструмента, сделавшего впоследствии в руках Лавуазье переворот в этой науке. Опишем опыт собственными словами Ван-Гельмонта. «Я насыпал, — говорит он, — в глиняный сосуд двести фунтов земли, высушенной в печи, и посадил в нее ивовую ветвь, весившую пять фунтов. По прошествии пяти лет выросшая ива весила сто шестьдесят девять фунтов и три унции. Сосуд поливался, когда оказывалось нужным, всегда дождевою или перегнанной водою. Сосуд был широк и зарыт в земле, а для того, чтобы предохранить его от пыли, я его закрыл жестяным листом с большим числом отверстий...

Я не взвешивал листьев, которые потеряло растение в четыре предшествовавшие осени... Наконец, я вновь высушил землю и нашел, что она весила те же двести фунтов без двух унций. Значит, одной воды было достаточно, чтобы образовать сто шестьдесят четыре фунта древесины, коры и корней» (*Orgtus medicinae*, р. 109). Этот опыт, несомненно, доказывал, что в земле, в почве, нельзя видеть исключительного и даже главного источника растительного вещества. Ван-Гельмонт видел этот источник в воде, которою он поливал растение, но в настоящее время мы знаем, что в образовании растения участвуют не только земля и вода, но и воздух. Тем не менее вывод Ван-Гельмонта был совершенно верен для его времени: до него наука не обладала никакими определенными понятиями о третьей, то-есть газообразной, форме вещества; ему наука обязана первыми своими сведениями о газах и даже самым словом *газ*. Только в конце прошлого столетия, с развитием так называемой пневматической химии, то-есть химии газов, происхождение вещества растения могло вполне выясниться и действительно выяснилось благодаря исследованиям трех ученых: Пристли, Ингенгуза и Сенебье.

Для того чтобы узнать, какими своими составными частями эта тройная среда — земля, вода и воздух — участвует в образовании растения, нам необходимо узнать состав самого растения. Химия с восемнадцатого века учит нас, что вещество не только не создается, но даже в известном смысле не изменяется, что существует известное число так называемых простых тел, или элементов, неспособных взаимно превращаться. Следовательно, когда мы находим в растении какое-нибудь простое тело, мы озираемся кругом, мы ищем его в окружающей среде, зная, что оно должно было проникнуть из нее, а не могло ни создаться в растении, ни образоваться в нем из другого простого тела.

Далеко не все химические элементы встречаются в растении, и даже из тех, которые встречаются, мы упомянем только о главнейших, играющих выдающуюся роль в жизни растения. Для того чтобы получить понятие о химическом составе растения, мы подвергаем его действию высокой температуры. Прежде всего улетит во-

да, и при температуре немного выше 100° мы получим так называемое сухое вещество растения. Это — первый шаг в нашем анализе. Он убеждает нас, что различные части растения содержат воду в весьма различных количествах (см. таблицу на стр. 51). Нагревая еще сильнее, мы заметим, что сухое растительное вещество начнет буреть, чернеть, обугливаться, наконец начнет тлеть и гореть пламенем, и в результате получится небольшая в сравнении со взятым веществом кучка обыкновенной белой золы. Большая часть вещества, следовательно, сгорела и улетучилась. Производя это сжигание с известными предосторожностями, улавливая улетающие газы, мы убеждаемся, что эта сгорающая часть растительного вещества состоит из четырех простых тел — твердого *углерода* и трех газов: *кислорода*, *водорода* и *азота*. Эта горючая составная часть, всегда содержащая углерод, что и видно по ее обугливанню перед горением, называется органическим веществом растения. Органическим оно называется потому, что из него состоят все организмы. Прежде даже полагали, что оно может образоваться только в живых телах, в организмах, что искусственно, в лаборатории, можно получать только менее сложные по составу тела, из которых состоит мертвая, неорганическая природа. Но это убеждение поколеблено успехами современной органической химии; в настоящее время химик уже в состоянии приготовить множество тел, образование которых прежде считалось тайной живого организма. Не все означенные вещества содержат все четыре элемента; некоторые состоят только из трех — углерода, водорода и кислорода, или из двух — углерода и водорода. Притом же эти элементы в различных телах соединены в весьма различных отношениях, и потому понятно, что в различных растениях или в неодинаковых частях того же растения и элементы будут соединены в различных количественных отношениях. Тем не менее, если мы воспользуемся многочисленными анализами разнообразных растений и их отдельных частей и выведем из этих анализов общую среднюю, то можем составить себе понятие о примерном среднем элементарном составе растения. В ста ве-

совых частях сухого растительного вещества заключается средним числом:

45,0%	углерода
6,5%	водорода
1,5%	азота
42,0%	кислорода
5,0%	золы

Эта таблица дает нам наглядное представление о том, в каком отношении твердые и газообразные элементарные вещества должны между собою соединиться, чтобы образовать известное количество растительного вещества. Если от горючей органической части растения мы перейдем к золе, то увидим, что в ее состав входит более значительное число элементов. Сделаем здесь только перечень главнейших из них, так как ближе с ними познакомиться нам придется в четвертой лекции.

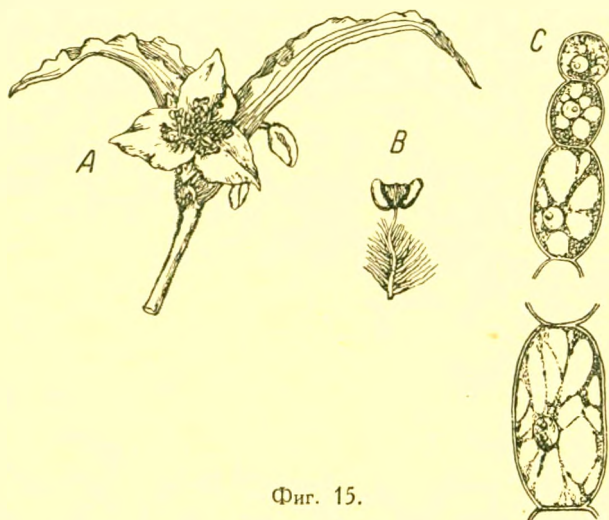
Элементы		
Органического вещества	Зола	
Углерод	Сера	Калий
Водород	Фосфор	Магний
Кислород	Хлор	Кальций
Азот	Кремний	Железо

Первые четыре элемента зола образуют кислоты, а эти кислоты с четырьмя металлами, приведенными во втором столбце, образуют соли.

Зная, из каких элементов состоит растение, зная, что элементы неспособны взаимно превращаться, мы теперь можем вперед сказать, откуда, из каких источников *могут* взяться эти вещества.

В воздухе, в атмосфере, растение встречает свободный кислород и азот, небольшие количества углекислоты, газа, состоящего из углерода и кислорода, и еще очень малые количества соединений азота с кислородом и водородом. В почве, кроме всех этих веществ, оно встречает и другие тела, которые по своей нелетучести не могут находиться в воздухе, — это будут именно соли, содержащие остальные элементы растения. Часть этих солей будет растворена в почвенной воде — следовательно, будет составлять жидкую среду растения, другая же часть будет находиться в твердой форме.

До сих пор мы только узнали, из каких элементов состоит вещество растения, или, вернее,



Фиг. 15.

мы узнали, на какие элементы мы можем разложить это вещество, и для этого мы должны были разрушать, сжигать его. Но из чего, из каких веществ, из каких соединений элементов состоит растение при жизни, этого, конечно, элементарный анализ нам не дает. Для этого мы должны избрать иной путь и прежде всего, как мы уже сказали, должны заглянуть в клеточку, в эту микроскопическую лабораторию, в которой вырабатываются все разнородные вещества, производимые растением. Увидеть клеточку немудрено — все части растений состоят из них; но увидеть ее живую, несколько не поврежденную, удобно только на таких частях, которые состоят из одной клеточки или одного ряда клеточек; таковы, например, волоски. Многим, конечно, известно если не по названию, то по виду растение, очень нередкое в комнатной и тепличной культуре, с длинными, узкими, сочными листьями и фиолетовыми цветами о трех лепестках. Это — *Tradescantia* (традесканция, фиг. 15, A). Тычинки этого цветка отличаются мохнатыми фиолетовыми же нитями (фиг. 15, B). Эта мохнатость зависит от множества волосков, а каждый волосок состоит из одного ряда четками расположенных клеточек округлой или вытянутой, эллиптической формы. Стоит отделить иглой одну такую нить и положить ее под микроскоп, на верхушке нити будут более молодые, почти округлые, при основании — более старые, вытянутые клеточки (фиг. 15, C).

В каждой такой клеточке мы прежде всего отличаем две части: ее оболочку, тонкую и совершенно прозрачную, позволяющую видеть все, что находится внутри клеточки, и содержимое клеток. Первоначально вся полость клеточки наполнена однообразной густой массой, так называемой *протоплазмой*, с погруженным в нее округлым телом — *ядром*, о котором речь впереди. Позднее в этой полужидкой *протоплазме* появляются как бы глазки, или ноздришки, наполненные жидкостью и напоминающие, например, подобные ноздришки в сыре. Таким образом, содержимое распадается уже на две части: *протоплазму* и водянистый клеточный сок — и становится более и более губчатым, или пенистым. Еще позднее отношение между *протоплазмой* и соком изменяется в пользу последнего; содержание *протоплазмы* относительно уменьшается, а сока — увеличивается. Наконец почти вся полость клеточки оказывается наполненной водянистой жидкостью, а *протоплазма* сохраняется только в виде слоя, устилающего внутри стенку клеточки, или перекидывается сетчатыми струйками со стенки к стенке. У *традесканции* это разделение содержимого заметно особенно ясно, потому что сок окрашен в фиолетовый цвет, а *протоплазма* бесцветна. Кроме этих двух веществ — *протоплазмы* и сока, — в полости клеточек нередко замечаем и другого рода вещества: маленькие блестящие капли с жирным блеском или округлые бесцветные крупинки, со свойством которых мы ближе ознакомимся впоследствии. В позднейшем возрасте клеточки нередко все ее содержимое исчезает, и полость наполняется воздухом. Такую клеточку, представляющую только один ее остов, или скелет, мы должны считать мертвою; из таких мертвых клеточек состоит, например, сухая, не содержащая соков часть дерева. Таким образом, в живой, деятельной клеточке микроскоп обнаруживает следующие вещества: стенку, *протоплазму*, сок и нередко другие вещества в виде капелек и крупинок.

Ограничиваясь пока этой услугой микроскопа, вернемся снова к пособию химии, к ее реактивам и весам. Но на этот раз остановимся ранее на нашем анализе, не будем вести его до конца, до элементов, а постараемся только раз-

делять различные вещества, входящие в состав растения, не разрушая их, а получая их такими же, каковы они в растении. Познакомимся, одним словом, с так называемыми *ближайшими* составными частями растений — *ближайшими* в отличие от *конечных* его составных начал, то есть элементов.

Понятно, что здесь не может быть и речи о знакомстве со всеми бесчисленными веществами, которые производит растительный мир, — со всем тем, что мы встречаем в лабазе и в аптеке, у столяра и у кондитера, в прядильне и в красильне. Мы ограничимся лишь самыми распространенными телами, или, вернее, группами тел, без знакомства с которыми невозможно понимание растительной жизни.

Выберем для образца какой-нибудь растительный орган, например хлебные зерна. Возьмем их в измельченном виде, в виде муки. Как мы сейчас убедимся, мука представит нам смесь разнородных тел. Для того чтобы разделить их, приготовим небольшой комок теста и будем его долго промывать водой, разминая и перетирая руками. Сначала вода будет стекать молочно-белой, но потом станет совершенно прозрачной. Когда это будет достигнуто, у нас в руках очутится уже не тесто, а комок вещества серовато-белого цвета, липкого и тягучего, как резина или кожа. Это так называемая *клейковина*, та составная часть муки, которая сообщает тесту его вязкость. Если, с другой стороны, мы оставим отстояться сбежавшую при промывке воду, то увидим, что она вскоре совершенно посветлеет и на дне стакана окажется тончайший, нежный на ощупь белый осадок. Это — *крахмал*, то есть то всем знакомое вещество, которое употребляется для отделки белья и под названием картофельной муки почти в чистом виде идет на кисели и т. п. Таким образом, одною промывкой мы разложили муку на две составные части: *клейковину* и *крахмал*. Если бы мы еще прежде настояли муку в эфире, слили этот эфир и дали ему улечься в открытой чашке, то на дне ее получили бы остаток *маслянистого* вида. Следовательно, мука и хлебное зерно состоят главным образом из трех веществ: *клейковины*, *крахмала* и *масла*.

Описанные приемы разделения этих веществ могут служить хотя и грубым, но наглядным примером того, что мы называем *ближайшим анализом*. При этом анализе мы стараемся разделять тела, по возможности не изменяя их, а пользуясь их свойствами растворяться или не растворяться, улетучиваться, кристаллизоваться и проч. Полученные три тела: крахмал, клейковина и жир — могут в то же время служить представителями трех наиболее важных и распространенных групп растительных веществ.

Группы эти — так называемые *углеводы*, *белковые вещества* и *масла*; остальные вещества встречаются обыкновенно или в сравнительно малых количествах, или в исключительных органах или растениях и, следовательно, не влияют на общие явления растительной жизни. Вот таблица, в которой сопоставлены анализы ближайших составных начал нескольких наиболее различных растительных продуктов; анализы эти вполне подкрепляют только что высказанное положение, что главная масса растения состоит из перечисленных трех групп веществ¹.

В 100 частях	Клевера (растения)	Пшеницы (муки)	Лупина (семян)	Льна (семян)
Углеводов	16,6	74,8	45,5	62,2
Белковых веществ	3,7	11,8	34,5	20,5
Масла	0,8	1,2	6,0	37,0
Золы	1,7	0,7	3,5	5,0
Воды	78,0	12,6	14,5	12,3

Группа углеводов получила это название потому, что водород и кислород встречаются в них в том же отношении, в каком они находятся в воде; а так как здесь содержится еще углерод, то углеводы состоят как бы из угля и воды. К этой группе углеводов относятся следующие вещества: сахар, обыкновенный тростниковый или свекловичный, а также виноградный, или *глюкоза*, встречающийся в старом изюме;

камедь, примером которой может служить вишневый клей, вытекающий из стеблей вишневого дерева, крахмал и, наконец, клетчатка, то-есть то вещество, которое образует твердый остов растения, стенки его клеточек, и которое мы употребляем в наших бумажных и льняных тканях и в писчей бумаге. Группу углеводов иногда называют сахаристыми веществами, потому что некоторые из ее представителей, как мы видели, — действительно настоящий сахар, другие же легко могут быть превращены в сахар. Так например, действуя на крахмал слабой серной кислотой, готовят картофельную патоку; действуя той же кислотой на клетчатку, ее также можно превратить в сахар; этим путем, как известно, можно превратить в сахар старое тряпье. Описанные тела представляют нам как бы последовательный ряд: сахар и глюкоза легко растворяются в воде и способны кристаллизоваться; камедь, как, например, вишневый клей, растворяется в воде, образуя густую тягучую жидкость, но неспособна кристаллизоваться; крахмал не растворяется в холодной воде, а в горячей сильно разбухает, образуя клейстер; наконец, клетчатка не растворяется и не разбухает ни в холодной, ни в горячей воде.

Посмотрим теперь, каким образом мы можем узнавать присутствие хотя бы главных из этих веществ. Все они бесцветны, но мы обладаем средствами вызывать в них известные характеристические окрашивания. В бесцветной жидкости, находящейся в этом стакане, растворено немного виноградного сахара, в другом стакане находится яркосиняя жидкость; я приливаю в эту синюю жидкость бесцветный раствор из первого стакана и слегка подогреваю; она начинает мутиться, принимает грязно-зеленоватый цвет, образуется осадок — сначала желтый, бурый, потом яркокрасный; он падает на дно, а жидкость становится бесцветной. Следовательно, виноградный сахар способен вызывать в нашей синей жидкости красный осадок или, наоборот, эта синяя жидкость (так называемый реактив Фелинга) способна обнаруживать, вследствие перемены в своем цвете, присутствие виноградного сахара. Эта реакция так чувствительна, что может обнаруживать в растворе малейшую часть этого сахара. Значит, в Фелинговой жидкости

¹ В Московском Политехническом музее можно видеть богатую коллекцию наглядных анализов растительных продуктов. В одной склянке находится определенное количество данного продукта, например полфунта пшеничных зерен; в других показано, какое в этом количестве продукта заключается количество углеводов, белковых веществ, масла и золы. Там же можно видеть стеклянные модели, поясняющие элементарный анализ растительного вещества, приведенный на стр. 49.

мы имеем драгоценное средство, позволяющее обнаруживать присутствие ничтожных количеств виноградного сахара. Такое же средство для обнаружения присутствия крахмала имеем в растворе иода. Я беру большой стакан воды, прибавляю в него несколько капель крахмального клейстера и размешиваю. В этой воде, таким образом, находятся малейшие следы крахмала. Прибавляю в нее несколько капель желтого раствора иода, и вся жидкость в стакане мгновенно окрашивается в лазуревый цвет. Точно так же, если я, например, смочу капель иодного раствора кусок теста или белого хлеба, то на них появляется темносинее, почти черное пятно, потому что и в том и другом содержится крахмал; но если я смочу тем же раствором иода кусок клейковины, то уже не получу черного пятна, потому что весь крахмал был вымыт водой. Следовательно, иод окрашивает бесцветный крахмал в синий цвет, он служит нам показателем, или реактивом, на крахмал. Остается найти средство для подобного же обнаружения клетчатки. Иод сам по себе не вызовет в ней синего окрашивания, но иод с хлористым цинком окрашивает ее в синий цвет. Мне стоит уронить каплю этого раствора на лист белой бумаги, состоящей, как нам известно, из клетчатки, и на нем появляется синее пятно. Таковы наши реактивы, наши средства узнавать самые распространенные углеводы: виноградный сахар, крахмал и клетчатку.

Переходим к другой группе — к белковым веществам. Белковыми они называются потому, что типом, представителем их может служить белок куриного яйца. Эти белковые вещества встречаются или растворенными, как, например, в соке, выжатом из капусты, или нерастворимыми, как, например, клейковина, которую мы только что получили из пшеничного зерна. Но стоит нам только нагреть капустный сок — и в нем появятся белые хлопья: белок свернулся точно так же, как он свертывается при варке яиц. Химия предлагает нам целый ряд реактивов, при помощи которых мы можем узнать присутствие белковых веществ. Остановимся на одном, если не на самом надежном, то на самом наглядном. Имея в стакане немного куриного белка, разведенного водой, я прибавляю

туда обыкновенного сахарного сиропа и крепкой серной кислоты — образуется осадок, который вновь растворяется, и вся жидкость окрашивается постепенно в превосходный малиновый цвет. В сахаре с серной кислотой мы, следовательно, имеем средство узнавать белковое вещество.

Остается третья группа: *масла* или *жиры*. Для них мы не имеем таких простых и наглядных реактивов, которые вызывали бы характеристическое окрашивание, но зато, как мы видели, стоит только вещество, в котором предполагаем присутствие масла или жира, обработать эфиром — эфир извлечет, растворит их, и затем, оставляя этот раствор постоять на воздухе, испаряя эфир, мы получаем масло или жир с их характерными свойствами.

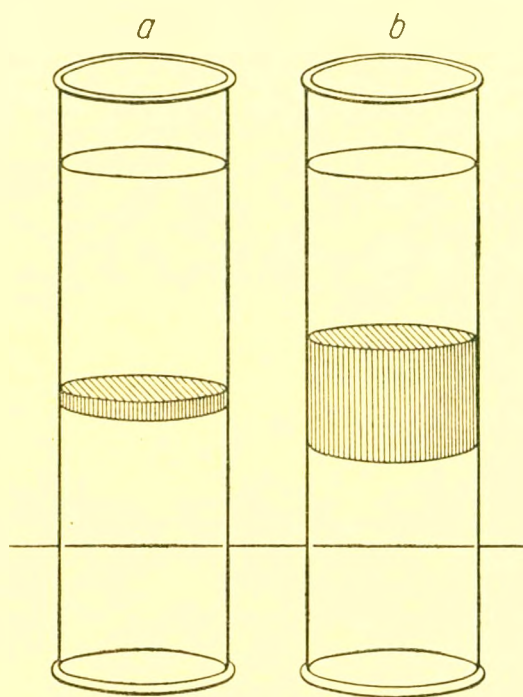
Все описанные реакции мы можем теперь применить под микроскопом непосредственно над клеточкой. Попробуем прибавить к воде, в которой мы рассматриваем клеточку, сахару и серной кислоты, и мы увидим, что протоплазма окрасится в розовый цвет — доказательство, что она состоит главным образом из белковых веществ. Подействуем реактивом Фелинга и, если в соке клеточки есть виноградный сахар, получим красный осадок. Прибавим каплю иода и заметим, что мелкие бесцветные крупинки в полости клетки окрасятся в синий цвет — это крахмал. Берем раствор иода в хлористом цинке — вся стенка клеточки окрашивается в синий цвет, значит она состоит из клетчатки. Приливаем, наконец, эфира и замечаем, что те капельки, которые обратили на себя внимание своим жирным блеском, исчезли, растворились; очевидно, что это капли масла. Таким образом, химический анализ и микроскопическое исследование идут рука об руку и взаимно пополняются. Анализ (см. таблицу на стр. 51) показывает, что преобладающие вещества в растении — углеводы; микроскоп подтверждает, что эти углеводы образуют оболочку клеточек, что они являются в виде крупинок крахмала или растворены в соке клеточек в виде сахара. Анализ показывает, что второе по количеству место принадлежит белковым веществам и что притом молодые части растения относительно богаче азотистыми веществами, чем части ста-

рые; микроскоп обнаруживает, что протоплазма состоит главным образом из белковых веществ, содержащих азот, и что эта протоплазма преобладает в молодых клеточках. Наконец, и микроскоп и анализ указывают на присутствие в растении и в клеточке маслянистых веществ.

Мы познакомились с главнейшими веществами, которые заключает в себе растительная клеточка. Мы уже ранее пришли к заключению, что все эти вещества она должна вырабатывать из веществ, газов, солей и проч., которые ее окружают. Другими словами, она должна питаться, принимать пищу извне. Каждая клеточка должна заимствовать свою пищу из почвы, из воздуха или из другой, соседней клеточки. Здесь, естественно, возникает вопрос: каким же образом эта клеточка, этот пузырек, глухой, без отверстий, без органов хватания, привлекает к себе, вбирает в себя окружающее вещество?

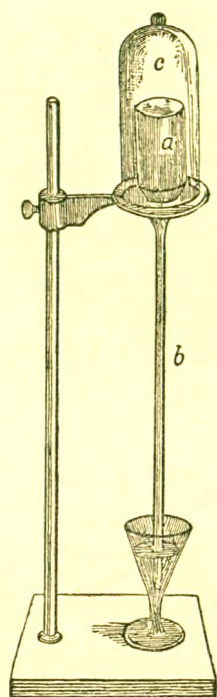
Для того чтобы объяснить себе этот первый фазис питания растительной клеточки, мы должны на время оставить ее в стороне и даже вовсе сойти с почвы ботаники, заняться чисто физическими явлениями, ознакомиться с некоторыми общими свойствами вещества, проявляющимися одинаково в мертвой и живой природе. Это — прием, к которому мы и впредь нередко будем прибегать, это даже — единственный верный прием во всех тех случаях, когда мы желаем найти объяснение какого-нибудь жизненного явления, потому что на языке физиолога *объяснять* значит сводить сложные жизненные процессы к более простым физико-химическим явлениям.

Физика учит нас, что частицам вещества присуще движение, что мы не знаем материи без движения. Это движение всего яснее обнаруживается в жидком и особенно в газообразном состоянии вещества. Частицы газообразного вещества одарены быстрым движением, они стремятся вразброд, стремятся рассеяться в пространстве, занять все места, еще ими не занятые, и это продолжается до тех пор, пока они не распределятся равномерно во всем доступном им пространстве. Эта способность, это стремление вещества распространяться, рассеиваться в



Фиг. 16.

пространстве называется *диффузией*. Убедиться в существовании явлений диффузии очень легко, особенно у газообразных или летучих веществ. Стоит мне плеснуть на воздух небольшое количество эфира, и тотчас же в ближайшем соседстве, а потом и в отдаленнейших углах залы будет ощутителен всем знакомый запах гофманских капель. Эфир превратился в пар, и этот пар рассеялся по всей зале. Нетрудно также обнаружить и диффузию жидкостей; стоит вспомнить, вероятно, многим знакомый опыт с водой и вином: если на поверхность воды осторожно налить красного вина, то обе жидкости образуют два ясно между собою разграниченных слоя. Но мало-помалу резкая граница между ними исчезает: вино проникает в воду, вода — в вино; обе жидкости смешиваются. Тот же опыт мы можем видеть здесь в еще более наглядной форме (фиг. 16). Вот две почти бесцветные жидкости, которые, будучи слиты вместе, дают жидкость кроваво-красного цвета. В этот узкий и длинный сосуд (а) на дно налита тяжелейшая из двух жидкостей, а поверх ее, соблюдая известные предосторожности, налита вторая, более легкая. На границе их обра-



Фиг. 17.

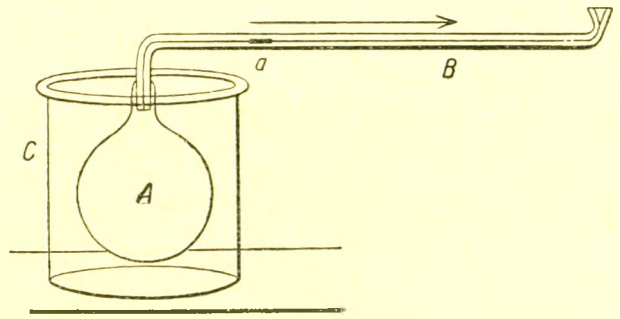
зовался узкий, как черта, слой красного раствора, но с течением времени эта узкая, едва заметная красная полоска будет расти и под конец лекции превратится в поясok шириною в несколько пальцев (фиг. 16, *b*), а по прошествии нескольких часов или, может быть, дней вся жидкость окрасится равномерным красным цветом. Обе жидкости, очевидно, взаимно проникаются, а это зависит от невидимого, но присущего их частицам движения, от их стремления рассеиваться в пространстве, потому что иначе мы не можем себе объяснить, каким образом, вопреки действию тяжести, легчайшие частицы опускаются вниз, а тяжелейшие — поднимаются вверх. Различные вещества обладают этою способностью к рассеянию, к диффузии в весьма различной степени, другими словами — частицы различных веществ движутся с различною скоростью. Это всего легче можно показать на газах. Этот сосуд (фиг. 17) из слабо обожженной и очень пористой глины (*a*) в нижней своей ча-

сти соединен со стеклянною трубкой (*b*), погруженной нижним концом в подкрашенную красною краской воду. Сосуд вместе с трубкой содержит воздух. Цель этого прибора состоит в том, чтобы обнаруживать малейшее изменение в объеме воздуха, заключенного в сосуде и трубке. Если объем почему-либо увеличится, то воздух начнет выделяться в виде пузырьков через эту окрашенную жидкость. Обратное, если объем воздуха в приборе уменьшится, то окрашенная жидкость поднимется в трубке. Ни того, ни другого пока не происходит, потому что воздух внутри и снаружи прибора один и тот же. Но если мы окружим этот сосуд другим воздухом, другим газом, то, очевидно, между двумя газами, через пористую, проницаемую для них стенку произойдет взаимный обмен: каждый будет стремиться рассеяться в другом. Но, очевидно, если оба газа стремятся рассеяться, а частицы их движутся с различною скоростью, то в приборе произойдет временное изменение объема — увеличение или уменьшение, смотря по тому, который из газов движется быстрее. Одним словом, здесь произойдет то же самое, что через несколько минут произойдет в дверях этой залы. Положим, что в настоящую минуту в зале находится триста лиц; положим, что из них сто, соскучившись слишком затянувшейся лекцией, с нетерпением ждут ее конца, чтобы поспешить выйти, а там, за дверями, стоят сто других лиц, желающих проникнуть в залу для следующей лекции. Если одни будут выходить с такою же поспешностью, с какою другие будут входить, то число лиц в зале ни на минуту не изменится; если же лица входящие, не утомленные часовым напряженным состоянием, окажутся энергичнее, то в первую минуту число лиц в зале возрастет, она переполнится, и только немного спустя, когда выйдут желавшие уйти, число присутствующих опустится до прежних трехсот. Точно так же и здесь, если я окружу этот пористый сосуд газом, частицы которого будут быстрее проходить внутрь сосуда, чем частицы заключенного в нем воздуха будут выходить наружу, то на время в сосуде окажется более частиц газа, чем он может вместить, и избыток газа станет выделяться пузырьками из конца трубки. Я беру стеклянный колокол, на-

полненный водородом; так как этот газ легче воздуха, то его можно удержать некоторое время в сосуде, обращенном отверстием вниз. Я надвигаю этот колокол (C) на пористый сосуд (a). Внутри сосуда — обыкновенный воздух, снаружи, под колоколом, — водород; если частицы водорода одарены более быстрым движением, чем частицы воздуха, внутренний объем газа должен увеличиться; и вы видите и слышите, как пузырьки газа булькают через окрашенную жидкость в рюмке. Теперь я снимаю колокол; условия совершенно извращаются: водород находится теперь внутри сосуда, воздух — снаружи; водород стремится наружу, воздух — внутрь, но частицы водорода движутся быстрее частиц воздуха, в приборе происходит уменьшение объема, и вы видите, как быстро подымается в трубке (b) столб красной жидкости.

Итак, газы, еще более чем жидкости, способны к диффузии, то-есть способны проникать всюду, где их еще нет. Этот водород устремился в сосуд только потому, что его там не было, и устремился вон из сосуда только потому, что его нет в воздухе этой залы. Точно так же всякое газообразное тело, а равно и тела, растворенные в жидкостях, спешат занять все доступное им пространство, распределяясь в нем равномерно.

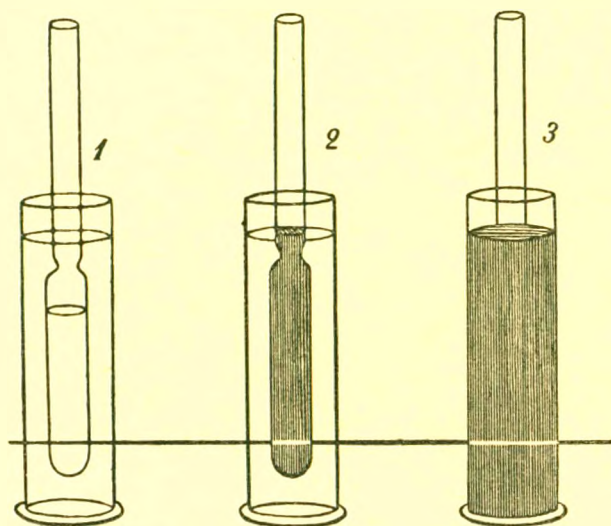
Посмотрим, какое же отношение эти явления диффузии газов и жидкостей имеют к поднятому нами вопросу о питании клеточки. Вот прибор, который представляет нам довольно близкое подобие клеточки (фиг. 18). Это — тончайший, прозрачный, как стекло, и смоченный водою пузырь из вещества, очень сходного с клетчаткой, или, вернее, из самой клетчатки, несколько химически измененной. Вещество это не что иное, как *коллодиум* фотографов. Пузырь (A) соединен с горизонтальной стеклянной трубкой (B), в которой находится капля окрашенной жидкости (a); по движению капли к пузырю или от пузыря мы можем судить о том, уменьшается ли объем воздуха в пузыре. Я опускаю пузырь в эту пустую широкую склянку (C) и приливаю в нее углекислоты, хотя вы этого, конечно, не видите, потому что углекислота — такой же бесцветный газ, как и воздух. Но я вправе выразиться, что я ее прилил, потому что углекис-



Фиг. 18.

лота тяжелее воздуха и ее можно невидимо для глаза переливать из сосуда в сосуд. Точно так же как легкий водород можно некоторое время удержать в колоколе, открытом снизу, так углекислоту можно удержать в сосуде, открытом сверху. Вслед за тем как я впустил углекислоту в склянку, окружающую пузырь, капелька окрашенной жидкости дрогнула и побежала по направлению, указанному стрелкой, обнаруживая тем, что углекислота начала проникать чрез влажную стенку пузыря нашей искусственной клеточки, и притом быстрее, чем воздух выходит из нее. Значит, растительной клеточке нет надобности как-нибудь привлекать, всасывать в себя газы, например углекислоту; если только в ней нет этого газа, то он сам будет поступать в нее в силу своей способности к диффузии.

Посмотрим теперь, как будут относиться растительные клеточки к веществам, растворенным в почвенной воде. Возьмем несколько приборов, состоящих из продолговатых мешков из того же коллодиума, приклеенных к оконечности ламповых стекол (фиг. 19). Положим, что эти коллодиальные мешки будут нам представлять корневые клеточки, посредством которых растение приходит в соприкосновение с питательными веществами, находящимися в почве. Растение, как мы знаем на основании его элементарного состава, нуждается, между прочим, и в солях железа; мы выберем их для примера, так как они представляют очень наглядные реакции, по которым легко усмотреть в растворе ничтожные их следы. Вот, например, в этом стакане у меня находится вода, в которую я прилил несколько капель железной соли. Прибавляю немного дру-



Фиг. 19.

гой жидкости (раствора *таннина*), и бесцветный, как вода, раствор делается черным, как чернила, и даже нельзя сказать — как чернила, потому что это сами чернила и есть. Погружаем коллоидальный мешочек, наполненный водою, в сосуд с водою же (1), приливаем в сосуд железной соли, а в мешок — таннина; через минуту внутри мешка, около стенок, показывается сероватый оттенок, а через несколько минут вся жидкость в мешке превращается в чернила (2). Итак, мы видим, что железная соль сама проникает в нашу клеточку, и мы знаем, что это будет продолжаться до тех пор, пока в клеточке не окажется такой же крепкий раствор соли, как в наружном сосуде, потому что только тогда в клеточку будет в каждую минуту входить столько же частиц, сколько их будет выходить, — одним словом, установится равновесие. Но рождается вопрос: может ли быть достигнуто такое равновесие в нашем примере? Очевидно, нет: как только наша железная соль попала в клеточку, она образовала там соединение с таннином, которое мы для простоты будем называть чернилами; там есть чернила, но нет более железной соли, а если нет железной соли, то новое количество ее перейдет из наружного сосуда; это количество вновь превратится в чернила, и так далее и далее. Если только в мешке достаточно таннина, то равновесие нико-

гда не будет достигнуто, а железная соль будет устремляться непрерывным потоком в нашу клеточку. Таким образом, стоит только взять коллоидальный мешок с раствором таннина и погрузить его в сосуд с раствором железной соли, для того чтобы извлечь из этого раствора всю соль, перенести ее во внутренность мешка. Оставим этот прибор на несколько часов или дней — и тогда в наружном сосуде не найдем более железной соли: наша искусственная клеточка съест, высосет ее начисто.

Мы, очевидно, уже близки к простому физическому объяснению поступления питательных веществ в растительную клеточку. Мы видели, что вещество, газообразное или растворимое, само проникает в клеточку и продолжает поступать в нее до тех пор, пока содержание его по ту и по другую сторону не будет одинаково. Мы видели далее, что это равновесие никогда не наступит, если только вещество, попавшее в клеточку, изменит там свою форму, вступит в другое соединение; в таком случае оно будет постоянным, непрерывным током устремляться в клеточку и там отлагаться. Мы уже усматриваем в этом одну из причин увеличения массы растений, то-есть накопления в нем вещества, но для полноты нашего объяснения в нем недостает еще одного звена. Накопление вещества в клеточке станет вполне понятным в том только случае, если мы допустим, что вещества извне легко поступают в клеточку, но что те вещества, в которые они там преобразуются, не выходят наружу. Произведенный только что опыт вполне подтверждает это предположение. В самом деле, жидкость чернеет только внутри коллоидального мешка; снаружи она бесцветна, как вода. Этого, очевидно, не могло бы случиться, если бы таннин или его соединения с железною солью—чернила—могли выступать из клеточки. Для проверки сделаем опыт в обратном порядке: прильем железной соли в клеточку, а таннина — в наружный сосуд; через несколько мгновений заметим в наружном сосуде черные струйки, наконец вся жидкость в нем становится черною, так что коллоидальный мешок более не виден (фиг. 19, 3). Вынимаем его из сосуда — раствор в нем так же бесцветен, как

был. Не подлежит сомнению, что только железная соль свободно проходит через перепонку и все равно в каком направлении, но ни танин, ни его соединение с железом не могут проходить через нее. Очевидно, существуют двоякого рода тела: одни способны проникать через оболочку клеточек, другие неспособны, и железная соль служит примером первого случая, а танин — второго.

И действительно, эти два тела могут служить представителями двух типов, двух категорий химических тел. Тела первой категории легко проходят через растительные или животные перепонки; тела второй категории проходят очень трудно или почти не проходят через них. Говоря о диффузии жидких тел, мы заметили, что одни тела диффундируют быстрее, другие медленнее, одни более подвижны, другие менее; теперь можем прибавить, что именно те тела, которые медленно диффундируют вообще, еще медленнее проходят через перепонки. Химики называют тела первой категории *кристаллоидами*, — все они способны кристаллизоваться; тела второй категории — *коллоидами*, клееобразными телами, — все они неспособны кристаллизоваться.

Мы получаем, таким образом, одновременно объяснение нашего опыта и общий ключ для понимания явлений, совершающихся при питании растительной клетки. Железная соль идет к танину, а не наоборот, потому что она кристаллоид, а танин — коллоид. Обращаясь к питанию клеточки, мы встречаем в общих чертах то же самое явление. В самом деле, какие тела находит клеточка в окружающей среде? Газы, воду и растворимые в ней соли, то-есть тела кристаллические, — вообще, следовательно, вещества в высокой степени подвижные и легко проникающие через ее оболочку. Какие тела содержит в себе эта клеточка, во что перерабатывает она принятые извне вещества? Главным образом в белковые вещества, в масла, в камеди, крахмал или, наконец, клетчатку — следовательно, в вещества коллоидальные, мало подвижные, не проходящие через перепонки или, наконец, совершенно нерастворимые, как это легко усмотреть из этой таблицы.

Главнейшие

<i>растительные вещества</i>	<i>их источники</i>
Клетчатка	Углекислота
Крахмал	Вода
Белковые вещества	Соли
Масла	
Тела нерастворимые и коллоиды	Газы и кристаллоиды

В течение всей своей жизни клетчатка постоянно окружена веществом, очень легко в нее диффундирующим. Так например, углекислота воздуха постоянно устремляется в каждую клеточку, с которой приходит в соприкосновение. Но если бы эта углекислота оставалась в ней углекислотою, то ее поступило бы очень немного; на деле же, как мы увидим позже, попав в клеточку, она превращается: из нее и из воды образуется углевод, а это превращение вызывает поступление новых и новых количеств углекислоты. Следовательно, две фазы питания: принятие питательных веществ и их превращение в самое вещество клетки, их усвоение, находятся во взаимной связи. Один процесс обуславливается другим: если бы не было усвоения, то не было бы нового поступления; если бы не было поступления, то нечему было бы усваиваться. Сверх того, так как при этом усвоении вещество переходит в трудно подвижную или вовсе неподвижную форму, оно не рассеивается обратно в пространстве, а слагается в клеточке.

Рассматривая питание растения с подобной общей физической точки зрения, мы получаем совершенно иное о нем представление, не похожее на обыкновенные ходячие понятия. Не растение, не клеточка притягивает к себе, всасывает в себя питательные вещества, а, напротив, вещество само, в силу присущей ему подвижности, врывается в клеточку. Клеточка, брошенная в пространство, представляется нам только микроскопическим центром, в котором постоянно нарушается равновесие окружающего вещества, какою-то микроскопической пучиной, в которую это легко подвижное вещество устремляется непрерывным током и там, превращаясь, утрачивает свою подвижность, слагается в запас. Растительная клеточка — это ловушка, это западня, которая легко пропускает в себя ве-

щество, но уже не выпускает его обратно. Отсюда становится понятной основная, коренная черта растительной жизни: увеличение массы, накопление вещества.

Изложенные общие понятия о питании клетки, как мы вскоре убедимся, окажутся для нас необходимыми почти на каждом шагу при изучении явлений питания в целом растении. Будем ли мы говорить о питании корня на счет веществ, находящихся в почве, будем ли мы говорить о воздушном питании листьев на счет атмосферы или о питании одного органа на счет другого, соседнего, — везде для объяснения мы будем прибегать к тем же основным причи-

нам: диффузии, то-есть присущей веществу способности рассеиваться, стремиться оттуда, где оно есть, туда, где его нет, и превращению, то-есть переходу веществ из легко подвижной в трудно подвижную или вовсе неподвижную форму.

Таким образом, знакомство с основными явлениями питания растительной клеточки приводит нас к заключению, что они сводятся к явлениям диффузии, не исключительно свойственным живым организмам, а напротив, вытекающим из общих свойств материи. Мы убеждаемся, что основной механизм принятия пищи управляется законами, общими для живой и неживленной природы.

III

СЕМЯ

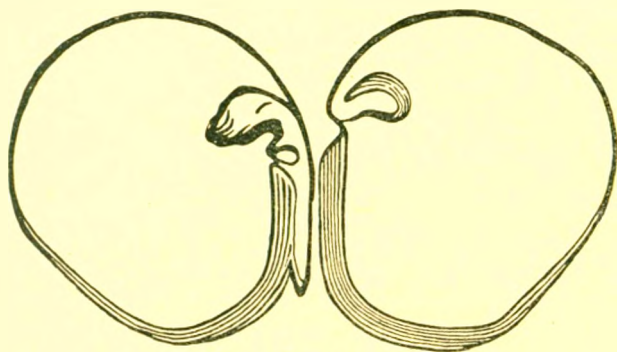
Строение семени и внешние явления прорастания. — Три условия прорастания: вода, воздух, тепло. — Механическое значение воды. — Химическое значение воды. — Ферменты. — Диастаз. — Пепсин. — Насекомоядные растения. — Самостоятельность частей зародыша. — Искусственное питание зародыша. — Механизм перемещения питательных веществ в растении. — Отношение семени к воздуху: выделение углекислоты, поглощение кислорода. — Дыхание. — Потеря в весе и повышение температуры как результат дыхания. — Значение окружающей температуры. — Температуры низшая, высшая и лучшая. — Влияние возраста семени на его всхожесть. — Долговечность семян. — Общая характеристика периода прорастания. — Разделение труда между различными органами растения, проявляющееся уже у простейших растений

Начнем наш обзор жизненных отправлений растения с той поры, когда обнаруживается деятельность семени, пролежавшего всю зиму под защитой снегового покрова или весной же брошенного в почву рукой земледельца. Едва ли какое явление в жизни растения обращало на себя так много внимания, как именно это первое ее проявление: оно вызывало на размышления и ученых, и мыслителей, и поэтов; оно облечено даже каким-то покровом поэтической таинственности; мы видим в нем олицетворение самой жизни, символ пробуждения от сна и смерти. Действительно, есть что-то заманчивое, подстрекающее мысль в этом внезапном пробуждении деятельности в теле, до тех пор, повидимому, не отличавшемся от тел окружающей мертвой природы. Есть что-то загадочное в этой скрытой, затаившейся жизни, которая вдруг прорывается наружу. Нисколько не посягая на поэтические представления, которыми воображение любит окружать это явление, попробуем приложить к нему строгий анализ науки, попытаемся разложить это сложное явление на простейшие его составляющие, попытаемся объ-

яснить, чем отличается покоящееся семя от деятельного и в чем заключается тот импульс, толчок, который вызывает эту деятельность.

Извне деятельность семени проявляется в его разбухании, разрывании кожуры и появлении сначала корешка, а затем перышка, то-есть стебелька с первыми листьями. Эти органы развиваются, увеличиваясь в размерах с каждым днем. Развитие это, очевидно, должно происходить на счет какого-нибудь вещества, служащего пищей растущим частям. И однако, несмотря на это быстрое развитие, именно в период прорастания растение почти не зависит от почвы. Обыкновенно прорастание совершается в земле; но вот целая щетка зеленого кресса, проросшего на войлоке, а вот семена маиса и бобов, проросшие на легкой газовой сетке и, следовательно, со всех сторон окруженные воздухом и лишь концами корней погруженные в перегнанную воду.

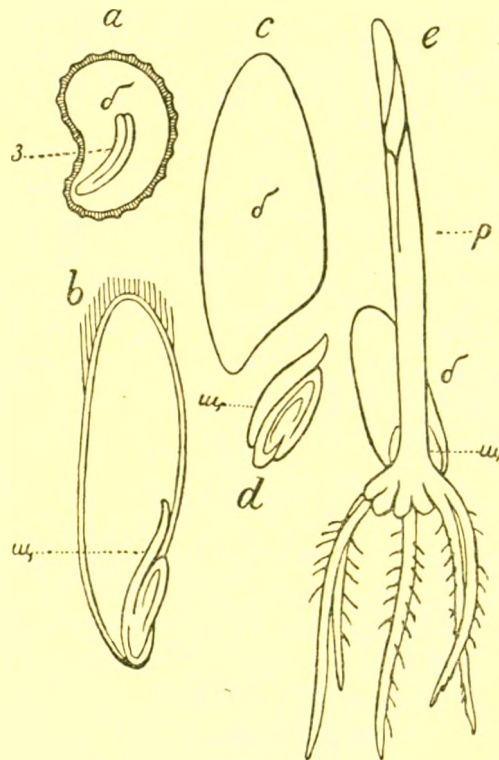
Если мы присмотримся поближе к прорастающим семенам, как, например, бобам или фасоли, то заметим, что по мере того, как вытягивается корень, стебель с молодыми листьями,



Фиг. 20.

первая пара листьев, то-есть семенодоли, начинает сморщиваться, всасываться, видимо уменьшаться в объеме (фиг. 20). Это наблюдение уже может послужить намеком на то, что развитие одних частей ростка может происходить на счет других. Другие семена, как, например, у злаков, представляют несколько более сложное строение, чем семена гороха или бобов. Если мы разрежем вдоль пшеничное зерно, то заметим, что под кожурой находятся две совершенно независимые части (фиг. 21, *b*, *c* и *d*). Внизу и несколько сбоку помещается тельце, которое, как легко можно убедиться на прорастающих зернах, не что иное, как зародыш, то-есть зачаточное растение (фиг. 21, *b*, *d*, *e*). В нем можно заметить и листовую почечку и зачатки корешков. Остальная и большая часть семени занята белой, совершенно однообразной, мучнистой на вид массой, так называемым белком (фиг. 21, *c*, *b*). Та часть зародыша, которая плотно прилегает к белку, называется щитком (*щ* — фиг. 21, *b*, *d*, *e*). Щиток — это особым образом развившийся лист, то-есть семенодоля зародыша. Но здесь семенодоль не две, а одна. Слово *белок* на языке ботаников, очевидно, имеет совершенно иной смысл, чем на языке химиков: там белком или белковым веществом мы называем известное вещество, здесь — известный орган семени. Свойство белка или его положение в различных семенах может быть очень различно. У злаков, например, он мучнистый; он-то и образует главную массу муки, так как зародыш сравнительно очень мал. Зародыш лежит в стороне и только своим щитком прикасается к белку. У мака же, например, зародыш

окрыт со всех сторон белком, заключен в него, и белок этот не мучнистый, а жирный, маслянистый (фиг. 21, *a*: *б* — белок, *з* — зародыш). Наконец, в кофейных семенах главная часть состоит из твердого, как рог, белка, в котором сбоку заключен очень маленький зародыш. Убедиться в этом можно следующим любопытным опытом. Известно, что кофейные зерна в том виде, в каком они до нас доходят, уже утратили способность прорасти, так как они сохраняют ее только несколько дней; но если вымочить их в кипятке или, еще лучше, в растворе едкой щелочи, то увидим любопытное явление кажущегося прорастания семени, очевидно мертвого. Через час или даже полчаса из разрыва оболочки выступает маленький снежно-белый корешок, и затем нередко выталкивается наружу и весь маленький зародыш. Явление это нетрудно объяснить: твердый, как рог, белок кофейного зерна от действия кипятка или щелочи размягчается, делается очень упругим и,



Фиг. 21.

разбухая, выдавливает наружу защемленный в его щели зародыш.

Итак, мы видим, что семена бывают двоякого рода: в одних мы встречаем очень развитые, мясистые семенодоли, в других — обильный мучнистый, маслянистый или более твердый, роговой белок. Как семенодоли во время прорастания сморщиваются, уменьшаются в своем объеме, так и белок мало-помалу уничтожается, как бы всасывается. Мы начинаем подозревать, не находится ли эта убыль вещества — в семенодоле или белке — в связи с прибылью его в ростке, то-есть не совершается ли развитие молодого растения на счет запаса пищи, отложенной в семенодоле или белке. Но ведь и в покоящемся семени все эти вещества присутствуют — почему же перемещение обнаруживается только во время прорастания? Ответ на этот вопрос будет вполне понятен, если мы вспомним факты, с которыми познакомились в предшествовавшей беседе. Питательные вещества в белке или семенодолях находятся в твердой или вообще нерастворимой форме. Вспомним наш анализ муки, то-есть измельченных зерен. Мы там нашли нерастворимый крахмал, нерастворимую же клейковину и масло. Все это вещества неподвижные, неспособные перемещаться из клеточки в клеточку, да оно и понятно, иначе они не составляли бы запаса.

Таким образом, в семени мы имеем зародыш, а в известной его части, в семенодолях, или в ближайшем соседстве с ними, в белке, — запас питательных веществ в неподвижной и, следовательно, недоступной для него форме. Спрашивается: какие условия должны быть, чтобы зародыш мог воспользоваться этими запасами, пустить в оборот этот иначе мертвый капитал?

Условия эти знакомы всякому. Нужна вода — в сухой почве семя не прорастает; нужно тепло — в холодную весну посеянное зерно не обнаруживает следов развития, пока его не прогреет; наконец, нужен воздух — зерно, зарытое глубоко в землю, может пролежать как угодно долго, не дав ростка.

Итак, вода, тепло и воздух — вот три основных условия, которые пробуждают семя к жизни;

рассмотрим их последовательно одно за другим.

Прежде всего вода. Семена всегда содержат очень мало воды¹, это одна из их существенных особенностей. Несухое семя теряет свою главную способность — таить в себе жизнь, будучи в состоянии какого-то оцепенения, и в таком виде переживать зиму, целые годы, десятки лет, даже столетия. Если семя не сухо, его нельзя сохранять; в сырую, мочливую осень мы не в состоянии получить семян — они прорастают в снопах и даже на корню. Главная причина покоя семени заключается, следовательно, в отсутствии воды. Доставим ему только воду и тотчас заметим пробуждение деятельности. Семя начинает разбухать и разрывает оболочку, служившую ему защитой. Это всасывание воды происходит обыкновенно с значительной силой. Английский ученый Гельз уже в начале восемнадцатого столетия обращал внимание на это обстоятельство: он наполнял небольшой чугунок доверху горохом, смачивал его и прикрывал крышкой, которую нагружал все более и более значительным грузом; таким образом он показал, что разбухающие семена гороха в состоянии поднять груз до 200 фунтов. Гофмейстер показал, что при подобных условиях разбухающие семена оказывают на стенки сосуда давление в несколько атмосфер. Этим свойством семян, как известно, пользуются анатомы, когда желают расчленивать кости черепа: полость черепа наполняют горохом, который затем смачивают; вследствие сильного и равномерно распределенного по всей внутренней поверхности давления кости черепа раздвигаются по швам. Такого механического действия воды на семена; она помогает им сбросить ненужную более оболочку и преодолеть сопротивление окружающих частиц почвы. Но еще важнее химическое действие воды; без нее не может произойти растворения, а следовательно, и перемещения запасов питательных веществ. Однако для этого недостаточно одной воды, так как все эти вещества, как мы видели, нерастворимы в воде; чтобы сделаться таковыми, они должны предварительно

¹ См. таблицу на стр. 51.

измениться, превратиться в другие вещества. Крахмал, например, сделался бы растворимым в воде, если бы он превратился в сахар, в глюкозу. Такое превращение возможно; на нем основано, как мы видели, приготовление картофельной патоки, и такое превращение существует в действительности, как в этом легко убедиться. Стоит раскусить простое ячменное зерно и потом зерно солода, то-есть проросшего ячменя, и мы убедимся, что первое безвкусно, а второе сладко на вкус. Но, может быть, вкус нас обманывает; в таком случае мы можем обратиться к средству, указанному в предшествовавшем чтении; мы видели, что синяя жидкость (реактив Фелинга) с глюкозой дает яркокрасный осадок. Берем водяной настой солода, прибавляем реактива Фелинга и получаем красный осадок. Вырезаем тонкий ломтик из проросшего зерна, кладем его под микроскоп, прибавляем каплю того же реактива и получаем в клетчатках красное окрашивание. Таким образом, и вкус и более точный прием химических реакций убеждают нас, что в проросшем зерне появляется сахар, глюкоза. Но справедливо ли, что этот сахар образован из крахмала? Ответ на это дают количественный анализ и микроскопическое наблюдение. Первый показывает, что по мере прорастания семени количество крахмала в нем уменьшается; второе обнаруживает изменение крахмальных зерен: они теряют свою характеристическую форму, делаются как бы обглоданными, иногда распадаются на куски, как бы тают — одним словом, исчезают, растворяются.

Постараемся теперь объяснить, почему, каким образом происходит это превращение крахмала в сахар. Искусственно мы его можем вызвать, действуя серной кислотой, как при получении картофельной патоки; но в семени неоткуда взяться свободной серной кислоте. Зато в семени злаков в период прорастания проявляется особое вещество — *диастаз*, — оказывающее на крахмал совершенно сходное действие. *Диастаз* может служить представителем целой группы веществ, получивших общее название ферментов. Под ферментом вообще разумеют такое вещество, которое, будучи употреблено обыкновенно в ничтожном количестве, в состоянии вызвать

химическое превращение других веществ. Таких ферментов существует очень много. Так например, горький миндаль сам по себе почти не имеет характеристического миндального запаха и вкуса; то и другое появляется в нем вследствие действия фермента, который начинает действовать, когда семя придет в соприкосновение с водой. Семена горчицы не имели бы острого запаха и вкуса, если бы в них не было фермента *мирозина*, который при содействии воды разлагает одно находящееся в них вещество (соль так называемой *мировой кислоты*) и выделяет из него острое летучее *горчичное* масло. В существовании этого явления можно убедиться при помощи весьма любопытного опыта. В аптеках иногда продают горчичник, состоящий из двух листочков бумаги, которые нужно наложить один на другой и затем смочить водой. Каждый листок порознь не образует горчичника, но как только они придут в соприкосновение, развивается характеристический острый запах горчицы. Это потому, что один листочек смазан ферментом, а другой — веществом, на которое действует фермент, и влияние фермента обнаруживается только при смачивании. Приведенные примеры достаточно выясняют действие растительных ферментов. Таково же и действие *диастаза*, который легко получить из настоя солода, то-есть проросших хлебных зерен. Одной части этого диастаза, растворенной в воде, достаточно, чтобы превратить в сахар тысячу и более частей крахмала, и притом, чем теплее жидкость, тем быстрее идет это превращение.

Таким образом, питание зародыша семени на счет крахмала, отложенного в его белке или семенодолях, становится вполне понятным. Любопытно, что этот процесс совершенно сходен с тем, который происходит при питании животного организма. В слюне, в желудочном соке и других выделениях пищеварительного канала находятся ферменты, подобно *диастазу* превращающие крахмал в сахар. В этом нетрудно убедиться — стоит подолее пососать кусок белого хлеба, чтобы заметить, что он делается сладковатым на вкус. Следовательно, и животные и зародыш растения могут воспользоваться нерастворимым крахмалом, только предварительно превратив его в растворимый сахар.

Сходное явление должно совершаться и в таких семенах, которые имеют твердый роговой белок, как, например, зерна кофе, косточки финика. Это свойство их белка зависит от очень толстых стенок из клетчатки. Во время прорастания клетчатка эта растворяется и служит для питания зародыша. Растворение это заставляло предположить существование особого фермента, который и был найден.

Переходим ко второй группе запасных веществ — к белковым веществам. В хлебных зернах, в муке, как мы видели, они представлены нерастворимой и, следовательно, неподвижной *клейковиной*; но даже и растворимый белок, как, например, белок куриных яиц или растительный белок, неподвижен, потому что он — *коллоид*, то-есть вещество, не проходящее через перепонки. Для того чтобы сделаться подвижным, быть в состоянии проникнуть из клеточки в клеточку и таким образом служить для питания растений, белковое вещество должно претерпеть изменение, сходное с превращением крахмала в глюкозу.

Знакомство с явлениями питания в животном организме и на этот раз послужит нам ключом для разъяснения явлений, совершающихся в прорастающем семени. В желудочном соке существует фермент — пепсин, обладающий способностью при содействии нескольких капель кислоты переводить в растворимое состояние нерастворимые белки, как, например, белок крутых яиц или вареного мяса. При этом он превращает их в так называемые *пептоны*. Пептоны не только растворимы в воде, но сверх того обладают способностью проникать через животные и растительные перепонки. В растительном мире долгое время не было известно ничего подобного, и потому передвижение белковых веществ оставалось непонятным, но позднее почти одновременно с совершенно различных сторон появились факты, доказывающие существование подобных превращений белкового вещества и в растительном организме.

Уже в прошлом столетии было указано на существование растения мухоловки, которое своими раздражительными листьями схватывает прилетающих на него насекомых и затем употребляет их в пищу, но факт этот не был оце-

нен по достоинству, возбудил даже сомнения скептиков и подвергся бы забвению, если бы на него не обратил вновь внимания Дарвин. Дарвин значительно увеличил список этих *плотоядных* растений и познакомил ботаников с любопытными подробностями их отправлений. Отлагая до одной из последующих бесед описание механической стороны этих явлений, мы остановимся здесь на них, как на примере, показывающем, что растение способно принимать в пищу нерастворимый белок. Всего лучше эти явления растительного пищеварения изучены Дарвином над *росянкой*, довольно обыкновенным нашим болотным растением. Слизь, выделяемая волосками, которыми усеяны листья этого растения и которые улавливают насекомых, содержит вещество, повидимому сходное с пепсином. К этому веществу во время раздражения волосков присоединяется кислота, и тогда оно получает способность, подобно желудочному соку, растворять белок. Как насекомые, попадающие на эти листья при естественных условиях, так и куски яичного белка или мяса, доставляемые листьям при искусственных опытах, растворяются и поглощаются растением. Эти опыты, доказывающие возможность питания на счет нерастворимых белковых веществ, побудили ученых искать и в прорастающих семенах ферменты, подобные пепсину. Открытие их не замедлило; ферменты эти были найдены сначала в бобовых растениях, а затем и в других — в конопле, в льне и, наконец, в ячменном солоде. В особенности любопытен фермент, найденный в млечном соке так называемого дынного дерева (*Carica papaya*) и действующий подобно желудочному соку. Следовательно, и питание зародыша на счет запасов белка становится понятным: пепсинообразный фермент, развивающийся во время прорастания, действует на белок, то-есть переводит его в растворимую, подвижную форму. Часть белковых веществ во время прорастания, сверх того, претерпевает еще более глубокое изменение, превращаясь в тела, способные кристаллизоваться, — *кристаллоиды*, подвижность которых еще более значительна.

Таким образом, зародыш, например, злакового растения питается не только тем же крахмалом, тою же *клейковиной*, которую употреб-

ляем в пищу и мы, когда едим хлеб, но даже и переваривает их подобным же образом, обрабатывая их сходными ферментами и превращая в глюкозу и пептоны. Менее удовлетворительны наши сведения относительно питания на счет запасов маслянистых веществ, но и в этом отношении имеются некоторые указания. Масла, как таковые, вообще неспособны проникать через смоченные водой стенки клеточек. Но масло представляет нам соединение так называемых жирных кислот с веществом, легко растворимым в воде, — с глицерином, и существуют факты, позволяющие допустить предположение, что во время прорастания обнаруживается подобное распадание масла на составляющую его кислоту и глицерин также при содействии особого фермента. Сверх того, известно, что присутствие свободной жирной кислоты много способствует раздроблению капелек масла в воде и образованию так называемых эмульсий, то-есть тех белых, содержащих масло жидкостей, которые мы называем молоком, как, например, молоко коровье, миндальное, маковое и проч. Это образование эмульсии играет важную роль в питании животного организма; весьма возможно, что оно играет некоторую роль и в питании зародыша жирных, маслянистых семян.

Первая сторона явления питания молодого ростка нами выяснена. Неподвижный запасный материал под влиянием воды и ферментов пускается в оборот, становится доступным для ростка, и мы можем непосредственно доказать, что развитие зародыша идет на счет этих запасов. В семенах бобовых растений стоит отрезать семенодоли, чтобы прекратить дальнейшее развитие зародыша, хотя бы его корешок и стебелек уже были немного развиты. И не следует думать, что остановка в развитии зародыша вызвана его поранением; напротив, опыт показал, что зародыш обладает значительною степенью живучести. Мы его можем резать на части вдоль и поперек, и каждая часть, если только она находится в связи с семенодолей, заключающей запас пищи, будет развиваться. Даже если мы отрежем корешок, а оставим перышко в связи с семенодолями, то стебелек разовьется быстрее, чем у целого зародыша, и наоборот: если мы отрежем стебелевую почку, а корешок оставим в

связи с семенодолями, то он разовьется сильнее, чем у неповрежденного зародыша. Оно и понятно: в этом случае один из двух органов пользуется запасом пищи, заготовленным для обоих. В семенах белковых зародыш не находится в органической связи с своим источником пищи — с белком: он или плотно прикладывается к нему, или окружен им, но и в том и в другом случае может быть отделен от него, не претерпевая никакого повреждения; потому-то белковые семена доставляют нам наиболее удобный предмет для изучения явлений питания зародыша. У злаков белок, первоначально сухой, мучнистый, во время прорастания разжижается, делается похожим на кашу или молоко. Между тем наружные клеточки той части зародыша, которою он прислонен к белку и которую мы называли щитком (см. фиг. 21, *b, c, d, e* — щ), вырастают в виде сосочков или ворсинок в размягчившийся белок и сосут его питательный раствор. Зародыш гречихи и многих других растений находится в еще более благоприятных условиях: он весь купается в полужидкой массе белка и, следовательно, всю свою поверхность сосет питательные вещества. Если в это время отделить зародыш от белка, то его развитие прекратится, и, наоборот, его развитие можно поддерживать искусственно, если, отделив от белка, заключить его в комочек теста, приготовленного из муки или крахмала. Не только успешное развитие зародыша покажет нам, что он питается этим тестом, но мы можем непосредственно убедиться, что соприкасающиеся с ним зерна крахмала обнаружат явные следы разрушения, они будут изглоданы, высосаны им.

Мы уже несколько раз употребляли выражение: «зародыш высасывает питательные вещества из семенодолей или белка», но, очевидно, это выражение только иносказательное, и перемещение питательных веществ в зародыш следует объяснить на основании общих явлений диффузии, с которыми мы ознакомились в предшествовавшей лекции. В самом деле, мы видели, что все питательные вещества принимают во время прорастания растворимую форму, а эти растворы, согласно законам диффузии, должны равномерно распределиться во всех частях семени, в том числе и в зародыше. Но этим равномер-

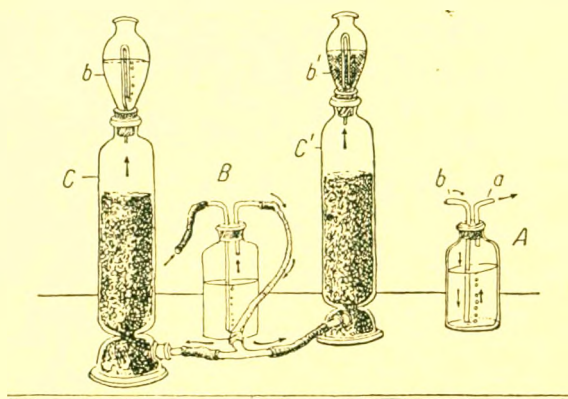
ным распределением, этим равновесием и ограничится роль диффузии. Что же вновь нарушит это равновесие, так сказать переместит центр тяжести из белка в зародыш? Чем объясним мы это перемещение вещества из белка в зародыш? Да опять тем же, чем мы объяснили в прошлой беседе поступление железной соли из наружного сосуда в нашу искусственную клеточку, то-есть обратным переходом в нерастворимое состояние. В зародыше растворы, в него поступившие, будут затрачены на образовательную деятельность его клеток, на развитие новых органов. Растворимый углевод, глюкоза, превратится в нерастворимый углевод — клетчатку, в стенку вновь появляющихся клеток ростка; растворимые и диффундирующие белки превратятся в нерастворимую и недиффундирующую протоплазму этих клеток. А это превращение, как мы знаем, вызовет поступление в зародыш новых количеств глюкозы и так далее. Это растворение и осаждение веществ в ростке, эта как бы перегонка вещества из одной части семени в другую будет продолжаться, пока они будут в соприкосновении. Представим себе, что два лица сговорились бы от времени до времени делить поровну свое движимое имущество; представим себе далее, что одно лицо имело бы неосторожность постоянно превращать часть своего недвижимого в движимое, а другое, наоборот, превращало бы часть своего движимого в недвижимое имущество. В результате оказалось бы, что все имущество первого перешло бы в карман второго. Последний высосал бы все имущество первого. Точно таким же образом и зародыш высасывает пищу из белка и семенодолей. Он высасывает пищу потому, что развивается, и развивается потому, что высасывает пищу, — причина и следствие здесь находятся в тесной взаимной связи, как во всяком жизненном отпращении.

Итак, мы видим, что в основе явлений питания зародыша лежат те же общие явления диффузии и превращения, которыми мы объяснили в предшествовавшей лекции питание клеточки, да иначе и быть не может, так как жизнь зародыша складывается из жизней составляющих его клеток.

До сих пор мы успели убедиться, что во время прорастания в семени происходит только перемещение вещества из одного органа в другой. Несмотря на кажущееся увеличение размеров, несмотря на рост молодого растеньица, в нем за это время не наблюдается действительного прироста, то-есть увеличения массы вещества, как в этом можно убедиться взвешиванием семени и ростка. Но простого взвешивания для этого было бы недостаточно; если мы просто взвесим сначала семя, а потом его росток, то последний всегда будет тяжелее, и это нетрудно понять. Мы видели, что различные части растения содержат весьма различные количества воды — в семенах ее мало, в целом растении довольно много¹. Во время прорастания сначала все семя, позднее корешок всасывает воду, и этим можно объяснить прирост в весе. Если же мы предварительно высушим и семя и молодое растение до 100°, то-есть определим их сухой вес, то убедимся, что во время прорастания растение, несмотря на увеличение размеров, значительно потеряло в весе. Рождается вопрос, куда же делось это вещество. Ни твердых, ни жидких отделений, как у животных, мы обыкновенно не замечаем, и, во всяком случае, если бы они были, мы можем их принять в расчет и тогда убедимся, что они далеко не равняются всей потере веса. Остается допустить, что семя теряет газообразные продукты, что часть его улетучивается в воздух.

Это предположение прямо приводит нас к рассмотрению второго из трех указанных условий прорастания, к рассмотрению значения воздуха. Воздух, как мы знаем, состоит из кислорода и азота; опыт прямо указывает, что семени нужен именно кислород. Семя, глубоко зарытое в почву или находящееся под водою, которая не возобновляется, не прорастает; но оно одинаково не прорастает или, проросши, останавливается в развитии, если будет окружено воздухом, лишенным кислорода. Несомненно, ему нужен кислород. Но в чем же заключается действие этого кислорода? Нетрудно доказать, что он поглощается семенем. Кислород поддерживает горение; в отсутствии его горящие тела

¹ См. таблицу анализов на стр. 51.



Фиг. 22.

гаснут. Следовательно, если прорастающие семена поглощают кислород, то, оставив их некоторое время в присутствии ограниченного объема воздуха, мы лишим этот воздух кислорода и сделаем его непригодным для поддержания горения. На дно этой склянки с широким горлом, плотно закрытой стеклянной пробкой, часов десять тому назад насыпали прорастающие семена; я открываю ее и ввожу в нее горящую лучину: она мгновенно гаснет — очевидно, воздух в этой склянке уже не содержит кислорода. Кислород этот поглощен семенами.

Увидав, сколько сходного в явлениях питания семени и животного, мы вправе возбудить вопрос: не будет ли семя употреблять и кислород воздуха для той же цели, для которой он служит животному? Не будет ли он служить ему для дыхания? Дыхание, как вам, конечно, известно, в основе — то же горение. Мы вдыхаем кислород; он разносится кровью во все концы тела, окисляет, сжигает часть его углерода и водорода и выделяет их в виде углекислоты и воды. В этом легко убедиться следующим простым опытом, который показывает, что газ, вдыхаемый и выдыхаемый нами, различен и что последний содержит углекислоту. Для отличия углекислоты от других газов пользуются следующими двумя признаками. Если пропускать углекислоту через известковую воду, то-есть воду, в которой растворена едкая известь, кипелка, то эта совершенно прозрачная вода мутится, осаждаст из себя мел, то-есть углекислую известь — соединение извести с углекислотой.

Я беру склянку (фиг. 22. А), в которую через пробку пропущены две коленчатые трубки: одна погружена концом в известковую воду, другая, более короткая, не достигает до уровня жидкости. Сначала беру в рот короткую (а) трубку и тяну в себя воздух; через другую, длинную трубку наружный воздух пузырьками проходит через жидкость, но она не мутится. Поворачиваю склянку, беру в рот кончик длинной трубки (b) и выдыхаю из себя воздух; он снова проходит пузырьками через жидкость, но на этот раз она тотчас же мутится. Чтобы доказать, что упавший на дно белый осадок действительно мел и что он содержит углекислоту, прибавляю несколько капель уксусу — осадок с шипением растворяется, и эти шипящие пузырьки газа — не что иное, как углекислота, которую я только что выдохнул.

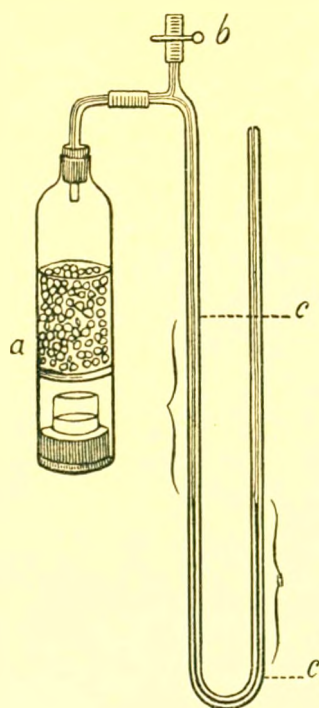
Другая проба на углекислоту заключается в следующем. Все так называемые едкие щелочи жадно поглощают углекислоту. Беру с одного конца открытую стеклянную трубку, содержащую углекислоту, и, заткнув отверстие пальцем, погружаю ее в сосуд с раствором щелочи. Как только я отниму палец, которым заткнуто отверстие, жидкость быстро поднимается в трубке и наконец наполняет ее; заключенная в ней углекислота исчезла, то-есть поглотилась жидкостью.

Имея средства узнавать присутствие углекислоты, мы можем теперь вернуться к вопросу, дышат ли прорастающие семена. Первую половину вопроса мы уже разрешили — мы видели, что они не могут обойтись без кислорода и что они его поглощают; остается показать, что они выделяют углекислоту взамен поглощенного кислорода. Для наглядности дадим опыту такую форму. Струя обыкновенного воздуха вгоняется (все равно каким образом, это уже техническая подробность, не касающаяся сущности опыта) в средний сосуд (фиг. 22, В) через отверстие (обозначенное стрелкой) и, проходя пузырьками через раствор едкой щелочи, оставляет там те следы углекислоты, которые находятся во всяком воздухе, тем более в зале, в которой дышат много людей. Из этого сосуда струя воздуха, уже лишенная углекислоты, расходит на две стороны и, проходя (как пока-

зано на рисунке стрелками) через два сосуда (C и C'), в каждом из них выходит наружу пузырьками через известковую воду, налитую в воронках (b и b') наверху обоих приборов. Оба прибора совершенно одинаковы, через них прогоняется струя того же воздуха, только в правом (C') насыпан слой живых, проросших конопляных семян или гороха, а в левом — тех же проросших семян, но предварительно убитых, отравленных сулемой. Проходящий через приборы воздух постоянно обмывает поверхность семян и проходит через жидкость в воронках (b и b'). Вы уже видите, какая обнаруживается разница: между тем как в воронке левого сосуда жидкость сохраняет свою прозрачность, в правом — она уже замутилась, приняла молочный вид; через несколько минут в ней образуется обильный осадок мела. Ясно, что воздух, прошедший через слой живых, проросших семян, содержит углекислоту. Итак, семена поглощают кислород и выделяют углекислоту. Остается показать, что эти два процесса находятся в связи, то-есть, что углекислота выделяется взамен поглощенного кислорода. Это мы можем увидеть из следующего опыта, который в то же время нам даст возможность судить об энергичности этого процесса дыхания. Стекланный колокол (фиг. 23, a) разделен проволоочною сеткой на две части; в верхней насыпаны проросшие семена конопля, в нижней, заткнутой каучуковой пробкой, помещается маленький стаканчик с раствором едкой щелочи. Верхнее отверстие колокола также заткнуто каучуковой пробкой с коленчатой, так называемой манометрической трубкой, заключающей столб подкрашенной жидкости и снабженной зажимным краном (b). Кран этот открыт для того, чтобы воздух внутри и снаружи прибора был в равновесии. Стоит только закрыть этот кран, и столб цветной жидкости начнет подыматься в левом колене манометра и падать в правом, так что очень скоро уровень ее будет в одном при c , в другом при c' . Смысл этого опыта легко понять: семена в верхней части сосуда выделяют углекислоту, которая, как мы знаем, жадно поглощается едкой щелочью, находящеюся в стаканчике под ними; вследствие этого во всем приборе происходит уменьшение объема воздуха, обнаруживаемое поднятием

столба жидкости в левом колене манометра. Этот опыт нам прямо показывает, что углекислота является взамен другого, поглощаемого семенами газа, потому что если бы углекислота только присоединялась к воздуху, заключенному в приборе, то вышло бы одно из двух: или объем воздуха в приборе увеличивался бы, или он оставался бы неизменным (предполагая, что углекислота поглощалась бы едкой щелочью по мере выделения). Уменьшение в объеме зависит от того, что кислород поглощается семенами и на место его выделяется обыкновенно равный объем углекислоты, поглощаемой едкой щелочью; при этом условии оно одновременно служит мерой вдыхания кислорода и выдыхания углекислоты. Поднятие столба жидкости идет так быстро, что мне придется несколько раз в течение лекции открывать этот кран (b) и приводить подкрашенную жидкость к одному уровню. Это постоянное движение манометрической жидкости обнаруживает нам беззвучное, невидимое, ускользающее от слуха и глаза, но тем не менее довольно энергичное дыхание семян.

Новейшие исследования показывают, что в тесной связи с дыханием, повидимому, находится



Фиг. 23.

уже знакомое нам образование ферментов, именно диастаза. Когда разбухшие в воде семена заключали в сосуд, наполненный вместо воздуха водородом, они не развивались далее, и в них нельзя было найти диастаза, между тем как такие же семена, оставленные в соприкосновении с воздухом, дали ростки, содержавшие диастаз. Таким образом, нам становится понятным одно из ближайших последствий дыхания, пробуждающего растения к жизни.

Факт дыхания дает нам объяснение для той постоянной потери в весе сухого вещества, которая заставила нас обратить внимание на отношение семени к воздуху. Дыхание есть постоянное медленное сжигание углерода и водорода органического вещества; и действительно, сравнивая элементарный анализ семени и происшедшего из него ростка, мы можем убедиться, что убыль в весе приходится именно на долю этих элементов, между тем как количество азота остается неизменным.

Убедившись, что в прорастающем семени совершается в существенных чертах такой же процесс дыхания, как и в животном организме, мы вправе сделать еще шаг далее и спросить: не сопровождается ли этот процесс в растительном организме теми же последствиями, как и в животном? Дыхание, будучи, в сущности, медленным горением, поддерживает температуру животного, согревает его; не будет ли оно согревать и молодое, зачаточное растение, доставляя ему необходимую для развития теплоту? Этот вопрос приводит нас к рассмотрению последнего из трех условий, от которых зависит прорастание, — к рассмотрению влияния теплоты.

Не только точный опыт, но даже сравнительно грубое наблюдение убеждает, что во время прорастания, очевидно вследствие дыхания, семена заметно нагреваются. Так, уже давно замечено, что когда готовят солод, кучи проросших ячменных зерен до того нагреваются, что без помощи термометра, прямо погружая руку, можно обнаружить развивающуюся теплоту. Бывали случаи, что созревшие семена подвергались самовозгоранию, но здесь к нормальным жизненным отправлениям присоединяются

еще процессы гниения и тления, то-есть жизнь невидимых микроскопических организмов. В более точных опытах, где по возможности старались устранять эти источники погрешности, можно было обнаружить повышение на 4, на 10 и более градусов над температурой окружающей среды. Это нагревание, очевидно, должно быть полезно для развивающегося ростка, так как многочисленные наблюдения земледельцев и более точные опыты ботаников показали, что быстрота прорастания, то-есть первое появление корешка, а затем дальнейший рост зародыша находятся в прямой зависимости от температуры, и притом для различных растений существуют различные пределы, при которых прекращается возможность прорастания. Для очень многих растений можно указать низшую температуру, при которой оно начинает прорастать, и высшую, при которой оно опять утрачивает эту способность; между этими пределами быстрота прорастания возрастает до известной температуры и затем начинает уменьшаться. Таким образом, мы отличаем три температуры: *низшую* и *высшую*, составляющие пределы возможного прорастания, и *лучшую*, когда процесс идет всего успешнее, то-есть быстрее. Так например, наши хлебные злаки начинают обыкновенно прорастать при 2—3° выше нуля, и чем выше, тем быстрее, но начиная с 15—16° R процесс этот вновь замедляется и около 30° почти прекращается. Долгое время полагали, что при 0°, то-есть при температуре замерзания воды, никакая жизнь, следовательно и прорастание невозможны, но не так давно сделано любопытное наблюдение, что семена могут прорастать даже во льду. Сделан был следующий опыт: в куске льда выдолблен желобок, в этот желобок положены семена и покрыты другим куском льда; все помещено в ящик, окруженный еще слоем льда в аршин толщиной, и в январе и в марте вынесено на погреб. Через два месяца, то-есть в марте и мае, семена самых разнообразных растений: пшеницы, ржи, гороха, капусты, горчицы — были найдены проросшими; их тонкие корешки пронизывали толщу льда. Этот странный, неожиданный, но вполне достоверный опыт, равно как и подобные же факты, касающиеся цветения некоторых альпийских растений,

распускающихся среди снега, по всей вероятности, должно объяснить теплотой, развиваемой дыханием растения и способной растаять лед в непосредственном соседстве с растением. Вообще считали невозможной никакую жизнь при 0° , между прочим на том основании, что вода при этой температуре должна замерзать, но это неверно, так как известно, что вода может не замерзать и при температурах ниже 0° ; так например, в очень узких, волосных трубках она не замерзает и при -10° . Таким образом, мы видим, что прорастание и вообще жизненные процессы могут совершаться только в довольно тесных пределах — от 0° до 40° . Эти пределы, впрочем, не касаются покоящихся семян. Благодаря отсутствию в них воды, благодаря сухости, они в состоянии выносить без вреда гораздо более резкие крайности температуры. В этом состоянии их можно подвергать, с одной стороны, $100-120^{\circ}$ тепла, а с другой — низким температурам, получаемым при помощи жидкого воздуха, не лишая их способности прорасти. Значит, покоящееся семя отличается значительной выносливостью относительно температуры, и в этом заключается одно из его важных свойств.

Таково значение этого третьего фактора, обуславливающего прорастание, то-есть тепла. Не следует думать, чтобы в этом ускоряющем влиянии тепла, в угнетающем влиянии холода, в этом существовании пределов обнаруживалось какое-нибудь свойство, исключительно присущее живым организмам. Напротив того, мы знаем, что большая часть химических и физических процессов, здесь совершающихся, находится в зависимости от температуры. Так, с повышением температуры ускоряются диффузия и передвижение жидкостей в узких, волосных сосудах; с повышением температуры ускоряется также действие диастаза на крахмал. Но можно возразить: если физические и химические явления ускоряются с повышением температуры, то почему же дальнейшее повышение температуры начинает действовать замедляющим, угнетающим образом на жизненную деятельность семени? Почему существует известная, наиболее благоприятная температура? Не следует ли в этом видеть особенность живого организма? Пока

нет надобности в этом предположении; мы знаем, что если теплота содействует некоторым химическим процессам, способствующим ускорению жизненных явлений, то она же вызывает и такие процессы, с которыми несовместна жизнь. Так например, белковое вещество, входящее в состав протоплазмы, этой основы всякой живой клетки, около 50° R уже свертывается подобно яичному белку, но, вероятно, уже и ранее этой температуры начинает изменяться. По-видимому, что если повышение температуры вызывает одновременно и процессы благоприятствующие и процессы, препятствующие деятельности семени, то эта деятельность должна совершаться наиболее энергично при известной средней температуре, когда благотворное и вредное действия температуры дают наиболее выгодное сочетание. Таким образом, и в действии температуры на прорастающее семя мы не встречаем ничего такого, что заставило бы нас отказаться от физико-химического объяснения совершающихся при этом явлений.

Остается еще одна сторона в жизни семян — сторона, к сожалению, еще далеко не выясненная, — это весьма различная степень, в которой различные семена сохраняют свою жизненность, то-есть всхожесть. Есть семена, способные сохранять ее годами, десятками лет, целыми столетиями; есть другие, которые могут прорасти только через несколько дней по отделении от материнского растения и затем так же быстро утрачивают эту способность; таковы, например, кофейные семена, семена ивы; и есть, наконец, третьи, которые могут прорасти не иначе, как по прошествии значительного промежутка времени; к этой последней категории относится большинство косточковых плодов. По всей вероятности, и здесь, при внимательном исследовании явления, удастся найти его ближайшую причину. Свойство сохранять в течение долгих лет свою способность к прорастанию, в сущности, не должно бы представлять ничего странного: если семя не заключает необходимой воды или уединено своими оболочками или какими другими средствами от атмосферических влияний, следовательно лишено одного из условий, вызывающих химические изменения, то трудно себе представить, какое влияние могло бы на него

оказывать время, конечно, если только устранена возможность механических повреждений. И действительно, существуют несомненные факты, доказывающие, что семена, взятые из гербариев, где они пролежали более ста лет, успешно прорастали. Приводят даже в пример так называемую мумийскую пшеницу, пролежавшую тысячелетия в египетских гробницах, но этот последний пример не вполне достоверен. К тому же способность находиться в состоянии оцепенения в течение долгих лет и не утрачивать при этом возможности вновь ожить не составляет исключительной принадлежности семян. Известно, что многие из низших микроскопических паукообразных, червей и других животных, будучи высушены до состояния порошка, могут в таком виде сохраняться годами и по смачивании водою вновь оживают. Труднее объяснить другую крайность, то-есть свойство быстро, через несколько дней, утрачивать способность к прорастанию; эти факты как-то более склоняют в пользу допущения особой, утрачиваемой со временем жизненности семени. Но нельзя сказать, чтобы и они ускользали от всякой возможности объяснения, не представляли бы аналогии с явлениями, совершающимися вне организмов. Так например, кофейные семена представляют нам запасный питательный материал преимущественно в виде клетчатки, из которой состоит их твердый роговой белок. Весьма возможно, что растворимость этого белка очень изменяется со временем, так как клетчатка и вне организма может претерпевать подобные изменения. Клетчатка, свежесажженная или сохраняемая во влажном состоянии, легко растворяется в известном реактиве, но та же клетчатка, высушенная и образующая плотные роговые массы, становится почти нерастворимой. Возможно, что нечто подобное происходит и с кофейными семенами, то-есть что только свежее семя содержит клетчатку, способную переходить в растворимое состояние. Что же касается до последней категории семян, то-есть тех, которые требуют иногда нескольких лет для прорастания, каковы, например, семена косточковых плодов, то уже в одних механических препятствиях, которые они должны преодолеть, можно видеть причину этой медленности.

И действительно, нередко, делая надрезы в твердой оболочке этих семян или плодов, можно ускорить их прорастание.

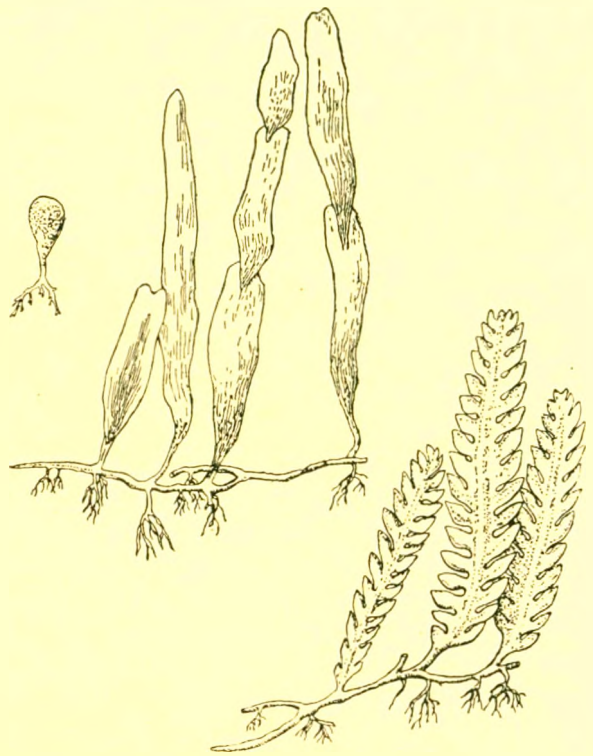
Подведем итог тому, что мы узнали об явлении прорастания; постараемся представить общую характеристику этого совершенно своеобразного периода в жизни растения.

Период прорастания отличается тем, что в течение его растение не нуждается в посторонних источниках пищи: оно существует на счет запаса пищи, отложенного в белке или семенодольях. Для пробуждения семени к деятельности необходимы вода, кислород воздуха и тепло. Вода действует двояко — механически и химически: механически она вызывает разбухание семени, разрывает его оболочки и доставляет необходимую силу для преодоления сопротивления окружающих частиц земли; химически она растворяет сначала разнообразные ферменты, а потом, при их содействии, и нерастворимые запасные вещества. Эти растворы притекают в зародыш и там затрачиваются на его рост, вновь принимают нерастворимую или трудно подвижную форму. Одновременно с этими процессами проявляется в семени и дыхание, видимому за весьма редкими исключениями, о которых будет сказано ниже, присущее всякому организму, всему живущему на земле. Дыхание дает нам одновременно объяснение и для потери в весе и для повышения температуры, которые мы наблюдаем в прорастающих семенах. Таким образом, несмотря на увеличение размеров, растение в этот период не только не увеличивает своей массы, не только не накапливает вещества, но, напротив, расходует его. Во время прорастания происходит только превращение, а не усвоение вещества. Мы убедились, следовательно, что явления усвоения питательных веществ и явления роста не всегда совершаются одновременно, и всего лучше можно характеризовать период прорастания, сказав, что в течение его происходит *рост без усвоения*.

В известной степени этот период жизни растения можно сравнить с периодом воспитания и развития у человека. До конца этого периода и растение и человек неспособны к самостоя-

тельной и производительной деятельности, они существуют на счет запасов, заботливо накопленных предшествовавшим поколением, и нельзя сказать, чтобы от этого сравнения выигрывал человек; напротив того, растение представляет пример, достойный подражания. С одной стороны, растения-родители не пекутся о том, чтобы, накопив богатое наследство, обеспечить своим детищам беззаботное и праздное существование, а наделяют их лишь строго необходимым для того, чтобы они могли развиваться и окрепнуть; а с другой — растения-дети не проматывают этого скромного наследия, они употребляют его на свое развитие, на подготовку сил к предстоящей жизненной борьбе. В конце этого периода мы застаем растение с вполне сложившимися и готовыми к своей деятельности органами. Весьма любопытно, что существуют растения, у которых весь период прорастания проходит на материнском растении. Таково известное мангровое дерево (*Rhizophora Mangle*), обитающее по побережьям тропических морей, обыкновенно в полосе, заливаемой приливом. Семена этого живородящего растения прорастают в плоде и, еще будучи на материнском растении, образуют длинный, тяжелый и приотстренный корень. Достигнув известной стадии развития, они отрываются и, вонзаясь этим корнем в вязкий ил, прямо, без всякого перерыва, продолжают свое существование.

С окончанием периода прорастания обнаруживается в растении и физиологическое разделение труда. С общей физиологической точки зрения растение представляет нам две более или менее развитые поверхности, приспособленные к соответствующим средам, — поверхность корневую и листовую; эти две поверхности соединяются промежуточным органом — стеблем. Такова общая физиологическая схема растения — схема, проявляющаяся очень рано, даже на самых низших ступенях растительной организации. Существуют, например, водоросли, состоящие из одной клеточки и тем не менее представляющие части, аналогичные листу, корню и стеблю. Вот водоросль, попадающаяся нередко на влажных, заливаемых лугах и состоящая из округленной зеленой головки и бесцветного разветвленного основания — подобия корешка



Фиг. 24

(фиг. 24, слева, наверху), которым прикрепляется к почве. Это только простой пузырек, но уже в нем мы замечаем две части, физиологически различные. Но вот другой, еще более разительный пример водоросли, обитающей в морях теплых стран (фиг. 24). Экземпляр этой водоросли (каулерпы), который я нашел в Пуццуоли, в Неаполитанском заливе, расправленный на бумаге, покрывает поверхность величиной с кисть руки, но попадаются экземпляры и более крупные. Эта клеточка-гигант — самая крупная клеточка во всем органическом мире — представляет нам части или лопасти, поразительно сходные с зелеными листьями, стеблями и бесцветными белыми корешками. Стебли стелются по дну моря, листообразные лопасти подымаются вертикально вверх, а корешки зарываются в ил, и тем не менее это все одна и та же клеточка, имеющая одну сообщающуюся полость¹.

¹ На фигуре 24 изображены два вида каулерпы; верхняя — обыкновенная *Caulerpa prolifera*, встречающаяся в Средиземном море.

Понятно, что такие несходные органы, как корень, лист и стебель, должны соответствовать совершенно различным отправлениям, и потому при дальнейшем изучении жизни растений мы должны изучать жизнь этих органов в отдельности.

Остается выяснить еще одно обстоятельство, разрешить еще один вопрос: когда оканчивается период прорастания, когда начинается самостоятельная жизнь растения? Период прорастания оканчивается собственно тогда, когда будет истощен запас питательных веществ; самостоятельная жизнь начинается тогда, когда обнаружится деятельность листьев, а для этого они

должны подвергнуться действию света, без чего они не позеленеют, а останутся желтыми, болезненными. Вот, следовательно, еще одна, последняя, особенность периода прорастания: в течение его растение совершенно не зависит от света, не нуждается в нем, потому-то период этот и может протекать в совершенной темноте, под землей. Но с первым лучом света, упавшим на позеленевший лист, начинается самостоятельная жизнь, растение начинает вырабатывать новые органы уже не на счет других частей, а на счет окружающих неорганических соединений. Убыль в весе замедляется и наконец переходит в прибавь. Начинается *усвоение* вещества.

IV

КОРЕНЬ

Значение корня. — Состав почвы. — Способ определения необходимых питательных веществ. — Искусственные культуры. — Культуры без органического вещества, без перегноя. — Водные культуры. — Значение азота, калия, железа, кремния. — Необходимые питательные вещества, принимаемые корнем. — Непосредственно питательные и запасные вещества в почве. — Поглощительная способность почвы. — Значение почвенной селитры. — Усвоение азота бобовыми растениями. — В какой форме находятся питательные вещества в почве. — Строение корня. — Его замечательное развитие в длину и значение этого свойства. — Отношение корня к жидким и твердым веществам. — Общий механизм принятия питательных веществ корнем

В конце прошлой беседы мы пришли к заключению, что в период прорастания молодое растение не представляет самой характеристической стороны растительной жизни — увеличения своей массы. Напротив того, несмотря на видимое увеличение объема, оно постоянно теряет в весе, сжигая часть своего вещества в процессе дыхания.

Только с той поры, когда обособятся и вступят в свое отправление его органы, когда его корень углубится в землю, а стебель с листьями потянется в воздух, к свету, — только с той поры проявляется полная самостоятельная жизнь растения, выражающаяся в питании на счет окружающих веществ, в настоящем усваивании вещества из внешней среды.

Какие это должны быть вещества, мы уже знаем: это те двенадцать элементов, которые перечислены нами выше (стр. 49). Остается решить вопрос: откуда берет растение эти разнообразные вещества, из какой среды — из земли, воды или воздуха — и каким путем проникают они в растение? Разрешив этот вопрос, мы тем самым решаем, который из двух органов — корень или лист — должны мы считать органом питания растения, или же они оба, каждый с своей стороны, служат для этой цели.

Начнем с корня, так как относительно этого органа задача представляется более простою. Во-первых, едва ли кто когда сомневался в том, что корень служит для питания растения, а во-вторых, нетрудно доказать, что часть, по крайней мере, веществ не может попасть в растение иначе, как через корень. Так например, тела, входящие в состав золы, при обыкновенных условиях не могут существовать в газообразной форме, потому-то и при сжигании они остаются в золе, а не в сгорающей и улетающей части растительного вещества. Следовательно, все, что мы находим в золе, мы должны искать в почве, и отсюда заключаем, что эти вещества поступают через корень. Остальные же вещества могут находиться и в почве и в воздухе, следовательно относительно их мы остаемся в сомнении. Пока не получим прямого ответа из опыта, мы не можем сказать наперед, берутся ли они из почвы или из воздуха, поступают ли они в растение через корень или через лист.

Займемся прежде всего корнем; посмотрим, что извлекает он из почвы, как извлекает он это что и почему он извлекает именно то, что необходимо для растения.

Но прежде чем приступить к изучению корня и его отправлений, необходимо познакомиться

с той средой, в которой проявляется его деятельность, — необходимо бросить беглый взгляд на почву и ее состав.

Всякая покрытая растительностью почва представляет две резко различающиеся составные части: горючую и несгорающую, или органическую и неорганическую. Этой органической части, которая есть не что иное, как остаток истлевших растений, почва обязана своим черным цветом; это черное, сгорающее при прокаливании почвы вещество называют перегноем. Даже в самых черных почвах, в настоящих черноземах, его сравнительно мало, в редких случаях более 10%¹. Почва, прокаленная и, следовательно, лишенная перегнойных органических веществ, представляет уже не черный, а желтоватый или красноватый цвет. Остающиеся после прокаливания минеральные, и по количеству главные, вещества почвы мы можем разделить на три группы на основании их различной растворимости. Часть их, самая незначительная, растворима в воде; вторая, уже более значительная часть не растворяется в воде, но может растворяться в кислотах, и, наконец, третья, наибольшая, нерастворима ни в воде, ни в кислотах. Эти три степени растворимости представляют нам в известной мере три степени доступности этих веществ для растения. Вещества первой категории, растворяющиеся в почвенной воде, очевидно, легко доступны для растения; вещества второй категории уже труднее доступны; наконец, вещества последней категории или вовсе недоступны растению, или только с течением долгих лет могут измениться и отчасти превратиться в вещества первых двух категорий.

Таким образом, в известный данный момент минеральная составная часть почвы представляет нам основу, в настоящем бесплодную и только заключающую запасы пищи на отдаленные будущие времена, затем запас веществ, сравнительно легко доступных растению, и, наконец, очень небольшое количество веществ, представляющих уже готовый материал для питания растения. В справедливости этих слов не-

трудно убедиться. Стоит взять самую плодородную землю, прокалить ее, обработать кислотой, и тогда получим почти белый остаток, который будет совершенно бесплоден.

Значит, рассматривая почву в настоящем, мы вправе наибольшую часть ее считать как бы мертвым остовом, твердым материком, служащим для прикрепления растения, но не участвующим непосредственно в явлениях питания. Пищу растения мы должны искать в остальных ее составных частях — в перегное и в том, что растворяется в воде и в кислотах. Посмотрим же, как распределены в них те двенадцать элементов, которые мы нашли в растении. Органическое вещество перегноя содержит четыре элемента: углерод, водород, азот и кислород. Вещества, растворимые в воде и кислотах, состоят из солей, содержащих все элементы, найденные нами в золе растения, и, сверх того, еще два соединения, содержащие азот, именно — селитру, то-есть соль азотной кислоты, и аммиак, представляющий соединение азота с водородом. Итак, четыре элемента органического вещества, элементы золы и два соединения азота: азотная кислота и аммиак — вот те вещества, на которые анализ почвы указывает как на *возможные* источники пищи для корней растения. Посмотрим, какие же из этих *возможных* источников окажутся *действительными, необходимыми* источниками. Для того чтобы узнать это, мы должны задать этот вопрос самому растению, должны поставить его в такие условия, чтобы оно само вынуждено было дать нам ответ.

В самом деле, как узнать, какие вещества необходимы для питания растения? С первого взгляда может показаться, что для этого достаточно сделать анализ растения, узнать, из каких тел оно состоит, — те и признать за необходимые. Но тотчас же рождается сомнение в справедливости такого заключения. Очевидно, многие вещества, находящиеся в растении, могут составлять ненужную роскошь, могут представлять бесполезную, даже вредную случайность, очутившись в нем только потому, что были в окружающей его среде. Необходимым мы можем признать только такое вещество, без которого невозможно существование и развитие растения. А это мы можем узнать лишь путем точного

¹ Состав почвы был демонстрирован на лекциях при помощи так называемых наглядных анализов, показывающих объемное отношение различных составных частей почвы. Подобные анализы можно видеть в сельскохозяйственном отделе Политехнического музея.

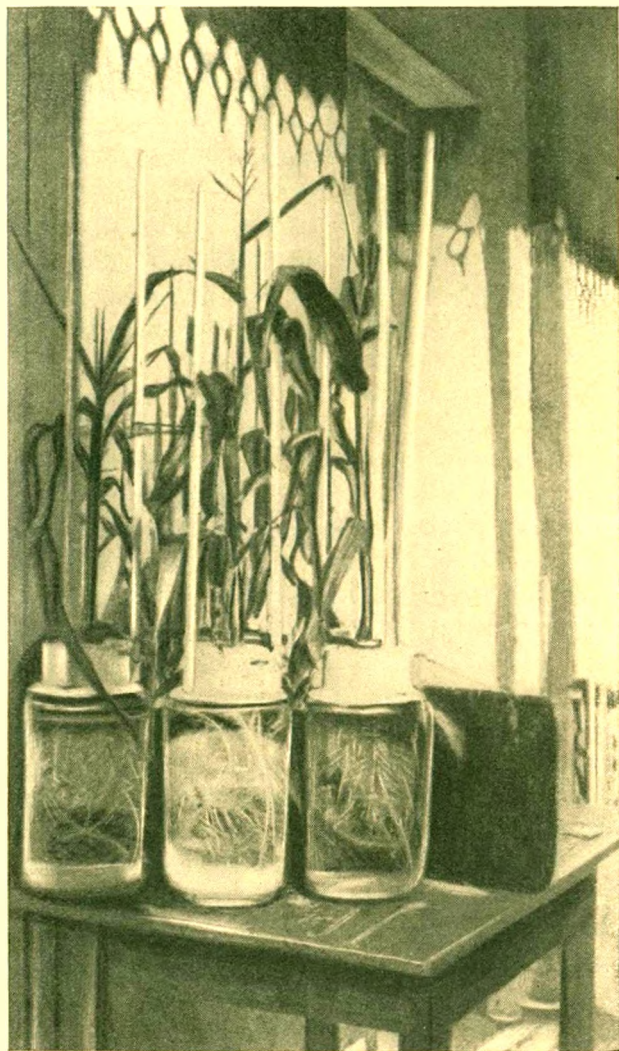
опыта, вроде того, посредством которого мы только что убедились в бесплодности минерального остова почвы. Вот основные условия такого опыта: мы доставляем одному растению *все* вещества, которые анализ показывает в самом растении или в почве, на которой оно успешно растет, а рядом с ним другому, совершенно такому же растению доставляем *все вещества минус одно* и наблюдаем, какие окажутся последствия. Если в развитии обоих растений не обнаружится заметной разницы, мы вправе заключить, что исключенное нами вещество не имеет значения в питании растения; если же окажется разница, если во втором случае, при соблюдении совершенно одинаковых условий, получится более хилое растение, то мы вправе приписать различие в результате различию в условиях опыта, то есть отсутствию исключенного нами вещества. Эта глава физиологии растений представляет нам целый ряд изящных и простых примеров строгого, последовательного применения одного из основных законов индуктивного мышления: «Если один случай, в котором исследуемое явление имеет место, и другой случай, в котором оно не имеет места, сходны во всех условиях, кроме одного, и это одно условие встречается только в первом случае, то это условие, которым оба случая между собою отличаются, и есть причина или необходимая часть причины изучаемого явления»¹.

Таким-то образом, исключая по одному каждое из веществ, встречающихся в растении и в почве, мы узнаем, какие из них составляют безусловно необходимую пищу растения. Познакомимся с главнейшими результатами этих опытов.

Прежде всего наши подозрения падают на органические, перегнойные вещества. Ежедневный опыт учит, что черные почвы плодороднее светлых. Повидимому, ясно, что черное вещество должно составлять главную пищу растения. И, однако, точный опыт дает совершенно другой ответ: мы можем прокалить этот чернозем, сжечь в нем все органическое вещество и, несмотря на то, приготовить из него почву, на которой растение будет развиваться нормально. В такой

белой земле мы можем получить растение, не отличающееся от другого, выросшего на лучшем черноземе. Следовательно, не в перегное заключается пища растения — оно может обойтись и без него. Но мы уже видели, что наибольшая часть минерального вещества — то, что мы называли нерастворимым остовом почвы — бесполезна как пища; следовательно, круг названных веществ, в которых мы можем видеть пищу для растения, становится еще теснее: он ограничивается веществами, растворимыми в воде и кислотах. Но напрасно пытались бы мы воспитать растение в искусственной почве, составленной исключительно из питательных веществ, например из золы растения. Такая почва была бы совершенно непригодна; питательные вещества находились бы в слишком концентрированной форме, и растение наверно погибло бы. Для того чтобы служить для питания, они должны быть разбавлены, рассеяны в другом, недействующем веществе, каким и является нерастворимый минеральный остов почвы. Но если таково значение этого последнего, то его, конечно, можно заменить другими веществами, менее сложного состава. И действительно, опыт показывает, что можно приготовить искусственную почву из песка, из толченой пемзы, из стеклянных бус или мелких гранат и проч. и, введя в нее необходимые питательные вещества, получать совершенно плодородную почву. Остается сделать еще один шаг, и метод искусственных культур достигнет простейшей мыслимой формы. Если значительная часть естественной почвы или все только что перечисленные искусственные почвы служат только для равномерного распределения — так сказать, для разжижения — питательных веществ, то нельзя ли их заменить дистиллированной водой, в которой будут растворены необходимые для питания растения вещества? Опыт, правда, долгих лет и сопряженный со множеством неудач, увенчался наконец полным успехом. В настоящее время, соблюдая известные предосторожности, мы можем заменить почву этой совершенно прозрачной средой и, выращивая в водяном растворе самые разнообразные растения, доводить их до таких же нормальных размеров, каких они достигают в самой плодородной почве.

¹ См. Милль, Система индуктивной логики и проч.



Фиг. 25 А.

Для этого мы берем стеклянную банку, вмещающую три или четыре фунта дистиллированной воды, и растворяем в ней с ползолотника смеси из нескольких солей; нужно только, чтобы количество солей в растворе не превышало двух тысячных, иначе раствор будет слишком концентрирован. В крышке этой банки мы закрепим проросшее семя любого растения так, чтобы только корешки были погружены в воду. Затем остается только наблюдать развитие как воздушной части растения, так и корня, который теперь весь у нас на виду (фиг. 25А).

Приведенные ниже (фиг. 27, 28, 31) фотографические изображения представляют резуль-

таты опытов, произведенных мною в 1896 году на Нижегородской выставке. Я придаю им особое значение, так как едва ли когда-либо подобные опыты во всех своих стадиях и подробностях производились, как здесь, на глазах десятков тысяч свидетелей. С удовольствием вспоминаю я одного скептика, местного нижегородского жителя, покаявшегося мне, что он чуть не день за днем следил за нашими водными культурами, сначала с злым намерением уличить нас в шарлатанстве, а затем сам увлекся и уверовал.

Итак, вот насколько упростилась наша задача: во всей массе черной, перегнойной почвы, приходящейся на долю растения, существенно необходимой для питания в данную минуту оказывается только ничтожная щепотка смеси нескольких солей. Посмотрим теперь, какие же из химических элементов входят в состав этих солей. Для этого необходимо было сделать ряд опытов или в описанной выше белой бесплодной почве, в которую внесены необходимые соли, или в только что описанном растворе.

Вот опыты, показывающие необходимость для растения азота (фиг. 26). Взято два горшка с прокаленной и промытой кислотой — следовательно, белую и бесплодную почву — и в один из них прибавлена зола растения, заключающая, следовательно, все находящиеся в растении минеральные вещества, в другой — та же зола и еще азот в виде азотнокислой соли, именно селитры. В оба горшка посажено по два совершенно сходных по весу семени подсолнечника. Они взошли, но вот какое в конце опыта оказалось различие: в первом горшке получились два хилых, жалких растеньица, едва поднимающихся над поверхностью почвы; во втором — два здоровых экземпляра, с цветами и семенами, размерами своих стеблей и листьев не отличающихся от подсолнечников, одновременно выросших в лучшей садовой почве¹. И, однако, все различие двух опытов заключается только в том, что во второй горшок прибавлено немного селитры, то есть азота. Сходные результаты мы получили

¹ Фигура 26 изображает слева растения, выросшие в присутствии селитры (для сравнения рядом приведен лист садового экземпляра), и справа — растения, не получившие селитры. Это классический опыт Буссенго.

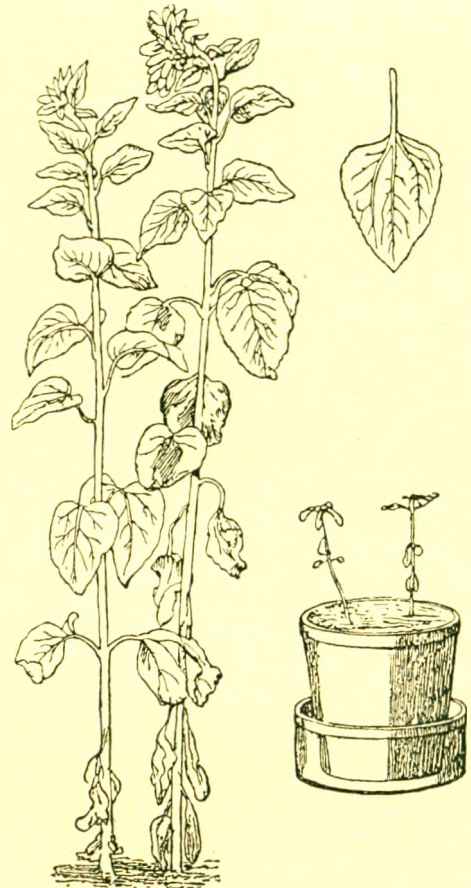
бы, если бы вместо селитры взяли азот в виде аммиачной соли. Делаем вывод: растению необходим азот.

Другой опыт. Берем несколько банок с питательным раствором (фиг. 25В); в одних из них находятся все необходимые соли, в других — те же соли минус соль калия. Сажаем в каждую банку совершенно одинаковые зерна гречихи. По прошествии известного времени в первых получается здоровое растение, оно цветет, приносит зрелые семена; во вторых — оно не развилось, захирело и погибло. Повторяем опыт десятки раз и всегда с одинаковым результатом. Вывод: растению необходим калий; оно не может жить без калия.

Вот подобные же опыты и также над гречихой (фиг. 27). Первый, третий и пятый ряды получили полный питательный раствор, второй не получил азота, четвертый не получил калия и



Фиг. 25В.

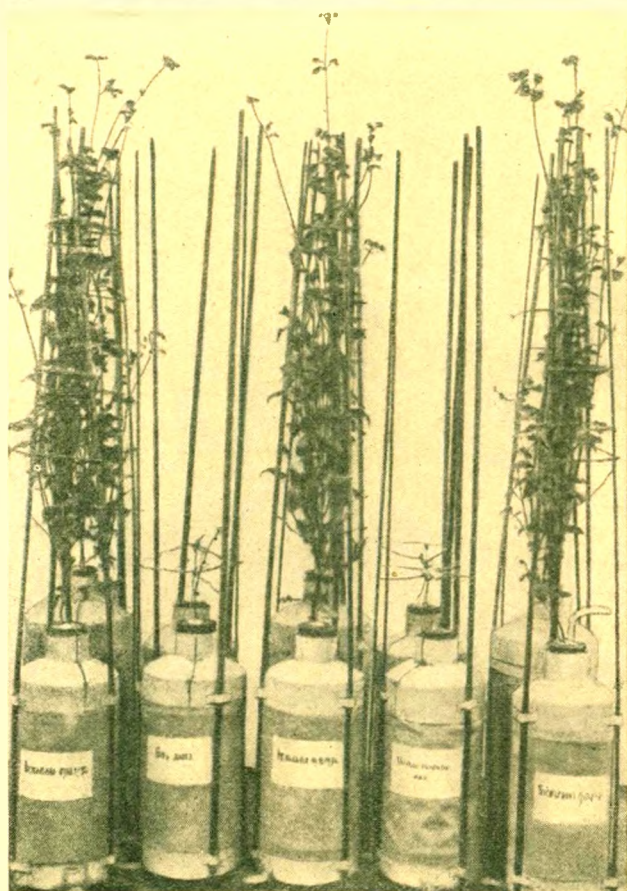


Фиг. 26

фосфорной кислоты. Результаты говорят сами за себя.

Еще один опыт, самый наглядный и разительный по своим результатам. В числе солей, оказавшихся необходимыми для питания растения, находится и соль железа; она входит в состав золь растения, можно сказать, в ничтожном количестве; при воспитании растений в воде эта соль одна не может быть употреблена в виде раствора, потому что образует с другим телом, также необходимым для питания растений, с фосфорной кислотой, нерастворимый в воде осадок. Этот нерастворимый белый осадок¹ мы взмучиваем в жидкости так, чтобы он попадал на поверхность корней. Берем несколько банок: одни с совершенно прозрачным раствором, следовательно не содержащим железа; другие —

¹ На фотографии 25А на дне банок можно видеть этот осадок.



Фиг. 27.

с легкой мутью вследствие присутствия железной соли. Воспитываем в каждой из них по одному растению, положим маиса, и по прошествии двух-трех недель уже замечаем резкую разницу. Между тем как в полной питательной жидкости получится растение нормальное, которое будет цвести и принесет початок со зрелыми зернами, в первой жидкости оно произведет несколько узких, хилых листьев и затем погибнет (фиг. 28). Притом эти листья представят замечательную особенность: первые два-три будут обыкновенного зеленого цвета, следующие же за ними окажутся совершенно бесцветными, белыми. Ясно, что отсутствие железа остановило развитие растения и вызвало особенное болезненное проявление, так называемую *бледную немочь*. В справедливости этого заключения можно убедиться следующим простым опытом: стоит только к раствору, не заключавшему железа, прибавить этой соли, и болезненные проявления

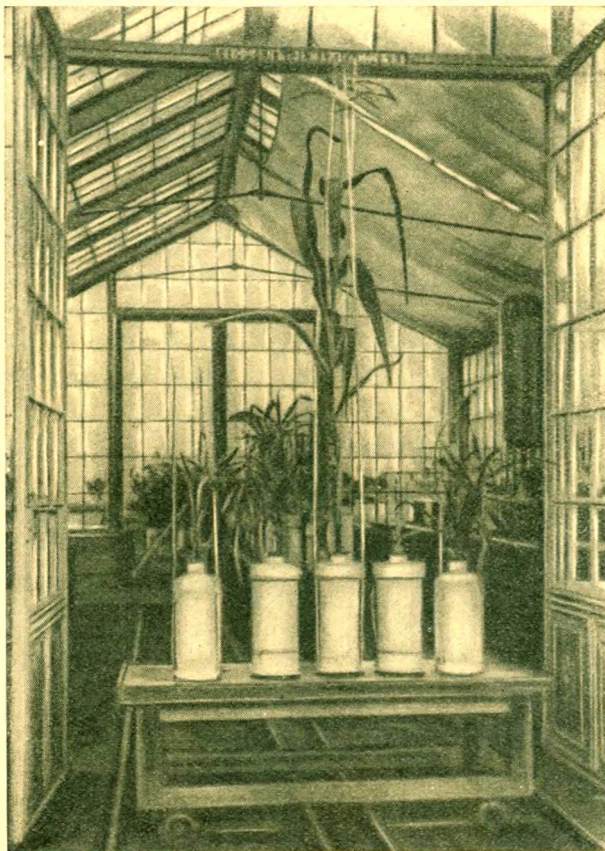
прекратятся, растение позеленеет и начнет вновь развиваться; мало того, стоит совершенно белый, больной лист смочить в одном месте железною солью, и через несколько времени на этом месте появится зеленое пятно¹. Мы не раз обращали внимание на сходство жизненных отклонений растительного и человеческого организма; действие солей железа представляет еще разительный тому пример. В последнее время в жизни, к сожалению, нередко стал встречаться такой случай: знакомая вам особа, мужчина или дама, чувствует себя не совсем здоровой; болезнь, между прочим, проявляется неестественною бледностью; приглашают доктора; он с первого почти взгляда довольно бесцеремонно просит открыть рот и, освидетельствовав десны, прописывает рецепт, пилюли или микстуру. Пациент принимает лекарство и через несколько времени вновь приобретает здоровый вид. Лекарство это содержит железо. То же железо, которое возвращает здоровый румянец поблекшей щеке, возвращает естественный зеленый цвет и побледневшему листу.

Такие же результаты, какие мы только что описали для азота, калия и железа, и таким же путем получаем относительно фосфора, серы, хлора, извести и магнезии, — все эти вещества оказались необходимыми для питания растения, и без них оно рано или поздно погибает.

Но в числе составных начал золы растений находится еще кремний. Кремний с кислородом образует кремневую кислоту, или кремнезем, который в чистом виде мы имеем в горном хрустале, в несколько менее чистом виде — в кремне, в белом песке и проч. Тот же кремнезем образует главную часть стекла. Кремнезем этот встречается и во многих растениях, именно в стенках клеточек, делая их совершенно стекловатыми, так что если сжечь такую клеточку, то от нее остается стеклянный остов, под микроскопом представляющий в малейших подробностях форму живой клеточки. В существовании таких *стеклянных* клеточек каждый из нас имел случай неоднократно убеждаться на основании очень

¹ На фигуре 28 посредине — могучий экземпляр маиса, выросший до крыши теплицы и еще цветущий; по краям — два экземпляра низкорослой разновидности, давших уже початки; в промежутках — два хилых экземпляра, не получивших железной соли.

неприятного опыта. Жгучие волоски крапивы — не что иное, как длинные, заостренные клеточки, стенки которых, особенно на концах, до того проникнуты кремнеземом, что они хрупки, как стекло; оттого-то они так легко прокалывают кожу и, обломившись в ранке, впускают в нее свой ядовитый сок. Всего более кремнезема встречается в клеточках соломины злаков и в стеблях хвоща; эти последние до того жестки, что столы употребляют их для полировки дерева. Кремнезем, следовательно, очень распространен в растениях, и на основании этого можно было бы предполагать, что он необходим для растения. Сложилось даже мнение, что он не только придает жесткость коже злаков, но сообщает твердость и стойкость всей соломинке; полагали, что, увеличивая в наших культурных злаках содержание кремнезема, можно будет уберечь их от очень вредного в хозяйстве явления *полегания*. Но прямой опыт разрушил все эти предположения, казавшиеся столь вероятными. Во-первых, культуры как в искусственных почвах, так и в растворах, лишенных кремнезема, показывали, что и при полном отсутствии его получаются совершенно нормальные экземпляры злаков; следовательно, растение может обойтись и без кремнезема. Далее были сделаны опыты на большую ногу, в поле: удобряли кремнекислыми солями, но результат был отрицательный. Растения, удобренные кремнеземом, полегли хуже неудобренных. Можно было сначала предположить, что удобрение не попало в растение, но анализ показал, что растения были действительно богаче кремнеземом. Этот непонятный результат стал до некоторой степени понятен, когда вслед за общим анализом целого растения был сделан анализ его отдельных частей; тогда оказалось, что сравнительно богаче кремнеземом стали не стебли, не соломины, а листья, и таким образом избыток кремнезема скорее мог действовать во вред, скорее еще более клонил соломины, чем увеличивал их стойкость. В итоге оказывается, что растение может обойтись без кремнезема и что присутствие его не находится в связи со стойкостью соломины, как прежде полагали. В одной из последующих бесед мы увидим, что *полегание* хлебов объясняется иными причинами и может быть отвращено иными мерами.



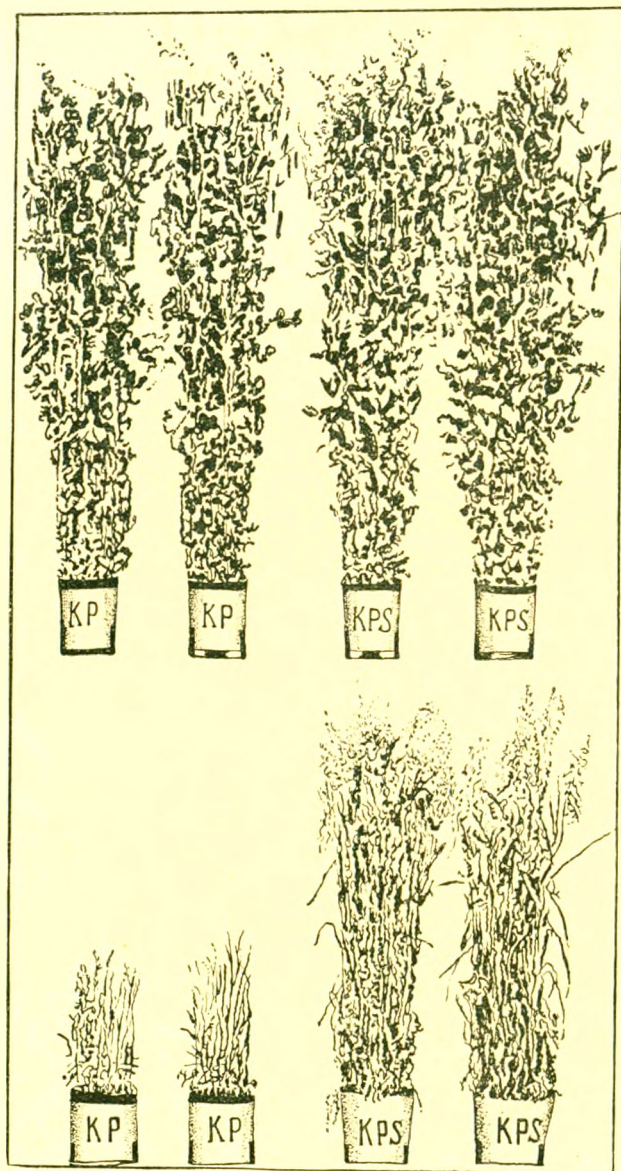
Фиг. 28.

Итак, исключив кремнезем из приведенного во второй главе списка элементов золы и заменив его необходимым азотом, получим *восемь* тел, исчерпывая список веществ, которые безусловно необходимо доставить корню для питания растения. Четыре из них: *азот, фосфор, сера и хлор* — образуют кислоты; эти кислоты, соединяясь попарно с четырьмя металлами: *калием, кальцием, магнием и железом*, — образуют четыре соли. Этими четырьмя солями ограничивается вся потребность корня; из них-то и приготовляются те питательные растворы, в которых произведены описанные выше опыты. Самая бесплодная почва, политая этим раствором, делается плодородной, в смысле полной пригодности ее для питания растения.

Таковы блистательные по своей простоте результаты, к которым привело изучение физиологии корня. Не забудем, однако, что эта *простота* представляет плод десятков лет упорного труда десятков ученых-исследователей.

Здесь сам собою рождается вопрос: вправе ли мы заключить, что все остальные вещества, составляющие главную массу почвы, совершенно бесполезны, не нужны для растения? Очевидно, нет. Одни вещества, не составляя собственно пищи в известный данный момент, могут сделаться ею впоследствии; другие, не участвуя прямо в питании, могут оказывать косвенное полезное действие. Так например, в почве, кроме селитры и аммиака, находится еще гораздо более азота в виде органических веществ. Однако этот азот

не может служить непосредственно для питания; почва, содержащая только такой азот, почти бесплодна, но этот азот может исподволь превращаться в аммиак, в азотную кислоту и тогда послужит в пищу. Вот, следовательно, пример вещества, бесполезного в известный момент, но служащего запасом на будущее. Косвенно вещества, находящиеся в почве, могут быть полезны для растения во многих отношениях. Они могут быть полезны растению своею способностью удерживать влагу, поглощать тепло; наконец, они могут способствовать удержанию и равномерному распределению питательных веществ. В последнем отношении почва отличается замечательною, так называемою *поглотительною* способностью. Если мы наполним воронку почвой и будем ее поливать знакомым нам питательным раствором и затем соберем ту воду, которая пройдет через почву, то убедимся, что в ней окажется очень мало питательных веществ. Особенно сильно поглощаются аммиак, фосфорная кислота и калий — все, как мы видели, вещества, необходимые для растения. Эта замечательная способность почвы имеет важное значение в экономике природы. Благодаря ей вещества, необходимые для растения и находящиеся в очень ограниченных количествах, не вымываются дождями, а удерживаются почвой и очень скупое, исподволь, уступают воде, обращающейся между ее твердыми частицами. Исключение из этого правила составляет азотная кислота, весьма легко вымываемая из почвы, а между тем, как мы видели, она доставляет растению самое важное питательное начало — азот. Исследования агрономов-химиков все более и более заставляют сельского хозяина обращать внимание на возможно полную утилизацию этого вещества культурными растениями. В этом отношении растения к азотной кислоте почвы даже искали причину той роли, которую играют бобовые растения в плодосменном хозяйстве. Эта роль до последнего времени представляла много загадочного. Бобовые растения содержат более азота, чем злаки, а между тем азотные удобрения на них оказывают менее влияния, чем на злаки; мало того, чередуя культуру бобовых растений со злаками на неудобряемой почве, получают такие же урожаи злаков, как и в том случае, ко-

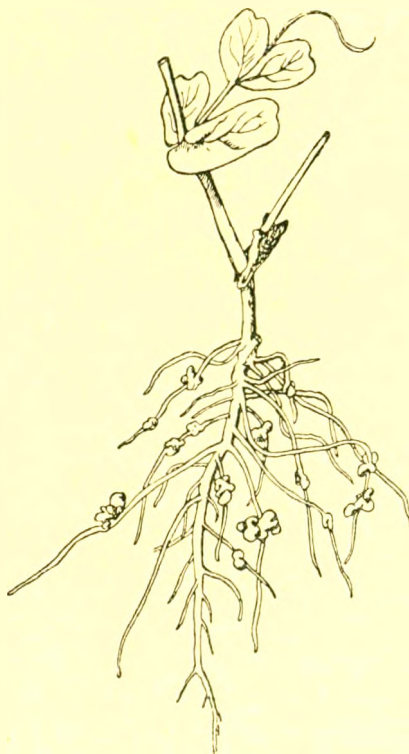


Фиг. 29.

гда эти последние чередуются с паром. Отсюда возникло воззрение, что бобовые растения не истощают, а даже обогащают почву, — воззрение, которое в буквальном смысле было бы справедливо только тогда, когда было бы доказано, что бобовые растения черпают свой азот не из почвы, а из воздуха, но этому предположению долгое время противоречили самые точные опыты. Оставалось предположить, что роль бобовых растений по отношению к азоту заключается в том, что, развивая более углубляющуюся в почву систему корней и занимая почву в течение более долгого периода времени, они в более совершенной степени исчерпывают запас азотной кислоты, в других случаях вымываемой дождями и пропадающей непроизводительно для сельского хозяина. Таким более совершенным использованием азотной кислоты почвы можно было бы отчасти объяснить себе, почему бобовые растения дают в своем урожае более азота, чем другие растения, да еще оставляют избыток этого азота в неподвижной, не вымываемой дождями форме — в форме своих корневых остатков — на пользу чередующимся с ними растениям.

Но это объяснение все же не могло вполне удовлетворить, и вопрос оставался открытым, пока в исходе 80-х годов не получил неожиданно разрешения. Это открытие представляет одно из блестящих новейших приобретений учения о питании растений, почему мы и остановимся на нем несколько подробнее. Как уже сказано выше, удобрение селитрой, оказывающее такое существенное влияние на злаки, иногда не оказывает никакого влияния на бобовые растения. Один подобный опыт изображен на фиг. 29. Два горшка (обозначенные буквами *KP*) с посевом овса получили все необходимые минеральные удобрения, но не получили селитры; другие два (обозначенные буквами *KPS*) получили сверх минерального удобрения и селитру — результат говорит сам за себя. Такой же опыт сделан над горохом (в верхней части рисунка, обозначение то же), и результат получился отрицательный, то-есть присутствие селитры ничем не обнаружилось. Значит, горох может добывать себе азот, даже когда его нет в составе почвы. Очевидно, горох может получать азот из воздуха. Но при

каких условиях? Задавшись этим вопросом, исследователи вспомнили, что на корнях бобовых растений давно, еще древними, замечены какие-то желвачки (фиг. 30). Эти желвачки появляются вследствие заражения корней бактериями, повидимому очень распространенными в почве. Доказывается это очень просто. Берут бобовое растение и воспитывают его в растворе так, чтобы одна прядь корня была в одном сосуде, другая — в другом. В одном сосуде раствор прокипчен, в другом прибавлено немного почвенного настоя, содержащего бактерии. Оказывается, что на той пряди корня, которая погружена в прокипченный, стерилизованный раствор, желвачков с бактериями не появляется. Что именно от присутствия в почве этих бактерий зависит усвоение азота воздуха, доказывается таким опытом (фиг. 31). Ряд стеклянных сосудов с горохом получил почву, лишенную азота, но зараженную почвенным настоем, содержащим бактерии, а другой ряд получил почву, стерилизованную нагреванием или политую поч-



Фиг. 30.



Фиг. 31.

венным настоем, предварительно прокипяченным и, следовательно, также стерилизованным. Результат поразителен: только растения (фиг. 31, нечетные сосуды), которые выросли на почве, содержащей бактерии, вызывающие образование желвачков, развились нормально, остальные (фиг. 31, четные сосуды) зачахли. Таким образом, мы убеждаемся, что особенность гороха и всех бобовых, отличающая их от злаков — способность усвоить свободный азот атмосферы, — находится в связи со способностью их корней заражаться известными бактериями почвы. Но как и где происходит этот процесс усвоения азота, до сих пор еще не вполне выяснено.

Рождается еще вопрос: достаточно ли для прокормления растений таких, как выше было сказано, крайне слабых почвенных растворов? Ответить на это мы можем, только прибегнув к следующим вычислениям. Мы знаем, сколько на известную площадь земли выпадет дождя, мы знаем, сколько эта дождевая вода может извлечь питательных веществ из почвы, знаем, с другой стороны, сколько золы заключается в целой жатве, снятой с той же площади земли; этих данных достаточно для того, чтобы разрешить вопрос: в состоянии ли растения довольствоваться этою жидкою пищей? Для очень

только плодородных почв ответ получается положительный, для остальных — отрицательный. Растение, повидимому, обыкновенно не довольствуется одной жидкой пищей, оно пользуется и веществами, нерастворимыми в почвенной воде. Но в таком случае корню самому нужно идти навстречу своей пище, ему нужно, по возможности, обегать все соседние частицы почвы, для того чтобы между массой бесплодного вещества отыскать так редко, так скупо рассеянные частицы питательных веществ. Это прямо приводит нас к рассмотрению второго из поставленных нами вопросов. Узнав, что составляет пищу корня, постараемся узнать, как добывает он эту пищу.

Для того чтобы узнать, как исполняет свое отправление корень, нам необходимо прежде всего ознакомиться с его строением.

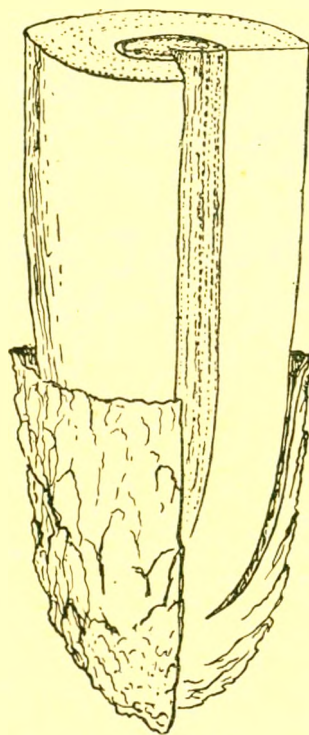
По внешнему виду корень представляет два резко между собою различающихся типа. Или он идет вглубь одним сплошным стержнем, постепенно приостраивающимся и переходящим в тонкую нить, — таков, например, корень свекловицы, моркови, льна; или он сразу, почти у самой поверхности почвы, рассыпается в целую прядь нитевидных мочек, как, например, у наших злаков: ржи, пшеницы и проч. Корни пер-

вого рода мы так и называем *стержневыми*, а второго — *мочковатыми*. Эти два крайних типа, разветвляясь и различным образом усложняясь, обуславливают все разнообразие форм, представляемых этим органом.

Всякий корень, будет ли то стержень, отдельная мочка или их ветви, растет подобно стеблю, удлиняясь, вытягиваясь на своей верхушке. Но если мы сравним конечную точку стебля и корня, то увидим в них заметную разницу. Если, удалив в почке все листья, мы обнажим вершину стебля, так называемый конус нарастания, то увидим, что он представит нам самую молодую, самую нежную часть стебля, состоящую из мелких, еще не вполне выросших клеточек. Если же мы посмотрим на кончик корня, который сам по себе всегда обнажен, так как никогда не несет листьев, то нередко уже простым глазом, лучше в лупу, еще лучше в микроскоп, увидим, что он представляет беспорядочный, неопрятный вид. Он покрыт, как бы колпачком, несколькими рядами клеточек, снаружи уже потерявших между собою связь и только слепленных какою-то слизью. Этот колпачок, или, как его обыкновенно называют, *чехлик*, — не что иное, как наружные, отмирающие и начинающие уже разрушаться слои ткани, которые прикрывают и охраняют лежащую под ними нежную, молодую ткань конуса нарастания (фиг. 32)¹. Иногда этот чехлик можно снять с верхушки корня как палец перчатки. Физиологическое значение этого органа легко понять: он служит щитом, под прикрытием которого нежная растущая вершина корня пролагает себе путь в почве. Если бы вершина корня была обнажена, оканчиваясь самыми молодыми клеточками, то он, очевидно, не мог бы исполнять своего назначения; только толкая пред собою чехлик, он в состоянии пробиваться вперед между твердыми, грубыми и острыми частицами почвы.

Несколько отступя от самой вершины, прикрытой чехликом, вся наружная поверхность кожицы корня покрыта длинными тонкими волосками (фиг. 33)². Каждый такой волосок — не

что иное, как очень вытянутая клеточка кожицы. Еще далее от вершины прекращается и этот пояс волосков; поверхность корня там покрыта кожицей, потерявшею свои волоски (фиг. 33), отчасти растрескавшейся, отчасти же кожица заменена уже другою тканью, вроде той, которая находится на коре стеблей и которую ботаники вообще называют пробковою, так как с пробкой она имеет общее свойство — не пропускать воды. Таким образом, по длине корня мы отличаем три пояса: на самой вершине чехлик, затем пояс



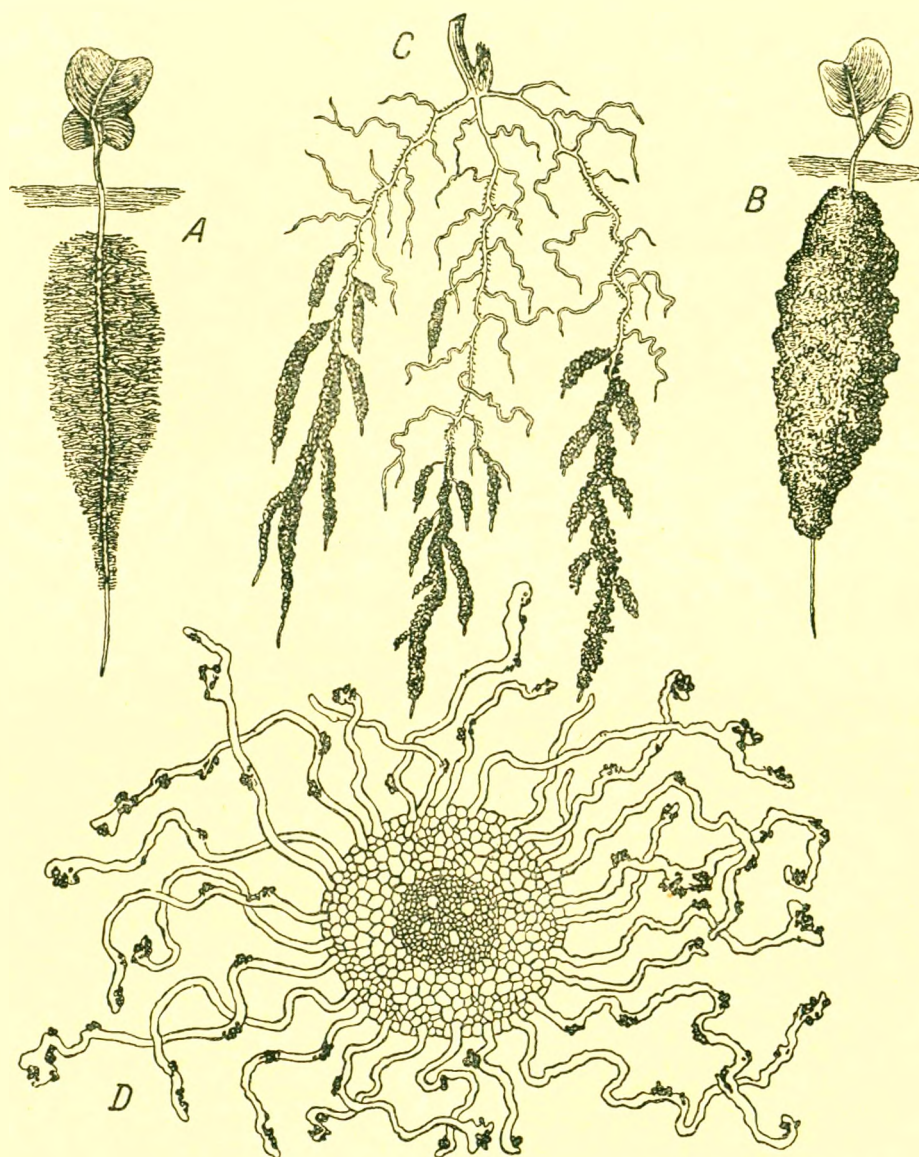
Фиг. 32

волосков и, наконец, более старую часть с засохшею кожицею и пробковою тканью. Эта последняя не может служить для всасывания воды и питательных веществ; самый кончик также не всасывает их или всасывает в недостаточном количестве, что доказано на опыте; следовательно, всасывающая поверхность корня ограничивается поясом волосков, и, действительно, эта ткань в высшей степени проницаема для воды, гораздо более, чем кожица воздушных частей растения.

¹ Фигура 32 изображает оконечность корня с чехликом при слабом увеличении.

² Фигура 33 изображает молодой, покрытый волосками корешок (А), тот же корешок вместе с частицами почвы, приставшими к волоскам (В), более взрослый,

разветвившийся корень со старыми частями, уже лишенными волосков (С), и часть поперечного разреза корня под микроскопом, показывающую строение волосков и их срастание с частицами почвы (D).



Фиг. 33.

Корень нас интересует главным образом как орган поглощения, и с этой точки зрения крайне любопытно составить себе понятие, какое протяжение и какую поглощающую поверхность представляет этот орган. Одного взгляда на тщательно обмытый и освобожденный от частичек почвы корень любого растения достаточно, чтобы убедиться, как значительна должна быть общая длина его, если бы мы приставили конец к концу все его бесчисленные веточки и мочки. Но самое смелое воображение оказывается по-

зади действительности. Один немецкий ученый предпринял подобный, чисто египетский труд: вооружившись щипчиками, масштабом, циркулем и почти неистощим запасом терпения, он непосредственно измерил до малейших разветвлений длину одного корня пшеницы. Результат получился поразительный. Оказалось, что общая длина такого корня равняется 510 метрам, или приблизительно *полуверсте*. Как ни велика эта цифра, она все еще не представляет нам всей длины поглощающей поверхности корня. Ведь

настоящую поглощающую поверхность представляют волоски. Посмотрим, сколько же у нашей пшеницы волосков. Узнать это нетрудно — разумеется, в приблизительных цифрах. Определим под микроскопом, сколько их приходится на квадратный миллиметр, и затем помножим на общую поверхность корня — получим примерно 10 000 000. Помножим это число на среднюю длину волосков и получим действительно колоссальную цифру — 20 километров, или около *двадцати верст*. Таков путь, который пробегает в объеме почвы величиною с обыкновенный цветочный горшок корень пшеницы со всеми его волосками. Я сказал — путь, который пробегает корень со всеми своими волосками, и действительно, эта цифра не представляет нам длины их в какой-нибудь момент жизни растения. Не все эти волоски действуют одновременно. Так например, на фигуре 33, С деятельны только нижние части корня; выше волосков уже нет; да в них там нет и надобности; они уже там были и отняли у твердых частиц почвы их питательные начала. Если мы высчитаем, какую общую поверхность составят все волоски, которые производит в течение жизни корень пшеницы, вместе с несущими их мочками, то увидим, что эта величина почти во сто раз превышает площадь земли, приходящуюся в поле на долю каждого пшеничного растения. Если же мы вычислим затем, какой объем составляют эти тянущиеся почти на двадцать верст волоски, то убедимся, что все они уместились бы в сосуде величиною с наперсток (около 1,5 кубического сантиметра).

Таким образом, в корне, и особенно в его волосках, мы видим орган, который при ничтожном объеме представляет значительную поверхность благодаря тому, что этот объем растянут в длину почти на двадцать верст. Природа здесь прибегла к уловке, подобной той, которую поэтическое сказание приписывает Дидоне, основательнице Карфагена. Дидона выпросила себе клочок земли, который охватит одна воловья шкура, и оказалось, что эта шкура охватила всю местность будущего Карфагена. Для этого она разрежала шкуру на тончайшие ремешки. Но ремешки Дидоны, очевидно, ничто в сравнении

с волосками корня, которые значительно тоньше человеческого волоса.

Нетрудно понять громадное физиологическое значение этого преобладающего развития в длину. Благодаря ему корень при возможно малой затрате строительного материала в состоянии обездать возможно большее число частиц почвы, притти с ней в возможно тесное соприкосновение. Тех данных, которыми мы обладаем, достаточно для того, чтобы приблизительно вычислить расстояние, на каком будут находиться частицы почвы от поверхности корневых волосков нашего пшеничного растения.

Для этого мы должны прибегнуть к статистическому методу, к приему статистиков, которые, пренебрегая отдельною личностью, единичным существованием, говорят только о среднем человеке, о средней жизни и т. д., и не только говорят, но иногда очень наглядно изображают свои средние величины. Так например, посетителям Петербургского сельскохозяйственного музея, конечно, памятна зловещая, почтенных размеров посудина, изображающая годовичную пропорцию водки, выпиваемую *средним* русским человеком, не исключая женщин и детей. Тут же рядом с нею возвышается и горка хлебного зерна, необходимого для получения этой водки. Последуем примеру статистиков и постараемся представить возможно наглядно, какой объем почвы приходится на *среднюю* корневую мочку пшеницы. Мы знаем, средним числом, какая площадь земли приходится в поле на каждое растение, мы знаем глубину слоя, занятого корнями, следовательно знаем, какой объем почвы приходится на каждое растение. В этой стеклянной банке отмерено это количество. Представим себе, что мы желали бы всыпать всю эту землю в сосуд или, вернее, в трубку длиною в *те полверсты*, на которые тянется наш корень. Спрашивается, как велик был бы поперечник этой трубки? Вычисление дает *три миллиметра*. Если бы в стеклянную трубку такого внутреннего поперечника мы пропустили корневую мочку с ее волосками, то эти волоски уперлись бы в стену трубки¹. Итак, если бы все мочки корня распределить совершенно равномерно в предоставлен-

¹ На лекции это было пояснено моделью — ламповым стеклом и щеткой для него.

ной им почве, то на долю каждой мочки пришелся бы только цилиндр почвы, по всем направлениям пронизанный ее волосками, и, следовательно, самое дальнее расстояние частицы почвы от волоска равнялось бы половине промежутка между соседними волосками того же корня; оно равнялось бы примерно $\frac{1}{15}$ миллиметра. Это вычисление дает нам, следовательно, самое дальнее расстояние, с которого наша *средняя* мочка должна получать свою пищу; поэтому мы можем заключить, в какое тесное соприкосновение приходит корень с твердыми частицами почвы. Конечно, не всякая корневая мочка находится в таких *благоприятных* условиях, но ведь и не всякий русский человек находится в таких *неблагоприятных* условиях, чтобы выпивать ту роковую посудину, о которой была выше речь. Повторяю, это только статистическая средняя, дающая нам наглядное представление о том, какой совершенный орган поглощения мы имеем в корне. Это совершенство приспособления выигрывает еще от замечательной особенности корня развиваться преимущественно в тех частях почвы, где он встречает более питательных веществ. Факт этот был доказан следующим образом. В цветочном горшке наслаивали землю так, чтобы слои плодородной почвы чередовались со слоями бесплодной, и оказалось, что корни особенно роскошно развивались в плодородной, и только жалкие, тощие мочки пронизывали бесплодные слои. Эта особенность в связи с громадным протяжением волосков как бы указывает нам на то, что корни сами должны идти навстречу своей пище, что для них обыкновенно недостаточно жидкой пищи, доставляемой водою. Предположение это находит, повидимому, подтверждение и в том факте, что корни, воспитываемые в растворах или в почве, залитой водою, имеют мало или вовсе не имеют волосков, и растение от того не страдает. Оно и понятно: в жидкой среде питательное вещество само стремится навстречу корню; последнему нет надобности в особенно большой поверхности.

Мы уже не раз повторяли, что корень, вероятно, принимает пищу и от твердых частиц почвы, но как это себе объяснить? Все наружные части корня, его кожица и волоски, состоят из клеток, то-есть глухих пузырьков или трубо-

чек, в стенках которых никогда нет отверстий. Частицы почвы могут очень плотно прилегать к корневым волоскам, как это видно на рисунке (фиг. 33, D), но никогда не пробуравливают их стенок. Как же согласовать это противоречие: твердые тела служат для питания корня, но не проходят через стенки его клеточек? Для разъяснения этого кажущегося противоречия прибегаем к следующему наглядному опыту. Стеклянная банка до краев наполнена водой, а затем отверстие плотно завязано пузырем. Наружная поверхность пузыря тщательно обтерта пропускной бумагой, так что она представляется совершенно сухой. На эту сухую поверхность мы насыпаем порошок мела. Мел — твердое тело, пузырь не содержит отверстий, и, однако, мы вскоре увидим, что этот мел исчезнет, пройдет через пузырь и очутится в растворе, в банке. Для этого не нужно даже дожидаться, чтоб он весь исчез; мы имеем средства — очень чувствительные реактивы, для того чтобы узнавать присутствие в воде известковой соли. Вот, например, эта бесцветная жидкость (щавелево-аммиачная соль) имеет особенность давать с растворимыми солями извести белый осадок. Приливаю его к воде, взятой из банки до опыта, — осадка нет. Беру пробу воды из банки после того, как на ее пузыре лежал несколько времени порошок мела; приливаю реактива — получается обильный белый осадок, вода уже содержит известь — значит, часть мела прошла через пузырь. Этот с первого раза озадачивающий опыт объясняется очень просто. Пузырь, как бы тщательно его ни обтирали пропускной бумагой, только кажется сухим, в сущности же он всегда пропитан жидкостью, которая омывает его изнанку, а эта жидкость была не просто вода, а вода, слегка подкисленная уксусною кислотой. Следовательно, пузырь смочен кислотой, а кислота, как мы знаем, растворяет мел. В каждой точке, где мел соприкасается с влажным пузырем, он растворяется, и раствор этот проходит через пузырь в банку. Все это происходит незаметно для глаза, потому нам и кажется, будто сухое, твердое тело непонятным для нас образом проходит через сухой пузырь. На основании этого опыта заключаем, что если только стенки клеточек увлажнены кислотой, то они легко могут пропу-

скать через себя твердые вещества, растворяющиеся в этой кислоте.

Не происходит ли чего-нибудь подобного с корнями? Для того чтобы доказать возможность подобного явления, необходимо доказать, что поверхность корней представляет кислую реакцию. Для этого стоит только приложить корень к так называемой лакмусовой бумаге, которую химики употребляют для того, чтобы узнавать присутствие кислоты. Синий цвет этой бумаги от действия кислоты переходит в красный. И действительно, кончики корня оставляют на синей бумаге красный след. Существуют указания, что в некоторых случаях эта кислота — та же уксусная, которую мы употребили в нашем опыте. Сверх того, корень, как и всякая другая часть растения, постоянно дышит, то есть выделяет углекислоту; убедиться в этом можно таким же опытом, как мы убедились в дыхании прорастающих семян. А углекислота растворяет многие вещества, нерастворимые просто в воде. Вот, например, вода, в которой взмучен тончайший порошок фосфорно-известковой соли, содержащей, следовательно, два важных питательных вещества для растения. Я пропускаю через эту воду струю углекислоты, и через несколько времени муть исчезает — соль растворилась.

Итак, корни представляют кислую реакцию и выделяют еще углекислоту, а эти кислоты должны действовать растворяющим образом на окружающие частицы почвы, тем более что волоски, как мы видели, приходят в очень тесное соприкосновение, почти срастаются с этими частицами (фиг. 33, D). Но, может быть, вместо всех этих косвенных соображений желательнее было бы непосредственно, на опыте, убедиться в том, что корни оказывают подобное растворяющее действие на твердые частицы почвы. Для этого возьмем тщательно отполированную пластинку из белого мрамора — мрамор по химическому составу тот же мел — и зароем ее на дно плоского цветочного горшка. Посадим в горшок какое-нибудь растение — положим, бобы. Корешки этого боба вскоре достигнут мраморной пластины, расстелются по ней и плотно прильнут к ее полированной поверхности. Если по прошествии нескольких дней мы откопаем пла-

стинку, обмоем, высушим ее и потом взглянем на нее, держа ее против света, то на гладкой, отражающей свет поверхности увидим матовые червеобразные следки. Это — отпечатки корней, которые, прикасаясь к гладкому мрамору своею кислую поверхностью, вытравили в нем свое изображение. Следки эти, конечно, неглубоки, но тем не менее очень явственные¹.

После этого не может быть сомнения, что растение в состоянии заимствовать свою пищу как от растворов, так и от твердых частиц почвы. Факт этот подтверждается еще следующим любопытным опытом. Корень уже достаточно развившегося растения был тщательно обмыт и разделен на две пряди; одна погружена в воду, другая — в почву, которая затем уже не поливалась. Растение, несмотря на то, продолжало развиваться; одною прядью оно сосало воду, другою — отнимало у твердых частиц почвы необходимые питательные вещества.

Наконец, существуют и такие растения, как, например, лишайники, которые в виде пенек или накали поселяются на голой поверхности камней, говорят — даже на поверхности полированного стекла, и разрушают эти вещества, добывая из них необходимую минеральную пищу. Замечательно, что эти растения отличаются изобилием кислот, особенно щавелевой.

Нам остается разрешить последний из трех вопросов, поставленных в начале этой беседы. Почему из разнородных веществ, встречаемых корнями в почве, они притягивают именно те, которые нужны растению? Прежде чем дать ответ на этот вопрос, ознакомимся несколько подробнее с самым фактом. Если в растворе двух солей — скажем, селитры и обыкновенной поваренной соли — воспитывать растение, то вскоре убедимся, что одну из этих солей, именно селитру, корень высосет до конца, другую же, поваренную соль, в которой растение не нуждается, почти не тронет. Подобные факты невольно смущали ученых: казалось, будто корень способен рассуждать, выбирать себе пищу, одно вещество принимать, другое оставлять. Как, в са-

¹ Эти следки можно сделать еще более явственными, если натереть их наскобленным графитом.

мом деле, объяснить эту разборчивость? Не можем же мы допустить в корне особую волю или инстинкт. Объяснение очень просто, и мы им обладаем уже давно. Вспомним только нашу искусственную клетку и ее отношение к железной соли (см. лекцию II). Обе соли, селитра и поваренная соль, легко диффундируют и, следовательно, обе попадут в клеточки корня и оттуда — в остальные части растения. Но дальнейшая участь обеих в растении будет совершенно различна. Селитра в нем разложится, и ее азот послужит для образования белковых и других сложных азотистых органических соединений¹; вследствие этого поступит в растение новое количество селитры, которое вновь превратится в вещество растения, и так далее и далее. Иное дело — поваренная соль: она будет поступать в растение по законам диффузии до тех пор, пока в растении и вне его получится раствор одинаковой крепости; на этом ее поступление в растение и остановится. Если бы случайно ее оказалось в растении более, чем снаружи, то на основании тех же законов диффузии этот избы-

ток выйдет обратно из растения в раствор. Теперь понятно, почему именно те вещества, которые перерабатываются, усваиваются растением, которые ему нужны (как в нашем примере селитра), будут извлекаться из раствора; те же, которые не нужны растению (как в нашем примере поваренная соль), останутся нетронутыми или, правильнее, почти нетронутыми.

Для объяснения разборчивости корня, оказывается, нет надобности прибегать к какой-нибудь разумной воле, к каким-нибудь привычкам, вкусам или инстинкту — для этого достаточно одних законов физики.

На этом мы должны расстаться с корнем, чтобы в следующей беседе перейти к другому органу — листу. Понятно, что в одной краткой лекции нет возможности исчерпать такую богатую и разработанную тему, но, я полагаю, и того, что мы узнали, уже достаточно, чтобы составить себе общую картину жизни корня, который, пробегая в столь ограниченном пространстве свой многоверстный путь, миллионами своих волосков сосет, и точит, и гложет почву, отнимая у нее так скудно рассеянные в ней азот и элементы золы — эти восемь тел, без которых невозможно существование растения.

¹ Мы вправе это утверждать, потому что можем воспитывать растение, доставляя ему только один источник азота — селитру.

ЛИСТ

Значение листа. — Какое питательное вещество поступает через лист? — Отношение листа к углекислоте. — Строение листа. — Выделение кислорода. — Разложение углекислоты в воде. — Наглядная форма этого опыта. — Разложение углекислоты в искусственной смеси газов и в атмосферном воздухе. — Образование углевода (крахмала) в хлорофилловом зерне. — Значение процесса разложения углекислоты с точки зрения превращения энергии. — Питание растения на счет органического вещества. — Грибы и паразиты. — Физиологическая роль листа.

В настоящей беседе мы поставим себе задачей ознакомиться в главных чертах с жизнью листа. Эта задача будет несколько труднее и сложнее предшествовавшей, потому что едва ли о каком органе растения существуют такие неполные и ложные понятия в среде людей, незнакомых с наукой. Ни один растительный орган не испытал на себе человеческой несправедливости в такой степени, как лист. В течение веков, до конца прошлого столетия, человек упорно отказывался видеть в нем прямую пользу. Тогда как польза корня, как органа питания, цветка и семени, как органов размножения, была неоспоримо признана за ними с незапамятных времен, лист продолжал пользоваться легкомысленною славой пышного, но бесполезного наряда; много-много, если в нем соглашались видеть орган для извержения вредных испарений. А между тем, как мы вскоре увидим, лист, так же как и корень, необходим для питания растения; мало того, он-то именно и доставляет главную, в количественном и качественном отношении, пищу растению; можно сказать, что в жизни листа выражается самая сущность растительной жизни, что растение — это лист.

Неверность так долго господствовавшего воззрения на лист и его значение вполне объясняется своеобразием процессов питания, совер-

шающихся в этом органе и несколько не похожих ни по природе пищи, ни по способу ее принятия на явления питания в животном организме, которые невольно представляются уму, когда мы употребляем это выражение. Но потому именно эти процессы составляют наиболее характеристическую особенность растения, как мы сказали, самую сущность растительной жизни.

Какие же вещества принимает лист? Что служит ему пищей? Ответ на это у нас уже отчасти готов. Очевидно, те вещества, которые, входя в состав растения, не доставляются ему корнем.

Мы видели, что из одиннадцати перечисленных элементов (двенадцатый, кремний, не оказался необходимым) семь элементов золы: фосфор, сера, хлор, калий, кальций, магний и железо, а также азот — поступают через корень. Кроме того, тем же путем поступает вода — значит, водород и кислород. Остается *углерод*, эта основа всякого органического вещества. О нем в наших искусственных культурах мы несколько не заботились, воспитывая растения, содержащие в тысячи, в десятки тысяч раз более углерода, чем его было во взятом для опыта семени. Ведь углерод составляет количественно самую важную часть растения (около 45%), и, однако, этого вещества мы не только не доставляли корням, но даже систематически его изгоняли из

окружающей их среды. Значит, растение может жить, не получая углерода через корень. Другой вопрос: получает ли оно его этим путем в действительности, то-есть при естественных условиях существования? Понятно, что сказать: растение *может не получать углерода* корнями — не значит еще сказать: растение *не может получать* углерода корнями, хотя эту ошибку делают нередко. До настоящего времени не доказано, чтобы растение не могло заимствовать свой углерод и от органического вещества почвы. Обсуждение этого вопроса завлекло бы нас слишком далеко, да и к тому же он представляет мало интереса, так как нетрудно показать, что если б этот углерод и принимал участие в жизни растения, то это участие должно быть ничтожно и едва ли заслуживает внимания. В самом деле, если бы растение извлекало свой углерод исключительно или даже главным образом из органического вещества почвы, то почва, покрытая растительностью, продукты которой так или иначе удаляются, должна бы со временем становиться беднее перегноем; но ежедневный опыт учит, что, наоборот, почва под полем, лугом или лесом становится богаче перегноем. При культуре в поле мы ежегодно вывозим с поля более органического вещества в виде жатвы, чем вносим в почву в виде удобрений, и, однако, почва, тщательно унавоживаемая, становится богаче перегноем. Очевидно, что растение в итоге не только не извлекает из почвы, но даже вносит в нее органическое вещество; значит, во всяком случае, главный источник углерода растения находится не в почве. А если не в почве, то, значит, в воздухе; а если в воздухе, то он, вероятно, принимается органом по преимуществу воздушным — листом. Посмотрим, какой же это источник углеродистой пищи существует в воздухе и как принимается он растением.

Атмосферный воздух, кроме азота и углерода, содержит еще очень небольшое количество углекислоты — несколько десятитысячных. Эта углекислота состоит из углерода и кислорода. Следовательно, этот бесцветный газ, ничем по виду не отличающийся от воздуха, содержит частицы угля. Хотя я убежден, что никто не сомневается в справедливости этого факта, но тем

не менее во всяком факте следует по возможности убеждаться собственными глазами, а на этот раз это легко осуществить. Для того чтоб обнаружить присутствие углерода в углекислоте, необходимо отнять у нее кислород. Этого можно достигнуть, заставив кислород соединиться с каким-нибудь телом, обладающим еще большим к нему сродством. Таков, например, металл магний, проволока из которого сгорает, распространяя ослепительный свет. Зажигаю проволоку и опускаю ее в стеклянную банку, заключающую обыкновенный воздух; проволока сгорает, и на дно падает совершенно белая зола — это магnezия, соединение металла магния с кислородом. Повторяю тот же опыт, но на этот раз погружаю горящую проволоку в сосуд с углекислотой; теперь она уже вынуждена добывать себе кислород, отнимая его у углерода, и этот последний должен обнаружиться. И действительно, на этот раз проволока горит не тихо, а с треском, как бы с целым рядом маленьких взрывов, и на стенках стеклянного сосуда осаждается черная копоть. Это — освободившийся углерод.

Итак, в атмосферном воздухе, в невидимой для глаза форме, постоянно присутствует громадный запас углерода.

Углекислота содержится и во всякой воде, находящейся в соприкосновении с атмосферным воздухом. Отсюда и заимствуют ее подводные растения. На этих или вообще на погруженных в воду листьях хотя бы и не водяных растений всего удобнее убедиться в существовании обмена между листом и растворенным в воде газом. Вот несколько опытов, которые легко произвести в любое ясное, солнечное утро.

Нарвем побольше листьев и, не дав им завянуть, поместим их под стеклянный колокол, наполненный доверху водой и опрокинутый в стеклянный же сосуд (фиг. 34). Понятно, мы проделываем это в ведре с водой, в которое удобно погрузить и колпак и сосуд. Если вода была взята обыкновенная, а еще лучше, если через нее до опыта пропусклась углекислота, то, выставив наш прибор на свет, мы увидим вскоре, что нижняя поверхность листьев покроется серебристым слоем (пузырьками). Если мы оставим его еще долее, то в верхней части колокола наберется значительное количество газа, а избыток воды

будет вытеснен в наружный сосуд, как это изображено на фигуре 34.

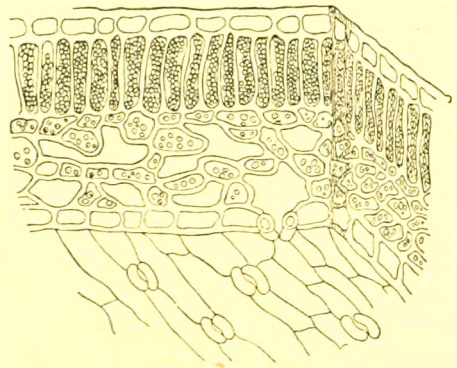
Повторим рядом тот же опыт, но с водою, прокипяченною или только не содержащею углекислоты. Заметим, что пузырьков газа не будет появляться. Делаем вывод: листья выделяют газ, но только тогда, когда вода содержит углекислоту.

С первого взгляда поражает, почему пузырьки выделяются только с нижней стороны листа, но явление это станет понятным, как только мы познакомимся с микроскопической анатомией листа.

В каждом листе, или, правильнее, собственно в его пластине, мы различаем по виду две различные части, при более же тщательном исследовании — три. Две части, бросающиеся в глаза, — это нервы, или жилки, а в промежутках между ними — листовая мякоть. При тщательном анатомическом исследовании убеждаемся, что верхняя и нижняя поверхность покрыта еще особою тканью — кожицей, которая легко отстает, так что при известной обработке листа, именно — давлению вылежаться в воде, мы можем распластать его на три слоя: верхнюю кожицу, среднюю часть и нижнюю кожицу. Из этой средней части, состоящей из жилок и мякоти, мякоть можно удалить, постукивая осторожно мягкой щеточкой, и тогда получаем изящную, тонкую и прозрачную, как паутина, сетку этих жилок, или нервов. О значении этой части листа мы будем



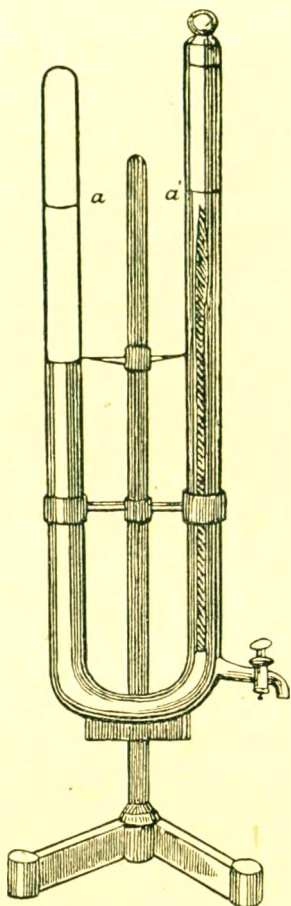
Фиг. 34.



Фиг. 35.

говорить впоследствии, а пока обратим внимание исключительно на мякоть и кожицу. Кожица состоит из одного слоя клеток, расположенных в одной плоскости; мякоть же образует рыхлую, губчатую ткань со значительными промежутками, наполненными воздухом. Потому листья плавают на воде, но если из них под водой выкачать воздух, то они потонут и в то же время сделаются более темными, прозрачными¹; это зависит от того, что воздух в промежутках между клеточками замещен водой. После этих предварительных объяснений нам станет понятен этот рисунок, изображающий в увеличенном и несколько схематическом виде четырехугольный кусочек, выкроенный из листа где-нибудь в промежутке между жилками (фиг. 35). Здесь видны две плоскости разреза — долевая и поперечная — и нижняя поверхность листа. Мякоть состоит из клеточек двоякого рода: в верхней части листа они имеют столбчатый вид и расположены наподобие частокола, вертикально к поверхности листа; в остальной части листа — клеточки разнообразной и неправильной формы, оставляющие между собой значительные промежутки. Все клеточки мякоти, но в особенности столбчатые, содержат мелкие зеленые крупинки; к ним мы вернемся позднее, здесь же только кстати заметим, что лист, равно как и все зеленые растения, сам по себе бесцветен и своим цветом обязан этим крупинкам. Такова мякоть листа. Кожица, которую мы видим здесь и в плос-

¹ Они кажутся темными, если смотреть на них в отраженном свете, и прозрачными, если смотреть сквозь них в проходящем свете. Ред.



Фиг. 36.

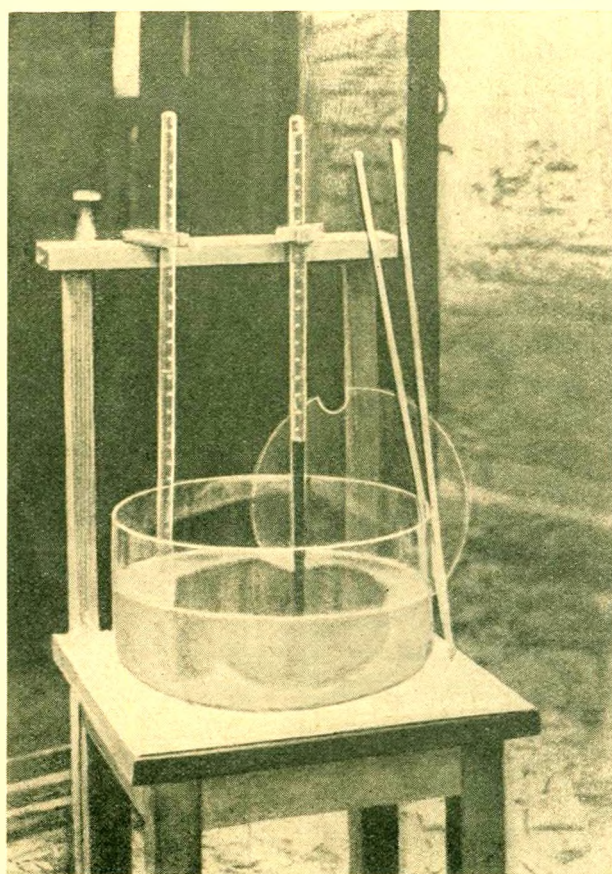
кости и в разрезе, состоит из плоских, продолговатых, почти табличных клеточек. Между этими клеточками на нижней поверхности разбросаны какие-то особой формы органы, — один из них пришелся на краю разреза и перерезан пополам. Мы видим, что он состоит из двух изогнутых дугой клеточек, окаймляющих продолговатую щель. Это, следовательно, отверстия-отдушины в нижней коже, ведущие во внутренность листа. Органы эти получили название устьиц. Число их громадно; так, на одном листе липы их более миллиона, и эта цифра не должна возбуждать недоверия, потому что способ вычисления очень прост и точен. Присутствие этих органов преимущественно на нижней поверхности листьев объясняет нам, почему в большей части случаев в опытах, подобных выше нами описанным, выделение газа наблюдается на нижней поверхности листьев. Об этих устьицах нам еще придется поговорить.

Посмотрим теперь, какой же это газ выделяется из листа, когда на него действует солнечный свет. Для этого стоит подождать, пока под колпаком (фиг. 34) наберется достаточное количество газа, и тогда, соблюдая некоторые предосторожности, вынув пробку, просунуть в горлышко едва тлеющую лучинку; она мгновенно вспыхнет и будет гореть, разбрасывая искры. Это несомненный признак кислорода; следовательно, воздух, выделенный листьями, — кислород, или очень богат этим газом. Но мы уже видели, что опыт идет успешно только тогда, когда в воде растворена углекислота. Рождается вопрос, не существует ли прямой связи между присутствием углекислоты и появлением кислорода. Наш опыт, очевидно, не дает на него прямого ответа. Для того чтобы узнать участь углекислоты, возьмем прибор, состоящий из трубки подковообразной формы (фиг. 36), с одним коленом глухим, а другим — закрывающимся притертой пробкой¹. В трубку наливаем воды и пропускаем углекислоту так, чтобы она занимала в левом глухом колене пространство до подвижного значка, прикрепленного к стативу (как показано на чертеже). В правое, открытое колено погружаем длинный лист злака и, долив колено водой до самого края, закрываем пробкой так, чтобы под нею не осталось ни малейшего пузырька воздуха. Затем выставляем прибор на свет. Обнаруживается уже знакомое нам явление: лист покрывается мельчайшими пузырьками; пузырьки, достигнув известной величины, поднимаются в верхнюю часть трубки; там накапливается заметное и постоянно увеличивающееся количество газа. Между тем как объем газа в правом колене будет расти, в левом — объем углекислоты будет уменьшаться. Когда уровень воды в правом будет при *a'*, в левом он будет уже при *a*. Газ в правом колене — очевидно, кислород, но для большей уверенности мы можем вынуть пробку и испробовать его лучинкой. Убедившись, что это кислород, вновь доливаем трубку водой, вновь повторяем опыт. Снова появится известное количество кислорода, а в другом колене исчезнет соответствующее количество углекислоты. Мы знаем,

¹ Так называемый прибор Гофмана, очень употребительный при наглядном преподавании химии.

что это углекислота, потому, что сами ее туда пропустили, но для большей убедительности после нескольких подобных опытов, вновь доливая правое колено водой, закрываем пробкой и, оборотив всю трубку, переводим остаток газа из левого колена в правое. Если затем мы испробуем этот газ, то убедимся, что не только тлеющая лучина не будет вспыхивать, но даже горящая будет тухнуть. Значит, этот газ был и остался углекислотой. Ход опыта легко понять: углекислота в левом колене постоянно растворяется в воде, но этот раствор ее при действии листа в правом колене разлагается и выделяет кислород. Вследствие этого растворяется новое количество углекислоты и т. д. Этот опыт доказывает нам, правда не в особенно точной, но зато очень наглядной форме, тот факт, что углекислота, проходя из одного колена в другое *мимо листа*, превращается в кислород, то-есть разлагается, и при этом объемы исчезающей с одного конца углекислоты и появляющегося с другого конца кислорода приблизительно равны. Так как химия учит нас, что при сгорании углерода в кислороде, при образовании углекислоты, известный объем кислорода образует равный объем углекислоты, то оказывается, что в нашем опыте углекислота разлагается начисто, весь кислород ее выделяется, а весь углерод остается в растении.

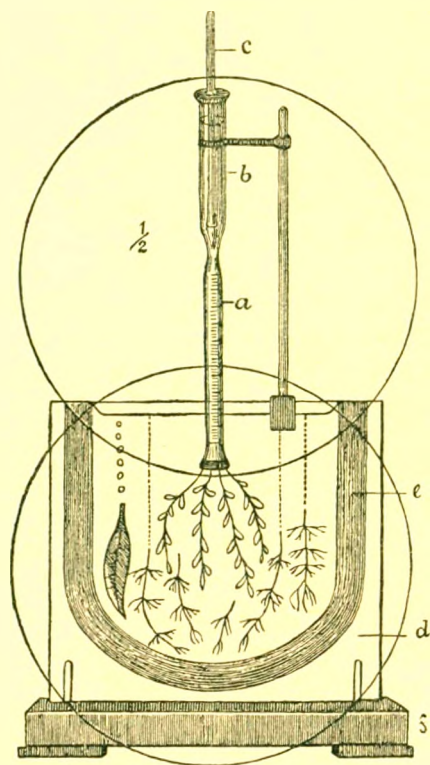
Тот же опыт еще нагляднее можно сделать над одним листом, над большим плавающим листом белой водяной лилии или желтой кувшинки. Эти водяные растения имеют ту особенность, что устьица у них распределены на верхней, сообщающейся с воздухом поверхности их плавающих листьев, а воздушные полости, находящиеся под устьицами, сообщаются с такими же полостями пластины и длинного черешка. Помещаем такой лист в широкий сосуд с водою так, чтобы пластина плавала на поверхности, а черешок пропускаем в длинную, наполненную водою трубку с делениями. Как только мы поставим трубку вертикально, из среза черешка начнут выделяться пузырьки, и трубка быстро наполнится воздухом, пока вода в ней установится на том же уровне, как и в широком сосуде. Это выделение воздуха, поступающего в устьица и выделяющегося из среза черешка, доказывает,



Фиг. 37.

что пока уровень воды в трубке выше, чем в наружном сосуде, давление на этот срез менее воздушного. Наполнив снова трубку водою и вдвинув в нее черешок, пластину погружаем под воду и загружаем ее стеклянной пластинкой с вырезом для черешка (другая такая пластинка показана на рисунке справа от широкого сосуда, фиг. 37). Для первого опыта мы возьмем воду прокипяченную, не содержащую, следовательно, углекислоты. При этом мы ничего не заметим. Тогда приливаем воды, содержащей углекислый газ (например обыкновенной сельтерской), и покрываем широкий сосуд папкой так, чтобы на лист не падало солнечного света, — и снова ничего не замечаем. Но как только мы снимем папку и солнечный свет упадет на пластину, из среза черешка побежит вереница крупных пузырьков воздуха. Набравшийся воздух мы можем измерять, для чего трубка и снабжена делениями.

Из того, что мы уже знаем, мы заключаем, что этот газ, выделяющийся только в присутствии углекислоты и только под влиянием света, должен быть кислород. Осторожно вытянув из трубки черешок, мы закрываем пальцем ее отверстие и опрокидываем ее, заботясь, чтобы отверстие оставалось все время закрытым. Берем узкую прямую лучинку — особенно удобно для



Фиг. 38.

этого распаривать деревянные шторы, — две такие лучинки показаны на рисунке. Зажигаем ее и гасим так, чтобы на конце остался тлеющий уголек. Отнимая осторожно палец, закрывающий отверстие трубки, вводим в нее тлеющую лучинку. Она вспыхивает с легким треском ярким белым пламенем; это — признак кислорода или, во всяком случае, смеси, более богатой кислородом, чем воздух. Вытянем осторожно лучинку из трубки, быстро закрыв ее отверстие пальцем. Снова зажигаем и гасим лучинку, и пока на ней еще сохраняется красный уголек, вновь вводим ее в трубку; она снова вспыхивает, — и так хоть до десяти раз, пока не истощится избыток кислорода. Таким образом, на одном листе и в не-

сколько минут можно доказать тот основной факт, что, выставленный на солнечный свет, он превращает углекислоту в кислород¹.

При помощи очень распространенного в последние годы прибора, так называемого *сциоптика*, то-есть усовершенствованного волшебного фонаря, мы можем во всякое время показать это явление разложения углекислоты растением целой обширной аудитории, прокладывая на экране увеличенное изображение растения и трубки, в которой производится исследование выделенного растением газа. Вот одна из наиболее наглядных форм этого опыта (фиг. 38). Стекло- ванночка, состоящая из подковообразной согнутой стеклянной палочки (с) и двух зеркальных стекол (d), представляет нам маленький аквариум, населенный обыкновенными водяными растениями. Если мы располагаем достаточно сильным источником света, солнечным, электрическим или даже Друммондовым², то можем отбросить на экране изображение этого миниатюрного аквариума (уменьшенного на фиг. 38 в два раза) величиною в сажень и более, и во всех местах, где стебельки или черешки листьев перерезаны, заметим любопытное явление выделения кислорода растением, разлагающим углекислоту³. Для этого, конечно, вода должна содержать углекислоту, а свет должен быть достаточно ярким; в отсутствии этих двух условий выделения пузырьков не будет заметно, но зато, когда свет достаточно силен (солнечный или электрический), они устремляются вереницей наподобие четок. Остается убедиться, что этот газ состоит из кислорода, или, правильнее, очень богат кислородом, так как он всегда содержит примесь других газов, растворенных в воде. Для этого концы не-

¹ Советскими биологами решен вопрос о происхождении кислорода, выдыхаемого растениями. Во времена Тимирязева считалось, что кислород получается в результате разложения углекислоты, поглощаемой растениями из воздуха, но способ меченых атомов доказал, что он образуется из воды, взятой растением из почвы. Углекислота же целиком остается в растениях, соединяясь с другими веществами и прежде всего с водой. *Ред.*

² Друммондов свет — яркий белый свет, испускаемый известковым цилиндром при накаливании в пламени гремучего газа (смесь кислорода с водородом).

³ Водяные растения в своих подводных частях лишены устьиц, но снабжены внутренними воздушными полостями, куда и поступает кислород, выделяющийся затем пузырьками из случайных отверстий.

скольких веточек подводим под расширенное отверстие трубочки с делениями (а), наполненной, так же как и ванна, водой, собираем в ней выделяющийся газ. В перетянутой своей части трубка эта плотно закрыта притертым, как пробка, концом стеклянной палочки (с), проходящей через всю воронкообразную расширенную верхнюю часть трубки (b). Когда газа набралось достаточно, мы приступаем к его исследованию¹. Он может состоять из кислорода, выделенного растением, а также из атмосферного воздуха и углекислоты, растворенных в воде и, следовательно, могущих проникнуть и в полости растения. Приливаем в воронкообразную часть трубки раствора едкой щелочи и осторожно приподнимаем палочку так, чтобы щелочь проникла в нижнюю часть, снабженную делениями. Щелочь, как мы уже знаем, поглощает углекислоту². Если вначале в трубке было, например, 50 делений газа, то после поглощения углекислоты его останется, скажем, 48 делений. Тогда в воронку приливаем другого вещества — раствора так называемой *пирогалловой* кислоты, который имеет свойство поглощать кислород, причем окрашивается в темнотный цвет. Приподнимаем палочку, и как только первые капли этой жидкости проникнут в трубку и придут в соприкосновение с заключающимся в ней газом, они окрасят жидкость, и объем газа начнет быстро сокращаться. Наконец вместо 48 долей останется каких-нибудь 15. Этот остающийся газ — азот. Значит, кислорода было всего 33 части. Но вместе с 15 частями азота в виде атмосферного воздуха могло проникнуть не более 5 частей кислорода, так что 28 делений приходится на долю кислорода, выделенного растением вследствие разложения углекислоты.

При помощи описанного прибора и располагая электрическим светом, мы получаем в первый раз возможность это явление, совершающееся в природе только днем и в теплую пору года, показать в темный зимний вечер целой аудитории так же просто, как показываем на экране какой-нибудь рисунок. Само собою по-

нятно, что прибором этим можно пользоваться и без фонаря, как простым и удобным приемом исследования.

До сих пор мы занимались изучением разложения углекислоты растениями, погруженными в воду; такая форма опыта наиболее удобна для первоначального ознакомления с этим явлением, так как делает вполне наглядным выделение газов растением; нам необходимо теперь проверить, происходит ли подобное разложение и в соприкосновении листа с воздухом, содержащим углекислоту.

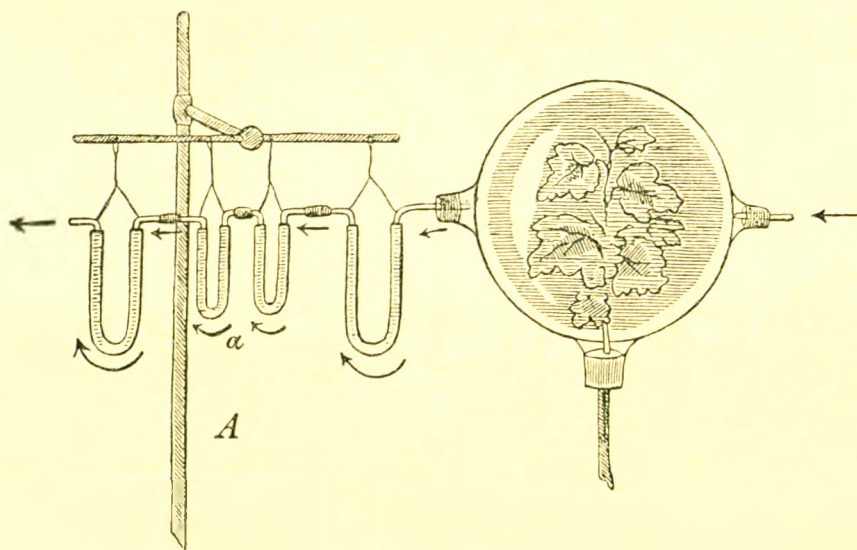
Вот наиболее простая и грубая форма подобного опыта — та самая, в которой это явление было в первый раз обнаружено сто лет тому назад знаменитым Пристли. Берем стеклянную банку (как на фиг. 34), наливаем на дно ее немного воды и ставим небольшой зажженный огарок (само собою понятно, такой величины, чтобы он торчал из воды). Накрываем этот огарок таким же стеклянным колоколом, как на фигуре 34, так, чтобы он погружался краем в воду на дне банки. Таким образом, воздух под колоколом будет замкнут, отделен от внешней атмосферы слоем воды. Некоторое время огарок будет продолжать гореть под колоколом и затем потухнет. Значит, под колоколом недостает более кислорода для поддержания горения, он заменен углекислотой, образовавшейся вследствие горения. Если бы теперь мы ввели под колокол (через горлышко) горящую лучину, то она, очевидно, потухла бы, как и огарок. Но если мы осторожно пропустим под колокол через воду зеленую ветвь или несколько листьев и выставим весь прибор на продолжительное время на свет, то убедимся, что после того горящая лучина будет продолжать гореть и под колоколом — значит, в нем вновь появился кислород, которого прежде не было. Растение, очевидно, превратило в кислород углекислоту, образованную горением свечи. Тот же опыт мы могли бы сделать и в другой форме: вместо свечи мы могли бы посадить под колокол мышь; когда она задохлась бы, мы имели бы доказательство, что под колоколом недостает кислорода для дыхания. Введя под него зеленую ветвь и выставив на солнце, мы сделали бы этот воздух вновь годным для дыхания, возвратив ему кислород.

¹ Круги фигуры представляют светлое поле, которое дает волшебный фонарь; для получения более значительного увеличения мы рассматриваем весь прибор в два приема.

² См. третью лекцию — о дыхании семени.

Во всех до сих пор описанных опытах мы довольствовались одним качественным изучением явления превращения углекислоты в кислород при содействии растения или только приблизительно оценкой отношений между исчезающей углекислотой и появляющимся кислородом. Наука обладает и несравненно более точными количественными методами для изучения этого явления, но их описание было бы здесь неуместно, так как для этого пришлось бы вдаваться в технические подробности. Скажу только, что для

Еще один относящийся сюда вопрос заслуживает нашего внимания. Мы убедились на опыте, что растения разлагают углекислоту, которую мы им доставляли в наших приборах, но, спрашивается, вправе ли мы заключить из этих опытов, что и при естественных условиях растение может разлагать углекислоту воздуха? Вспомним, что при наших опытах мы доставляем растению довольно значительное количество углекислоты, обыкновенно несколько процентов, а в воздухе ее находится всего несколько десятитысячных.



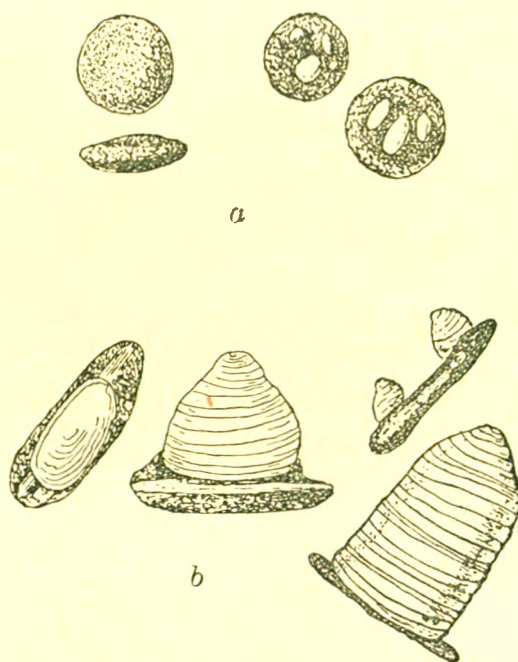
Фиг. 39.

этого мы пользуемся уже знакомым нам свойством углекислоты — поглощаться едкими щелочами. Положим, что мы доставляем растению или отдельному листу в замкнутом стеклянном сосуде — в стеклянной трубке с делениями — известное количество углекислоты и выставляем на свет. После опыта мы при помощи едкой щелочи определяем, сколько углекислоты осталось в трубке. Зная, сколько взято было углекислоты и сколько осталось в остатке, узнаем, сколько углекислоты исчезло, то-есть разложилось, заменилось кислородом.

Этим путем можно было разрешить множество любопытных вопросов, как, например, какое содержание углекислоты в воздухе наиболее благоприятно для растения. Оказалось, что около 8%; свыше этого количества она, повидимому, начинает действовать на растение уже вредно.

Может показаться маловероятным, чтобы растение было в состоянии разыскать и усвоить так скудно рассеянные в воздухе частицы угольной кислоты. Для разрешения этого вопроса известный французский ученый Буссенго сделал следующий опыт. Берем большой стеклянный шар с тремя отверстиями (фиг. 39), через нижнее отверстие которого пропущена в шар покрытая листьями ветвь винограда, сохранившая связь с лозой — следовательно, находящаяся в совершенно нормальных условиях. При помощи какого-нибудь засасывающего прибора (так называемого *аспиратора*, описание которого сюда не относится) через стеклянный шар и сообщающийся с ним прибор, который во всей его совокупности мы пока будем обозначать буквой А, постоянно, медленно протягивается струя наружного воздуха, как это показано стрелками. В за-

сасывающем воздух приборе мы измеряем, сколько пропущено воздуха через шар в течение всего опыта. Сделав анализ воздуха в месте, где производится опыт, мы узнаем, сколько в нем заключается углекислоты. Зная, сколько воздуха пропущено через шар с растением, зная, сколько этот воздух содержал углекислоты, мы узнаем, какое количество углекислоты вошло в шар. Остается определить, сколько ее вышло из шара, чтобы узнать, сколько исчезло, то-есть разложено листьями. Для этой последней цели и служит прибор А. Опишу вкратце его значение опуская опять технические подробности, так как имею в виду объяснить только основную мысль опыта, а не приемы исследования. Существенная часть этого прибора состоит из двух коленчатых стеклянных трубочек (а), через которые проходит струя всасываемого воздуха и которые предназначены для поглощения углекислоты. Для этого одна из них содержит едкую щелочь в виде мелких кусочков. Если едкая щелочь поглотит углекислоту, то станет тяжелее; следовательно, стоит только, отцепив часть прибора, означенную буквой а, взвесить до опыта и после опыта. Прибыль в весе покажет нам количество углекислоты, оставшейся в воздухе после выхода из шара. Оказалось, что при благоприятных условиях освещения из шара выходил воздух, почти лишенный углекислоты. Следовательно, проходя над зеленою поверхностью освещенного растения, воздух оставляет в нем почти всю свою углекислоту, несмотря на то что частицы ее так редко рассеяны в атмосфере, можно сказать — теряются в массе других ее составных частей. Этот результат станет нам более понятен, если мы вспомним диффузию углекислоты в нашу искусственную клеточку¹. Тогда углекислота сама вторгалась в клеточку потому только, что ее там не было, но и в листе она постоянно разлагается, как бы бесследно исчезает, и потому должна на основании законов диффузии замещаться все новыми и новыми количествами из атмосферы. Классический опыт Буссенго был произведен более чем полвека тому назад и вследствие его хлопотливости почти не повторялся. В последние годы английский ученый Горас Броун организовал



Фиг. 40.

целый ряд таких опытов в еще более совершенной форме, благодаря чему ему удалось устранить и остальные сомнения. Так, все еще представлялось непонятным, каким образом растение, несмотря на ничтожность общей площади сечения микроскопических отверстий своих устьиц, успевает вычерпывать из атмосферы так скудно содержащуюся в ней углекислоту. Оказалось, что благодаря особенностям в диффузии газов (обнаружившимся в первый раз в этих опытах Броуна) углекислота проникает через эти отверстия почти в таких же количествах, как если бы поглощение совершалось всею поверхностью листа. Это дало Броуну повод к остроумной шутке, что растение обладает, повидимому, более обширными сведениями по физике, чем мы готовы допустить. Оказалось также, что при увеличении содержания углекислоты от обычных $\frac{2}{10000}$ до $\frac{1}{1000}$ и количество ее, разлагаемое растением, возросло почти в пять раз, из чего мы с еще большею уверенностью, чем прежде, можем заключить, как успешно растение может использовать атмосферную углекислоту, доступную ему в таких, казалось бы, неувольнимых количествах.

¹ См. вторую лекцию.

Приходя в соприкосновение с зеленою, освещенною солнцем поверхностью растения, углекислота разлагается, ее кислород освобождается, а углерод слагается в растении. Постараемся теперь проследить дальнейшую судьбу этого углерода в растении. Для этого обратимся опять к микроскопу. Все без исключения наблюдения и опыты над этим явлением приводят к заключению, что процесс этот происходит только в зеленых частях растения. Если орган не зеленый, то мы можем безошибочно сказать, что он не разлагает углекислоты, а если же он ее разлагает, то он наверно содержит зеленое вещество, скрытое, замаскированное другими красящими началами. Эти зеленые зерна, с которыми мы познакомились, говоря о листе, этот так называемый *хлорофилл* представляет нам орган, в котором совершается процесс разложения углекислоты. Вне его в растении не происходит усвоения углерода.

Посмотрим, что же мы знаем об этом хлорофилле.

Он встречается в клеточках, как мы уже видели, в форме крупинок, а также в форме палочек (фиг. 40)¹, лент (фиг. 58) и проч. Если мы выдержим какое-нибудь растение несколько времени в темноте и затем будем наблюдать под микроскопом эти крупинки, то их строение представится нам совершенно однообразным²; внутри их не будет заключаться никаких отложений (фиг. 40, *а*, влево). Но если мы затем выставим растение на свет, в обыкновенном воздухе или воде, то увидим, что по прошествии известного времени, иногда нескольких минут, в них покажутся мелкие зернышки (фиг. 40, *а*, вправо). У некоторых растений зернышки эти с течением времени увеличиваются, выставляются наружу и продолжают расти своею частью, прилегающею к хлорофилловой крупинке (фиг. 40, *б*). В та-

ком случае они проявляют слоеватое строение, характеристическое для зерен крахмала. Мы узнаем в них крахмал, но для этого нам нет необходимости даже дожидаться, чтоб они выросли; в зернышке, только что появившемся в виде точки, мы уже можем узнать крахмал, если прибегнем к знакомой нам микроскопической реакции, если окрасим ее в синий цвет иодом.

Значит, в крупинке хлорофилла образуется крахмал, который продолжает расти в точках соприкосновения с хлорофиллом. Мы легко можем доказать, что это образование крахмала находится в связи с разложением углекислоты, что оно является его результатом. Во-первых, когда атмосфера или вода не содержит углекислоты, крахмала в хлорофилле не образуется; во-вторых, в темноте его также не образуется — следовательно, для образования его в хлорофилле необходимо присутствие углекислоты и условие ее разложения, то-есть свет.

Мы еще более убеждаемся в том, что крахмал и есть то искомое вещество, которое образуется из углерода углекислоты, когда припомним его состав. Он может служить типическим представителем углеводов, а в таком случае мы можем объяснить себе его происхождение следующим образом. В клеточках есть всегда вода; но если от воды и углекислоты отнять весь кислород этой последней, то в остатке получится углевод, то-есть как бы соединение углерода с водой. Таковы известные нам факты; но должно заметить, что наши сведения по этому предмету еще далеко не полны. Мы знаем, что клеточка получает углекислоту и воду, выделяет кислород, образует углевод; знаем, что эти процессы находятся в необходимой причинной связи, совершаются в том же хлорофилловом зерне и следуют один за другим с поразительною быстротой. Но как это происходит: откуда берется кислород, весь ли из углекислоты или частью из воды, что даже вероятнее, и не предшествует ли образованию крахмала образованию других, более простых, а может быть, и более сложных соединений, — ничего этого мы пока в точности не знаем, и здесь, конечно, не место вдаваться в гадательные толкования этих явлений, не разъясненных еще вполне наукой.

¹ Фигура 40, *а* — крупинки хлорофилла, влево — без крахмала, вправо — с крахмалом; *б* — палочки хлорофилла с последовательными стадиями образования крахмала.

² Зерна, или крупинки, хлорофилла состоят не только из хлорофилла. Его там всего около 6%. Остальная часть каждого зерна представляет бесцветное вещество, сходное с плазмой и способное к делению. Оно нерастворимо в спирту, и потому после растворения хлорофилла зерна не исчезают, а лишь обесцвечиваются. Поэтому в настоящее время для избежания недоразумений их предпочитают называть не зернами хлорофилла, а хлоропластами. *Ред.*

Как бы то ни было, наблюдая эти процессы разложения углекислоты и образования крахмала, мы не должны забывать, что присутствуем при одном из важнейших явлений в жизни не только листа, не только растения, но всего органического мира. Это превращение простых неорганических веществ, углекислоты и воды, в органическое, в крахмал, есть единственный существующий на нашей планете естественный процесс образования органического вещества. Все органические вещества, как бы они ни были разнообразны, где бы они ни встречались, в растении ли, в животном или человеке, прошли через лист, произошли из веществ, выработанных листом. Вне листа, или, вернее, вне хлорофиллового зерна, в природе не существует лаборатории, где бы выделялось органическое вещество. Во всех других органах и организмах оно превращается, преобразуется, только здесь оно образуется вновь из вещества неорганического.

Из этого крахмала образуется, например, растворимый сахар, который, странствуя из клеточки в клеточку, достигает отдаленнейших частей растения; из этого сахара образуется клетчатка, этот твердый остов растения; наконец, из этого же сахара и неорганического вещества — аммиака — могут образоваться самые сложные органические вещества — белковые.

Итак, в листе усваивается углерод, происходит процесс образования углеродистого органического вещества, снабжающий им не только растение, но и все животное царство; мы, значит, доискались до источника углерода в растении и разъяснили, как он проник туда. Этим разъясняется первая сторона явлений питания; нам теперь известно, откуда и каким путем берутся все элементы, входящие в состав растения; углерод был последним из них.

До сих пор мы рассматривали деятельность листа и вообще растения исключительно с химической точки зрения — с точки зрения превращения вещества. Исходя из основного закона химии, что вещество не создается, не исчезает, мы старались разыскать источники этого вещества, пути, которыми оно проникает в растение,

и те превращения, которые оно при этом испытывает.

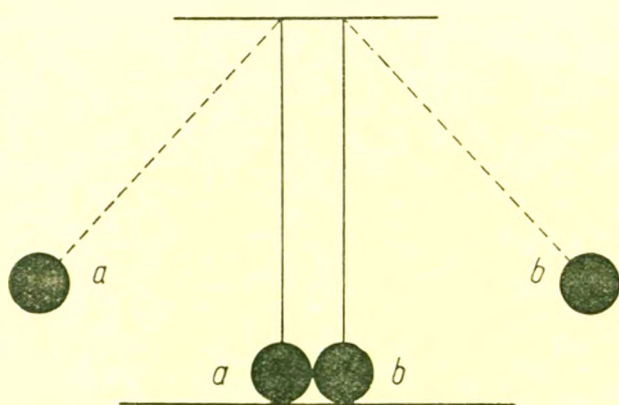
Но растительное тело представляет нам не только вещество, но в то же время запас, как бы склад силы, например тепла. Одним семенем березы, сжигая его, мы не согрели бы даже на минуту озябших рук; столетнюю березой мы протопили бы несколько дней нашу печь. Следовательно, в березе в течение ее жизни накопился запас тепла, которым мы пользуемся как теплом же или как источником механической силы.

Рождается вопрос: откуда же взялось это тепло, эта сила? Это тот же вопрос, который мы ранее сделали относительно вещества. Как тогда он предполагал в нас убеждение, что вещество не исчезает, не создается, так и теперь мы должны быть наперед убеждены, что и сила не создается, не исчезает. И действительно, как химики в прошлом столетии пришли к убеждению в неуничтожаемости вещества, так физики в настоящем пришли к убеждению в сохранении силы. Силы природы могут бесконечно видоизменяться, превращаясь одна в другую или скрываясь, переходя в состояние напряжения, но никогда не уничтожаясь, не возникая вновь. Для обозначения этих двух состояний силы — явной, обнаруживающейся в явлениях движения, и скрытой, таящейся в виде напряжения — мы употребляем более общее выражение — *энергия*.

Спрашивается, какое же это скрытое состояние энергии, то-есть теплоты, в наших дровах и откуда взялась эта теплота, так как она не могла возникнуть сама собою? Для того чтобы выяснить это, мы должны вновь взглянуть на знакомые нам химические явления, совершающиеся в листе, но с чисто физической точки зрения — с точки зрения совершающегося здесь превращения энергии.

Все химические явления могут быть разделены на две категории: на такие, при которых *появляется, освобождается* теплота, свет, электричество — одним словом, энергия, и на такие, при которых, наоборот, *поглощается, скрывается* энергия.

Первые явления совершаются сами собою или нуждаются в ничтожном толчке для того, чтобы совершиться; вторые, наоборот, *нуждаются* в по-



Фиг. 41.

стороннем источнике энергии, которая при этом затрачивается, поглощается.

К числу первых принадлежит большая часть явлений химического соединения, к числу последних — большая часть явлений химического разложения.

Простейшим примером химического соединения может служить соединение с кислородом, то-есть *горение*; простейшим примером разложения — явление, обратное горению, то-есть отнятие у тела кислорода, так называемое *восстановление*.

То, что происходит при химическом соединении и разложении, при горении и восстановлении, мы можем пояснить себе наглядным образом при помощи следующей простой модели, состоящей из двух свинцовых шариков, подвешенных на ниточках (фиг. 41).

Причина всякого химического соединения (фиг. 41) лежит в том, что разнородные тела одарены стремлением, своего рода тяготением друг к другу. Это стремление мы называем химическим сродством. Частицы углерода и кислорода стремятся навстречу друг другу, как вот эти шары (*a* и *b*), если я их раздвину и предоставлю самим себе. Но мы знаем, что при ударе тел развивается теплота, а иногда и свет. Теплота и свет, развивающиеся от удара, от невидимых столкновений между частицами углерода и водорода с частицами кислорода, и есть та теплота и тот свет, которые мы наблюдаем в горящем пламени.

Мы усматриваем, таким образом, причину, по-

чему химическое соединение идет само собою и почему при этом развивается теплота. Соединяясь, химические элементы только повинуются своему взаимному стремлению, как наши падающие шары, а столкнувшись, от удара нагреваются, освобождают теплоту.

Совсем иное дело — явления разложения. Для того чтобы разложить химическое соединение — в нашем сравнении для того, чтобы раздвинуть эти шары, — я должен приложить силу, должен затратить известное количество энергии, такое же количество энергии, какое проявится потом при ударе тел, когда я их предоставляю самим себе. Это равенство энергии, затрачиваемой на разложение и проявляющейся при соединении, легко доказать на нашем механическом сравнении. В самом деле, для того чтобы удалить один шар от другого, я должен его поднять, преодолеть при этом силу тяжести; о количестве затраченной на это энергии я сужу по произведенной мною работе, эта работа измеряется произведением из веса шара на высоту поднятия. Но и в момент удара о другой шар падающий шар обладает энергией, достаточной для поднятия шара такого же веса на такую же высоту. Мы это заключаем из того, что если бы он не встретил другого шара, то сам, подобно маятнику, отшатнулся бы на другую сторону и на такую же высоту, то-есть поднял бы свой собственный вес на такую же высоту, с какой только что упал. Итак, для того чтобы разъединить, разорвать связь, чтобы оказать противодействие сродству двух химических тел, нужно затратить такое же количество энергии, какое освобождается при их соединении. Если известное количество углерода, сгорая в кислороде, освобождает, скажем, 1000 единиц тепла, то для того, чтобы выделить обратно этот углерод из образовавшейся углекислоты, порвать его связь с кислородом, необходимо затратить те же 1000 единиц тепла. И действительно, мы видим, что разложить углекислоту, выделить из нее углерод, нам удалось, только подвергая ее высокой температуре горящего магния. Этот случай разложения углекислоты магнием не может, впрочем, служить примером простого разложения, так как при нем одновременно происходит и соединение магния с кислородом. Химики, дей-

ствительно, долгое время полагали, что разложение таких прочных соединений, каковы углекислота или вода, и не может совершиться иначе, как при содействии третьего тела, обладающего более сильным сродством с кислородом, но в сравнительно недавнее время они убедились, что и действия одной теплоты достаточно для того, чтобы вызвать разложение, или, как говорят, *диссоциацию*, углекислоты и воды. Теплота, как учит современная физика, есть не что иное, как движение — быстрое, невидимое, но ощущаемое сотрясение частиц тела. Нагревая какое-нибудь сложное тело до очень высокой температуры, мы приводим его частицы в такое состояние, до того расшатываем их, что наконец между ними порывается взаимная связь — вызывается разложение; так, например, при очень высокой температуре мы уже не имеем водяного пара или газа, а смесь водорода и кислорода.

При разложении поглощается, затрачивается энергия. Но куда девается эта затраченная на разложение энергия? Исчезнуть она не может — это противоречило бы закону сохранения энергии. Она при этом переходит в скрытое состояние напряжения или запаса. Примеры запаса энергии в сфере механических явлений всякому знакомы: чугунная баба, готовая упасть на вгоняемую в землю сваю, натянутый лук, готовый метнуть стрелу, — все это вполне понятные случаи запаса энергии в виде напряжения. Но то же выражение на первый раз звучит как-то странно в применении к свету, к теплоте. Можно ли запастись такой силой, как свет или теплота? Мог ли я, например, уловить и спрятать на завтра часть той теплоты и света, которые освободились при горении магниевой проволоки? Не только мог, но даже сделал. Когда я окунул горящую проволоку в сосуд с углекислотой, я затратил часть этой энергии на разложение углекислоты, на выделение углерода. Этот углерод я могу сжечь завтра или завещать его отдаленному потомству, и оно, сжигая его, воспользуется тем светом и теплотой, которые мы сберегли, запасли сегодня, затратив их на разложение углекислоты.

Значит, углерод или вообще всякое горючее тело (дрова в печи, пища в нашем теле), раз-

единенное, но стремящееся соединиться с кислородом, представляет запас энергии. Следовательно, во всяком химическом процессе, в котором тело, неспособное гореть, превращается в тело, способное гореть, делается запас энергии.

В окончательном выводе мы приходим к заключению, что, во-первых, разложение углекислоты, выделение из нее углерода может происходить не иначе, как при затрате внешней силы, и, во-вторых, что сила, при этом затраченная, переходит в состояние запаса.

Вооружившись этими двумя положениями, возвратимся к нашему листу.

В нем именно происходит подобный процесс. Из неспособной к горению углекислоты образуются горючий крахмал, древесина и проч. Ясно, что этот процесс не может совершаться иначе, как при содействии внешнего источника силы.

И действительно, я уже не раз повторял, что разложение углекислоты происходит только при свете, что деятельность листа начинается только с той минуты, когда на него упадет луч солнца.

Этот луч и есть та сила, которая вызывает разложение углекислоты и при этом поглощается, слагается в запас. Чтобы это не показалось странным, сравним явления световые с явлениями тепловыми. Мы видим, что теплота есть движение, которое, расшатывая частицы тела, вызывает его разложение. Но свет есть также движение — правильное, волнообразное движение. Следующее, конечно, грубое сравнение поможет нам выяснить разлагающее действие света. Представим себе, что на гладкой поверхности воды плавают рядом два легких тела, два деревянных шара. Неподалеку от них мы бросим в воду камень; от него пойдут круги, и каждый раз, что новая волна будет пробегать под плавающими шарами, взбрасывая на гребень один, погружая в ложбину другой, она будет разъединять их, порывать между ними связь. Камень, дающий круги, — это солнце, от которого постоянными, расходящимися в бесконечность кругами бегут световые волны, с тем только различием, что эти волны пробегают в секунду 290 000 верст, что они так часты и мелки, что на одном дюйме их помещается средним числом 50 000.

Эти-то почти немислимо быстро чередующиеся волны, ударяясь в листе о еще более мелкие атомы углерода и кислорода, соединенные в углекислоту, расшатывают их, порывают связь между ними: кислород освобождается, а углерод тотчас вступает в другие соединения. Первое из них, о существовании которого мы узнаем при помощи микроскопа, — крахмал.

Только что мы видели, как можно сохранить впрок теплоту и свет горящего магния. То же оправдывается и относительно солнечного луча. Просто схватить и спрятать луч солнца мы не в состоянии, но зато с этою целью мы выращиваем растения, которые своими листьями не только извлекают углерод из воздуха, но вместе с этим углеродом поглощают и слагают в запас схоронившийся в этом углероде луч солнца. В дровах нас греет луч летнего солнца; он же в длинный зимний вечер светит в лучине нашего крестьянина и в нашей свече.

Так как лист служит главным образом для улавливания света, то нам становится понятным физиологическое значение его преобладающего развития в плоскости: ему выгоднее иметь плоскую, чем какую иную форму. Величина всей этой поглощающей свет листовой поверхности у некоторых растений до восьмидесяти раз более занимаемой ими площади земли.

Только теперь мы в состоянии оценить вполне значение процессов, совершающихся в листе. С одной стороны, это процесс усвоения одного из важнейших составных начал растения — углерода — и в то же время процесс превращения неорганического вещества в органическое. Как мы сказали, все органическое вещество, встречающееся в растениях и в животных, прямо или косвенно происходит из листа. С другой стороны, в листе совершается тот процесс, который связывает существование всего органического мира с солнцем. Лист служит как бы посредником между любым проявлением энергии в органическом мире и солнцем — этим общим источником энергии. Запасом солнечной энергии, поглощенной растением, пользуется не только само растение, но и все животное царство и человек. Мы видели, что прорастающее зерно нагревается; но откуда же взялась эта теплота? Она произошла от дыхания, от сжигания части органического

вещества, завещанного семени материнским растением. Но ведь на образование этого органического вещества затрачена была энергия солнечного луча — следовательно, прорастающее в земле семя пользуется теплотой луча, поглощенной взрослым растением. Точно так же и мы, принимая в пищу органическое вещество, вместе с тем поглощаем сохраненный в нем солнечный луч и употребляем его на то, чтобы согреть или приводить в движение свое тело.

Значит, лист, в котором мы признали уже единственную естественную лабораторию, где готовится органическое вещество на оба царства природы, тот же лист и в том же самом процессе усвоения углерода запасает на них энергию солнечного луча, становится, таким образом, источником силы, проводником тепла и света для всего органического мира.

До сих пор мы говорили в общих выражениях: в листе разлагается углекислота; в листе поглощается солнечный свет, и т. д. Но мы имеем право выразиться гораздо определеннее: в отличие от усвоения других питательных веществ, по отношению к усвоению углерода мы можем вполне определенно указать тот микроскопический очаг, в котором происходит этот процесс. Это зеленое хлорофилловое зерно. Мы можем со всею желаемою точностью убедиться в том, что лучи солнца действительно поглощаются хлорофиллом и что именно эти поглощенные лучи вызывают разложение углекислоты, как первый акт усвоения углерода, и образование крахмала, как его последний акт. Таким образом, зеленый цвет, зависящий от своеобразного поглощения света зернами хлорофилла, является не случайным свойством растения и тесно связан с самым существенным процессом его питания. Не лист, как целое, а именно сообщающее ему зеленый цвет хлорофилловое зерно служит, как мы выражались ранее, посредником между всею жизнью на земле и солнцем¹.

¹ Необходимое условие — сохранить соразмерность всех частей курса — не позволяет мне дать такое развитие этой интереснейшей главе физиологии растений, какого она заслуживает. Желая ближе ознакомиться с этою стороною жизни растения найдут более подробное изложение предмета в помещенной ниже, в приложении, лекции *Растение как источник силы*, которая, в свою очередь, представляет популярное изложение главных результатов моего специального труда *Об усвоении свес-*

Мы ознакомились с отправлением зеленого листа. Все растения, лишенные зеленых частей, неспособны к нему, неспособны сами для себя вырабатывать органическое вещество из углекислоты, а вынуждены жить на счет органического вещества, выработанного другими растениями. Таковы, например, *грибы*, как те, которые мы привыкли называть этим именем, так и те микроскопические грибы, которые мы называем обыкновенной *плесенью*. Они могут существовать только на почве, содержащей готовое органическое вещество; всякая попытка воспитать их в среде, не содержащей его, как мы это делали с зелеными растениями, оказалась бы бесплодной¹. Сюда же относятся и так называемые чужеродные растения, которые, присасываясь к стеблям и корням других растений, питаются на их счет: такова, например, заразиха, появляющаяся на корнях конопли; такова повилика (*Cuscuta*), обвивающаяся вокруг стеблей хмеля, льна, клевера, присасывающаяся к ним и под конец совсем их истощающая. Все эти растения или имеют вместо листьев невзрачные, не зеленые чешуйки, или вовсе не имеют листьев. Эти растения, неспособные к самостоятельному существованию, а сосущие соки из других растений, мы называем вообще *паразитами*. Все они, а в особенности мелкие паразитные грибки, причиняющие различные болезни растениям, составляют истинный бич земледельца, нередко вырывая у него из рук целые жатвы.

Таково значение листа. Его деятельность снабжает необходимым веществом и необходимой силой весь органический мир, не исключая человека, и, несмотря на то, как сказано выше, в течение веков человек упорно отказывался признать за ним роль не только необходимого, но даже полезного органа.

та растением и дальнейших моих исследований в этом направлении. Еще подробнее факты эти изложены в лекции *Растения и солнечная энергия* (в моем сборнике «Лекции и речи», Москва, 1888 г., а также отдельной брошюрой). Прим. автора. См. также К. А. Тимирязев, «Солнце, жизнь и хлорофилл», Сельхозгиз, Москва, 1948 *Ред*

¹ Подробнее о питании грибов, сожительствующих с водорослями, смотри ниже, в приложении, статью К. А. Тимирязева о лишайниках под названием «Растение-сфинкс». *Ред.*

Эта вековая несправедливость, эта черная неблагодарность освещена даже поэзией. Каждый из нас, конечно, еще с детства знает басню Крылова *Листы и Корни*, и, однако, эта басня основана на совершенно ошибочном понимании естественного значения листа. Крылов оклеветал в ней листья, и потому в качестве ботаника, значит адвоката растения, я возьму на себя их защиту и попытаюсь предложить взамен крыловской другую басню, конечно менее поэтическую, но зато более согласную с природой и заключающую более строгую мораль. Смысл крыловской басни всякому известен. Корни — это те,

Чьи работают грубые руки,
Предоставив почтительно нам
Погружаться в искусства, в науки,
Предаваться страстям и мечтам.

Корни — это тот «темный» люд,

Кто бредет по житейской дороге
В безрассветной глубокой ночи.

Листья — это мы, «погружающиеся в искусства, в науки», мы, пользующиеся воздухом и светом и на досуге «предающиеся страстям и мечтам». Признавая только за корнями трудовую, производительную деятельность, Крылов видит в листьях один блестящий, но бесполезный наряд и, выставляя им на вид всю пустоту их существования, требует от них, чтобы они хоть были благодарны своим корням.

Но справедливо ли такое мнение? Точно ли листья, настоящие зеленые листья, существуют для того только, чтобы шептаться с зефирами, чтобы давать приют пастушкам и пастушкам? Точно ли листья одною благодарностью в состоянии платить корням за их услугу? Мы знаем, что это неверно. Мы знаем теперь, что лист не менее корня питает растение. В прошедшей беседе мы видели, что случилось с листьями и всем растением, которому корни отказали в том железе, которое они с таким трудом добывают из земли. В следующей мы увидим, что случилось бы и с корнем, если бы ему листья отказали в той воздушной, неосязаемой пище, которую они добывают при помощи света.

Итак, листья Крылова совсем не похожи на настоящие листья: если сравнение с его беспо-

лезными листьями может быть только позорно и оскорбительно, то сравнение с настоящими листьями вполне лестно.

Но если изменяется содержание басни, изменяется и ее мораль. Какую же мораль выведем мы из нашей басни? Мораль эта может быть одна. Если мы желаем принять на свой счет сравнение с листом, то мы должны принять его со всеми его последствиями. Как листья, мы должны служить для наших корней источниками силы — силы знания, той силы, без которой порою беспомощно опускаются самые могучие руки. Как листья, мы должны служить для наших корней проводниками света — света науки, того света, без которого нередко погибают во мраке самые честные усилия.

Если же мы отклоним от себя это назначение, если свет наш будет тьма или если, подобно вымышленным листьям баснописца, мы не будем платить нашим корням за их услуги услугами же, если, получая, мы не будем ничего давать взамен, тогда мы будем не листья, тогда мы не вправе будем величать себя листьями, тогда в словаре природы найдутся для нас другие, менее лестные сравнения. Гриб, плесень, паразит — вот те сравнения, которые в таком случае ожидают нас в этом словаре.

Такова мораль, которую мы можем извлечь из знакомства с листьями — не теми, которые создало воображение поэта, а настоящими, живыми листьями, — мораль, быть может, более суровая, но зато согласная с законами природы.

VI

СТЕБЕЛЬ

Второстепенная роль стебля как посредника между листом и корнем. — Формы стебля. — Внутреннее строение. — Клеточка, волокно и сосуд. — Три типа тканей: питательные, механические и проводящие. — Соединительная ткань и пучки. — Строение стеблей у однодольных и двудольных растений. — Древесина и кора. — Восходящий ток воды. — Его путь и причина поднятия. — Участие корня. — Его водоподъемная способность. — Участие листьев. — Испарение воды. — Роль устьиц. — Роль сосудов. — Значение окаймленных пор. — Быстрота движения сока. — Значение пробковой ткани. — Движение питательных веществ, выработанных листом. — Путь этого движения. — Значение ситовидных и млечных сосудов. — Причина этого движения. — Образование запасов питательных веществ

Рассматривая растение исключительно с точки зрения питания, мы вправе, как уже сказали, видеть в нем только две очень развитые поверхности, приспособленные к той двоякой среде, в которой оно живет. Это поверхности корневая и листовая. Первая, приспособленная к твердой среде, к почве, особенно развита в длину, потому что корень должен притти в соприкосновение с возможно большим числом частичек почвы; вторая, приспособленная к поглощению воздушных частиц, а главное — к поглощению падающего на растение света, развита преимущественно в плоскости. Благодаря такому устройству при благоприятных условиях почти ни одна частица почвы не ускользает от корня, ни один луч солнца не пропадает даром для растения.

Вещества, принимаемые корнем и листом, совершенно различны и в то же время одинаково необходимы для растения: очевидно, что для существования каждого из этих органов, для общего существования целого растения необходимо, чтобы между обоими органами существовал деятельный обмен. Орган, соединяющий эти две поверхности, несущий листья и служащий посредником между ними и корнем, — стебель.

В качестве посредника стебель не представляет такого существенно необходимого органа, как корень и листья, и потому иногда бывает очень слабо развит; наоборот, в тех случаях, когда он развит, он с виду играет самую выдающуюся роль, определяя общий облик растения, самую физиономию растительности в данной местности. Всем знакомо, например, растение *подорожник*, состоящее из пучка листьев, собранных в розетку и почти плашмя лежащих на земле; здесь стебель почти не развит, и потому-то листья так между собой сближены. Нечто подобное же, но в больших размерах, мы имеем в американских агавах, растущих в южной Европе и разводимых в теплицах: у них все растение состоит из пучка громадных, почти в сажень длиною, мясистых листьев, которые раз в десяток лет¹ выкидывают цветочную стрелку сажені четыре длиною, напоминающую формою колоссальный канделябр. Весьма слабое развитие стебля представляет нам также одно в высшей степени любопытное африканское растение. Представьте себе почти бесплодную степь, среди которой местами, едва отделяясь от поверхности земли,

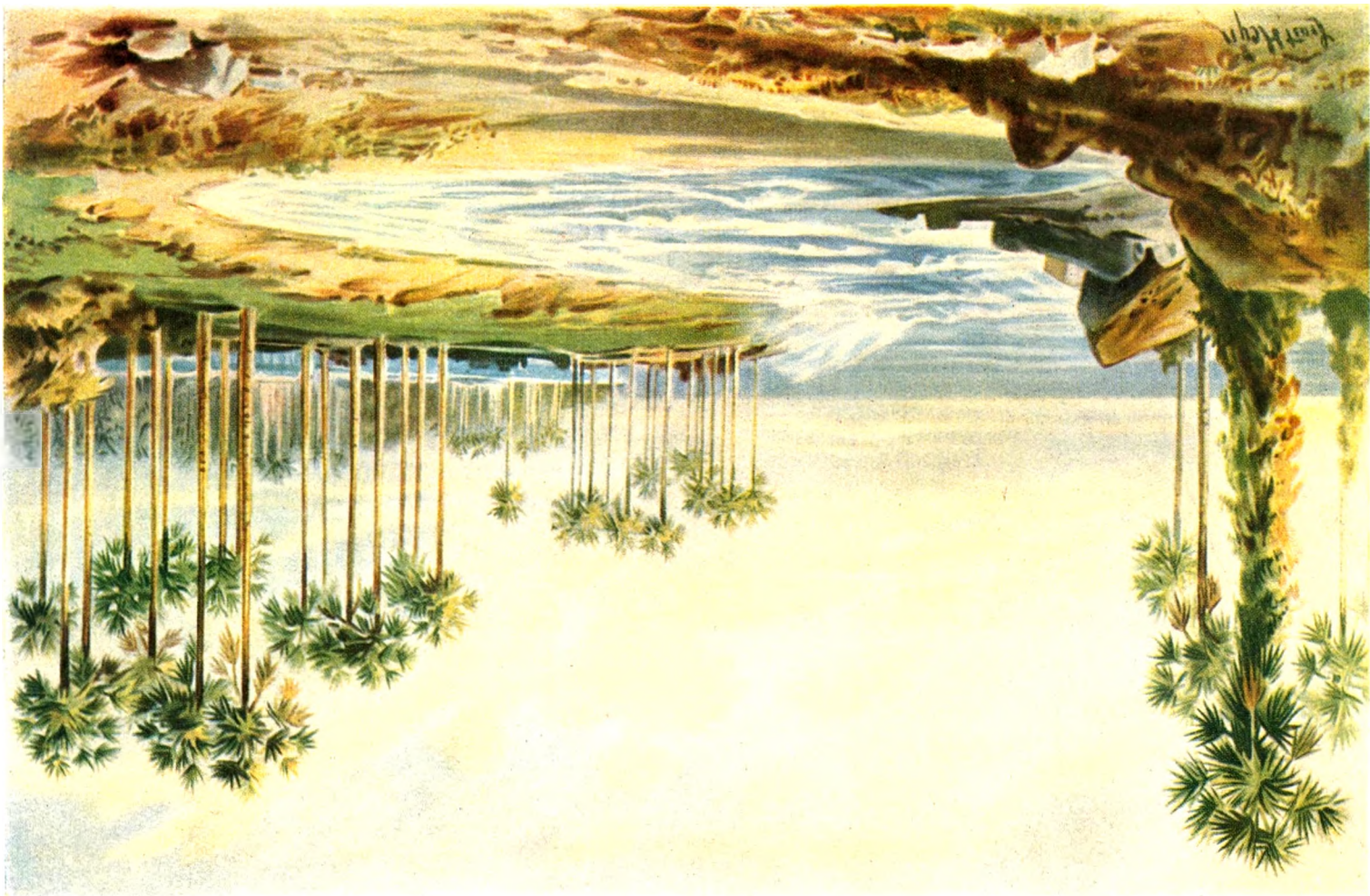
¹ А в наших теплицах гораздо реже, откуда название столетнего алоэ, под которым растение это обыкновенно слывет у наших садовников.

Вельвичия (*Welwitschia mirabilis*).

приподнимаются какие-то как бы пни или обрубки, несколько воронкообразно выдолбленные и с бороздкой поперек. В обе стороны от этой бороздки с краев пня тянутся аршина на два, а иногда и почти на сажень в длину, два каких-то лоскута, при начале жесткие, кожистые, зеленые, а на концах побуревшие, выцветшие, растрепавшиеся на более узкие тесьмы — одним словом, совершенно измочалившиеся; на краях воронковидного пня кое-где приподнимаются веточки с мелкими шишками, напоминающими шишки хвойных. Это *Welwitschia* (вельвичия), прозванная за все свои особенности *mirabilis* — чудесною. Значение описанных частей таково: пень, почти зарывшийся в землю и постепенно переходящий в корень, — ствол этого растения, редко превышающий два фута длиной, несмотря на то что растение достигает столетнего возраста; два описанных лоскута — пара листьев, которую сохраняет растение в течение всей своей жизни; умирая с концов, они постепенно нара-

стают с основания и таким образом достигают такого глубокого возраста.

От этих приземистых, почти бесстебельных растений сделаем скачок к стройным, высоким пальмам, которые Эндлихер прозвал *principes*, то-есть князьями растительного мира. У них ствол устремляется вверх прямым, отвесным столбом, увенчанным на вершине короной листьев, подобно колонне, для которой они, говорят, послужили образцом. Но стволы пальм представляют нам еще только одностороннее развитие — развитие в длину; они очень стройны, высоки, но обыкновенно не ветвятся и не растут в толщину. Совершенно иной облик и вместе с тем высшее развитие стеблевой формы представляют нам стволы наших хвойных и лиственных деревьев. Они в течение всей своей жизни утолщаются и ветвятся и, таким образом, могут достигать колоссальных размеров. Так например, в снятой кольцом коре калифорнской секвойи (рисунки на стр. 107) можно было устроить поме-



щение для танцев; в дупле громадного каштана на Этне приютилась небольшая часовенка, а под зеленым навесом баобабов укрываются, по словам путешественников, целые караваны. Хотя в наших лесах не встречается таких колоссов, но и в них можно любоваться вековыми старожилками, подобными кунцевскому дубу, воспроизведенному на нашей фотографии. Его могучий ствол, почти в четыре обхвата толщиной, поднимается со дна глубокого оврага, а вершина расстилается над макушками столпившихся по обрыву лип и осин¹.

Таковы размеры, каких может достигать стебель, исполняя свое назначение — нести шатер листьев, эту громадную зеленую поверхность, предназначенную для улавливания солнечных лучей, и нельзя не заметить, что для этой цели он представляется весьма целесообразным. Довольно вспомнить, какой полумрак царит в хвойном лесу даже в яркий день, чтобы убедиться, что иглы должны быть распределены на стебле самым выгодным образом, для того чтобы при незначительной их ширине они могли перехватывать большую часть падающего света. И действительно, если с первого взгляда распределение листьев на стебле кажется чем-то совершенно случайным, то более внимательное изучение обнаруживает в этом отношении замечательную правильность. Первым обратившим внимание на это обстоятельство был, кажется, знаменитый Леонардо да-Винчи, но только в настоящем столетии явление это подверглось подробному изучению со стороны ботаников. Эта правильность расположения выражается главным образом в том, что листья размещаются на стебле таким образом, чтобы по возможности не заслонять, не затенять друг друга, а в то же время и не оста-

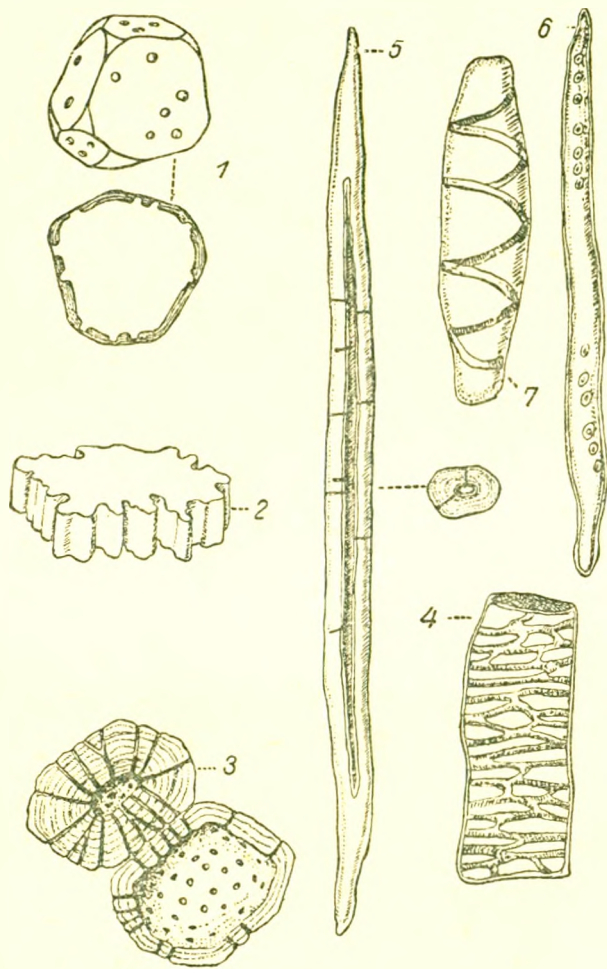
влять промежутков, в которые могли бы бесполезно проскальзывать солнечные лучи. В справедливости этого может убедиться всякий при первом взгляде на розетку листьев подорожника: они все между собой чередуются, так что только девятый лист прикрывает первый, то есть самый нижний. Конечно, чем более листья раздвинуты один от другого, тем менее они взаимно затеняются. Но значительное развитие листовой системы возможно только при известных



Секвойя — хвойное в Калифорнии, достигающее 150 метров высоты и возраста 4000 лет.

¹ В последнее время хлопочут о сохранении «памятников природы», проектируют для этого целые штаты с приличными окладами и т. д.

Но вот более сорока лет я обращаю внимание на кунцевский дуб (см. стр. 121), и нашелся только один молодой ботаник (в журнале «Естествознание и география»), глубокомысленно изрекший, что он «ничего особенного не представляет». Судя по прекрасной акварели (которую подарил мне в 1913 году А. Н. Строганов), у этого московского старожилки ободрана значительная часть коры, так что его дальнейшему существованию грозит опасность. К слову сказать, неужели у нас в школах учат только «древонасаждению», а не учат, что, обдирая кору, уничтожают чудные «памятники природы»?



Фиг. 42.

размерах стебля. В большей части случаев это достигается лишь при значительной трате строительного материала, так как стебель, для того чтобы нести большое число листьев, должен обладать значительной стойкостью и прочностью. Но есть растения, которые достигают той же цели — приносят много листьев, взбираются на большую высоту, — соблюдая при этом экономиию в строительном материале: это вьющиеся растения, тонкие, нежные стебельки которых избирают себе опорой другие растения или неодушевленные предметы; обвиваясь вокруг них или цепляясь за них, они карабкаются на значительную высоту и производят значительную листовую поверхность, которую сами не в состоянии были бы нести. Таковы, например,

хмель, полевая повилка, плющ и множество растений, населяющих тропические леса и срывающихся под общим названием лиан.

Таким образом, на долю стебля выпадает двойное отправление: нести листья и проводить питательные соки из корня в лист, из листа в корень; для этого он, очевидно, должен обладать известными приспособлениями, которые бы сообщали ему необходимую прочность, твердость, упругость и другие механические свойства, а в то же время должен представлять систему каналов или иных путей для проведения соков. Для того чтобы понять, каким образом стебель выполняет эти оба назначения, необходимо ознакомиться с его строением и еще прежде ознакомиться со строением самых клеточек, этих, как мы выразились в первой беседе, кирпичей, из которых выведено здание растения.

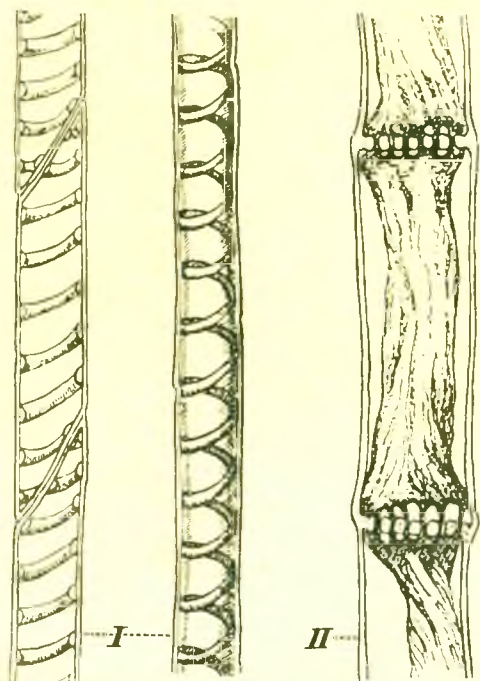
Стоит вырезать очень тонкий поперечный ломтик дерева, и мы тотчас увидим, что он продырявлен мельчайшими отверстиями: это полости, просветы клеточек. С тем, что находится в клеточке: с ее химическим содержанием, мы уже успели познакомиться; в настоящее время она нас интересует главным образом с механической точки зрения, как строительный материал, и в этом отношении главная роль принадлежит ее твердому остову — стенке, от которой зависит вся ее форма.

В свободном состоянии клеточка чаще всего представляет шарообразную форму, в соединении же с другими клеточками, в тканях, эта шарообразная форма переходит в многогранную (как на фиг. 42, 1). Но такая многогранная форма свидетельствует все же, что клеточка в течение всей своей жизни развивалась почти равномерно по всем направлениям. Если же она будет развиваться преимущественно по двум направлениям, по двум осям, то получится форма плоская, в виде таблички. Такие табличные клеточки образуются преимущественно на поверхности органов; из них состоит кожа, облегающая растения (фиг. 42, 2). Наконец, клеточка может развиваться почти исключительно в одном направлении, по одной оси; тогда образуется не многогранная, не плоскотабличная форма, а

очень удлинённая, вытянутая форма, получается *волокно* (как на фиг. 42, 5 и 6). Из таких удлинённых волокон состоит в значительной степени древесина наших деревьев, но это ещё не самые длинные волокна. Волокнистые клеточки, например, льна, которые мы употребляем для пряжи, иногда около тысячи раз длиннее своего поперечника, так что мы не могли бы даже изобразить их здесь в надлежащем масштабе — пришлось бы провести простую черту. Разнообразие форм клеточек не ограничивается их общим очертанием, их внешним обликом; самая стенка может представлять очень разнообразное строение: то она совершенно равномерна и тонка (как на фиг. 42, 1 и 2), то повсеместно утолщена, причем заметно, что она состоит из концентрических слоев (фиг. 42, 3 и 5), то, наконец, эти внутренние слои утолщаются не сплошь, а только местами, образуя самые причудливые узоры. Если, например, не утолщенными останутся лишь небольшие места оболочки, то вся клеточка (прозрачная, как всегда) представится как бы пятнистою, а на поперечном ее разрезе мы заметим, что этим пятнам соответствуют каналы, пронизывающие всю толщину оболочки (фиг. 42, 1 и 3). При этом любопытно, что каналы в смежных клетках всегда соответствуют друг другу, так что эти пятна, или, как их называют, *поры* или *продушины*, — не что иное, как места, где соприкасающиеся клетки разделены лишь очень тонкою первоначальною оболочкой, через которую их соки могут легко диффундировать. Иногда же и эта тонкая оболочка исчезает, и тогда полости соседних клеток сообщаются. Наоборот, если не утолщенною останется значительная часть оболочки, то появляющиеся с внутренней стороны утолщения могут представить самый разнообразный вид сеток, колец, винтообразно закрученных лент (фиг. 42, 4, 7) и проч. Микроскописты обыкновенно с особенною любовью перечисляли и описывали разнообразные формы пор и утолщений, но для физиолога форма, как бы она ни была сама по себе любопытна, не представляет интереса, пока неизвестен ее смысл, ее значение в жизни растения, а таково именно было положение дела по отношению к различным формам утолщений, и только в сравнительно недавнее время стали

появляться попытки объяснить физиологическую роль этих образований, о чем мы скажем несколько слов ниже.

Исчисленными двумя обстоятельствами — общим очертанием клеточки и строением стенок — еще не исчерпывается все разнообразие клеточных образований. Клеточки еще могут сливаться между собою в более сложные органы, так называемые *сосуды*. Сосуды обыкновенно образуются через продырявливание или совершенное исчезание, всасывание поперечных перегородок в вертикальных рядах клеток. Так например, если ряд клеточек со спиральными утолщениями потеряет поперечные, разграничивающие их перегородки (фиг. 43, I слева), то из этого произойдет сплошная трубка, так называемый *спиральный сосуд* (фиг. 43, I справа). Но иногда, как сказано, вертикальные ряды клеточек, превращаясь в сосуды, не теряют вполне своих поперечных перегородок, а только сообщаются между собою посредством более или менее значительных пор. Любопытна одна форма подобных сосудов, в которых кучки мельчайших пор собраны наподобие сит или решет, откуда и самые клеточки получили название *ситовидных* или *решетчатых*. На фигуре 43, II изображена одна целая такая клеточка, соединенная с двумя другими в сосуд; их поперечные стенки просверлены мельчайшими порами, представляющими подобие сита. Через эти поры содержимое клеточек может сообщаться; удалось даже подметить мельчайшие крупинки крахмала, засевшие в порах, и мы вскоре увидим, какое важное физиологическое значение представляют эти сосуды. Кроме сосудов, образующих только длинные прямые трубки, встречаются еще и такие, которые, ветвясь и сплетаясь между собой, образуют целую сложную сеть сообщающихся каналов. Такие сосуды обыкновенно содержат *белый*, реже *желтый сок*, откуда им и дано название *млечных сосудов*. Примеры растений, содержащих млечный сок, всякому более или менее известны: таковы одуванчик и мак, выделяющие при малейшем поранении *белый сок*; таков, конечно, всякому с детства знакомый *чистотел*, из стеблей и листовых жилок которого при разрыве выступает *желтый сок*; таков, наконец, столь обыкновенный в комнатной культуре *Ficus*, дающий на-



Фиг. 43.

равне с некоторыми другими тропическими растениями изобильный млечный сок, известный в засохшем виде под названием *каучука*. Все эти млечные соки заключены в сложной системе ветвящихся и срастающихся сосудных трубок, рассеянных по всему растению, но преимущественно в коре и листьях.

Описанные элементарные органы растения можно вообще разделить на три группы, которым, если не исключительно, то преимущественно, свойственны три различных отправления. Эти три группы, или категории, будут следующие: собственно клеточки, волокна и сосуды. В первых происходят процессы питания, то-есть образование и превращение питательных веществ; они содержат хлорофилл, в них же отлагаются запасы белковых веществ, крахмала, сахара, кристаллы минеральных солей и проч. Это лаборатории и кладовые растения. Волокна служат главным образом для механических целей, потому что содержимое в них не играет роли: главное значение принадлежит их форме, вытянутой в длину, и их стенке, утолщенной иногда до полного уничтожения полости (как, например, на фиг. 42, 5). Новейшие исследования показали,

что как по материалу, из которого состоят эти механические элементы, так и по их строению и в особенности по распределению их в стеблях они с изумительным совершенством приспособлены для своего отправления, то-есть для сообщения частям растения необходимой прочности, упругости и проч., при возможной экономии строительного материала. Так например, получился поразительный результат, что материал, из которого состоят эти волокна, в известном отношении почти не уступает железу, а расположены они по всем правилам инженерного искусства. Третья категория — сосуды — служит главным образом для проведения соков.

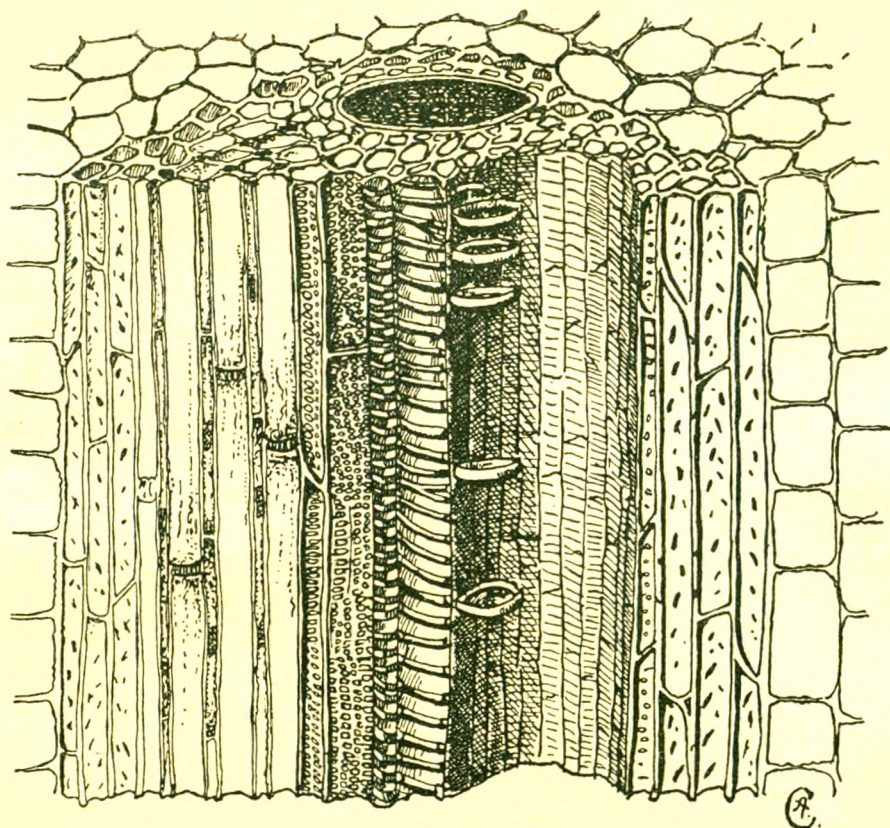
Посмотрим теперь, как распределяются в растении эти элементы, столь различные по своему строению и по отправлению.

Собственно клеточки образуют так называемую *соединительную* или *основную* ткань, то-есть связь и основу всякого органа; волокна же вместе с сосудами образуют *пучки*, которые проходят среди этой основной ткани. Всего лучше мы это видим в листьях. Средине листа, в промежутке между его двумя кожицами, занята, как мы уже знаем, листовою мякотью, то-есть основною тканью, а в ней проходят жилки, или нервы. Это и будут пучки; они или тянутся продольными рядами, или образуют сложные сплетения, целую сеть, о которой с первого взгляда на лист мы получаем только слабое понятие. Для того чтобы убедиться, как нежна и тонка эта сеть, стоит оставить листья несколько времени гнить в воде — тогда без труда можно мягкою щеточкой удалить обе кожицы и мякоть листа и получить отдельно эту сеть нервов, с которою не сравнится никакое кружево¹. Название «нервов» не совсем удачно выбрано, так как эти органы не имеют почти ничего общего с нервами животных. Если уж проводить подобную параллель, то скорее их можно сравнить одновременно со скелетом и с сосудистой системой, так как они представляют и твердый остов листа и систему каналов для передвижения питательных веществ. Я выразился, однако, с осто-

¹ Такой же обработке можно подвергнуть и другие части растений и составлять из них полупрозрачные, как бы воздушные букеты (*фантомы*, как их называют англичане).

рожностью, что они не имеют почти ничего общего с нервами животных, потому что высказывается, как мы увидим, мнение, что они представляют пути, по которым передается в растении раздражение. Если это мнение оправдается, то, очевидно, мы должны будем признать в них

казано (фиг. 45, I) на поперечном сечении. Один такой пучок с окружающею его основною тканью из стебля маиса изображен в очень увеличенном виде в доле и поперечном сечении на фиг. 44¹. Здесь ясно видно, что пучок состоит из различных сосудов: спиральных, сетча-



Фиг. 44.

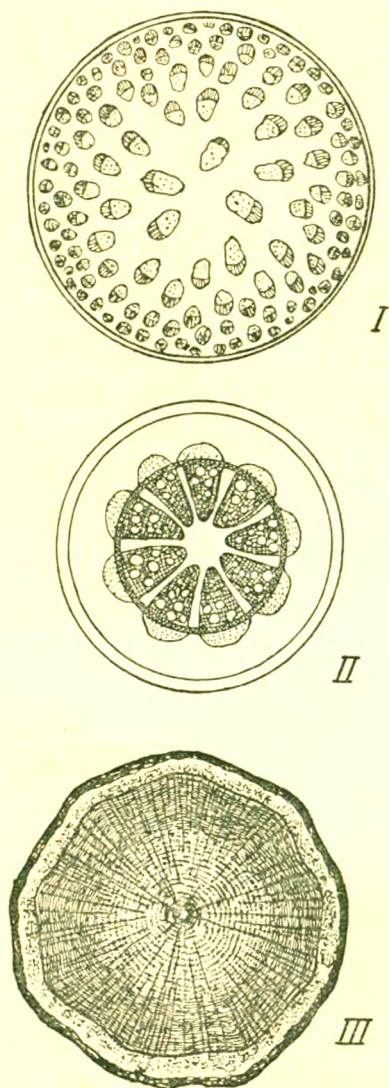
некоторое, хотя бы отдаленное, сходство с нервами животного.

Те же нервы, или жилки, которые так явственны в листе, тянутся и в стебле, но там далеко не так резко выражены, не бросаются сами собою в глаза. Впрочем, различные растения представляют в этом отношении весьма различное строение; опишем два наиболее общих случая. У одних, у класса *однодольных*¹ растений, куда относятся, например, наши злаки, спаржа, а из древесных растений пальмы, эти пучки разбросаны в основной ткани, как это по-

тых, кольчатых и проч., а также волокон, между тем как окружающая ткань состоит из клеточек. Еще нагляднее можно обнаружить это строение стебля однодольных, если погрузить отрезок стебля с листьями на несколько времени в какую-нибудь окрашенную жидкость, например раствор фуксина, — тогда на поперечном разрезе, подобном фигуре 45, I, перерезанные пучки выступят в виде красных пятен на бесцветном поле основной ткани.

¹ Поперечное и доленое сечение через стебель маиса, представляющее один сосудистый пучок с окружающею основною тканью. Большое отверстие посредине мелких — просвет очень крупного сосуда. Ряд менее крупных сосудов разрезан вдоль.

¹ Так прозванных потому, что у них одна семенодоль.



Фиг. 45.

Совсем иное строение представят нам стебли хвойных и двудольных¹ растений, куда относятся все наши древесные породы: дуб, липа, клен и проч. Для того чтобы разъяснить себе строение этих стеблей, необходимо вдаваться в некоторые анатомические подробности, без которых дальнейшее изложение было бы непонятно.

И ботаники и неботаники отличают на срубе дерева три части: кору, древесину, представляющую ряд concentric rings, и сердцевину (фиг. 45, III). Но ботаники идут далее и усматривают здесь то же различие между основ-

ною тканью и сосудисто-волокнистыми пучками, какое мы видели так ясно выраженным в стебле однодольных растений.

Постараемся выяснить это обстоятельство. В стебле однодольного мы видим преобладание основной ткани; пучки разбросаны в ней без порядка, и каждый пучок со всех сторон окружен ею. Но представим себе, что эти пучки будут расположены правильно, одним кольцом, и притом будут так сильно развиты, что между ними останутся только сравнительно узкие прослойки основной ткани, — тогда мы получим стебель, изображенный на фигуре 45, II¹. Таково действительно строение молодого однолетнего стебля какого-нибудь из наших древесных растений; мы видим в нем основную ткань в середине кольца сосудистых пучков — это *сердцевина*; видим ее в форме узких, расходящихся лучами от сердцевинки прослоек в промежутке между пучками — это так называемые *сердцевинные лучи*; видим ее, наконец, снаружи этого кольца — это так называемая *первичная кора*, сочная, обыкновенно зеленая, состоящая из клеток. Таким образом, на поперечном сечении каждый сосудистый пучок, заключенный между двумя сердцевинными лучами, имеет форму треугольника или клина, обращенного вершиной к центру. Эта клиновидная форма пучков сохраняется и в многолетнем стебле. Лучисто расходящиеся темные полоски, которые мы замечаем на фигуре 45, III, представляют сердцевинные лучи, а более светлые клинья между ними — сосудистые пучки. Значит, в многолетнем древесном стволе пучки составляют преобладающую часть; основная ткань представляется в промежутке между ними узкими, иногда едва заметными, сердцевинными лучами; отсюда понятно, что различие между пучками и основной тканью не так резко выступает, как у однодольных, и обнаруживается только при микроскопическом исследовании². Главная часть стебля наших древесных пород состоит, следовательно, из сосудистых пучков, но не в этом еще заключается

¹ Фигура 45, I — стебель пальмы или спаржи, II — схема стебля однолетнего двудольного, III — стебель древесного ствола двудольного растения. Все три в поперечном сечении.

² См. ниже фигуру 62, изображающую небольшой участок древесины, пересекаемой сердцевинным лучом.

¹ То-есть имеющих две семенодоль.

их самая выдающаяся особенность. Они отличаются от однодольных растений, как, например, пальм, тем, что способны в течение всей своей жизни расти в толщину, на что последние неспособны. Это зависит от следующего анатомического устройства. Как всякому известно, у всех наших древесных растений кора резко отделяется от древесины; весной, когда растение переполнено соками, она даже легко отстает от последней. Неботаники полагают, а в былое время полагали и ботаники, что между корой и древесиной есть перерыв, наполненный, в особенности весной, густой жидкостью, из которой способны образоваться новые части растения. Точное микроскопическое исследование показало, что здесь никакого перерыва, однако, нет, но что в этом месте стебля расположена кольцом ткань, очень нежная, очень сочная, способная постоянно образовывать новые клетки, откуда ее и называют *образовательную* тканью или камбием. На фигуре 45, II она изображена темным кольцом. Это кольцо, как видно, пересекает поперек и сосудистые пучки и сердцевинные лучи, и весь стебель делится им на две части — древесину, лежащую внутри кольца, и кору, лежащую снару́жи. Благодаря присутствию этого кольцеобразного, сплошного образовательного слоя, которого нет у однодольных, так как у них сосудистые пучки не расположены правильно в круг, а разбросаны, стебли двудольных и хвойных способны к продолжительному росту в толщину. Эта образовательная ткань каждый год отлагает несколько новых рядов элементов как в сторону древесины, так и в сторону коры, но древесина образуется в большем количестве (фиг. 45, III), и ряды ее клеток отлагаются гораздо ровнее, почему она и представляет нам то правильное чередование годичных колец, которое мы замечаем на каждом поперечном разрезе дерева.

Посмотрим теперь, какой анатомический состав представляют эти две части сосудистых пучков, разделенные образовательной тканью, то есть часть древесинная и часть коровая. В древесинной части мы встречаем почти исключительно волокна, изображенные на фигуре 42, 6 и получившие название древесных, и разнообразных сосудов: пористые, сетчатые, спиральные и др., но никогда не ситовидные. В коровой

части находим очень удлиненные волокна с очень толстыми стенками (фиг. 42, 5), подобные описанным выше волокнам прядильных растений, из сосудов же встречаем только описанные выше *ситовидные* (фиг. 43, II). Волокна образуют ту часть коры, которая называется *лубом*; она сильно развита, например, у липы и дает общеизвестные продукты — лубки, мочало и лыко. От этого луба и все волокна, имеющие описанное строение, где бы они ни встречались, получили название *лубяных*. Таким образом, поперечный разрез многолетнего дерева представит нам следующие части: снару́жи — то, что мы называли *первичной корой*; в этой части, как мы увидим ниже, в более поздний возраст растений образуется особая ткань, служащая для защиты дерева; под первичную кору лежит коровая часть сосудистых пучков, состоящая главным образом из луба и заключающая ситовидные сосуды; эту часть, в отличие от первичной коры, мы назовем *вторичной корою*; далее — кольцо образовательной ткани, еще далее к центру — древесина и, наконец, в самом центре — сердцевина. Этими анатомическими подробностями мы можем ограничиться. Хотя они, быть может, несколько скучноваты, в особенности в такой, по необходимости, сжатой форме, но без них была бы непонятна физиологическая деятельность стебля. Заручившись ими, мы можем приступить к исследованию вопроса: какими путями совершается движение растительных соков, то есть взаимный обмен между теми веществами, которые всосаны корнем, и теми, которые выработаны листом?

Начнем с первого, более простого случая, с того передвижения веществ, которое направляется из корня в воздушные части растения, с так называемого *восходящего тока*. Этот ток доставляет всем частям растения необходимую воду и растворенные в ней соли. Узнать путь, которым движется эта вода, весьма легко благодаря тому обстоятельству, что отсутствие в растении надлежащего количества воды немедленно обнаруживается его завяданием. Следовательно, делая поперечные надрезы в различных частях стебля живого растения и наблюдая, где и в

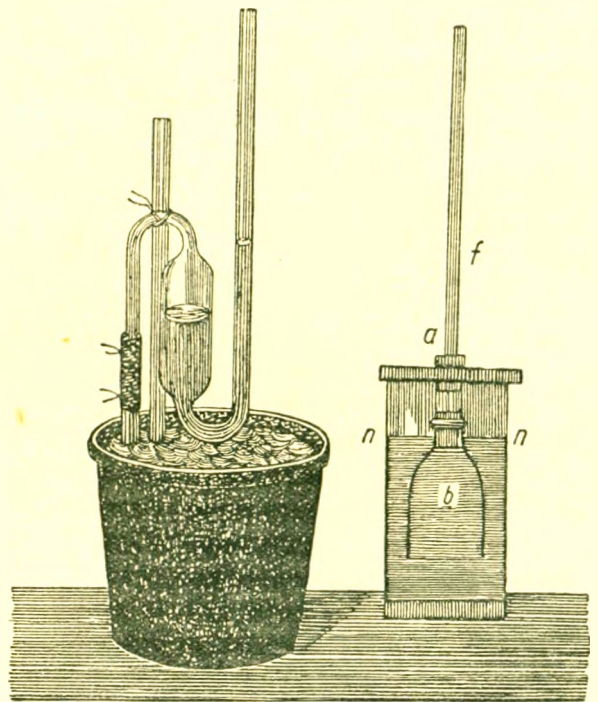
каком случае оно начнет вянуть, мы легко узнаем, пересекли ли мы тот путь, по которому движется восходящий ток воды. Опыт показал, что мы можем перерезать поперек всю кору, даже снять ее кольцом, и растение от этого не завянет, то-есть его воздушным частям будет по-прежнему доставляться вода из почвы. Мы можем также перерезать сердцевину, да, впрочем, в старых растениях она и без того нередко отмирает, образуется дупло, причем с возрастом разложение распространяется и на внутренние, старые слои древесины, и дерево от этого, однако, долго не страдает. Очевидно, что восходящий ток воды должен совершаться по древесине, и притом молодой. Вывод этот подтверждается и другим, уже упомянутым опытом окрашивания сосудистых пучков цветными жидкостями. Этот опыт особенно нагляден, если взять для него листья, испещренные белыми полосками, или белые цветы; тогда, по прошествии короткого времени, вся сеть жилок выступит цветною на белом поле. Микроскопическое исследование показывает, что окрасятся прежде всего именно сосуды. Значит, в древесине мы должны видеть путь для восходящего распространения воды в стебле.

Но как объясним мы причину этого поднятия воды иногда на громадную высоту 300 футов? Причина этого движения должна лежать и в стебле и в корне: в стебле потому, что отрезанные стебли и ветви всасывают воду и проводят ее в листья; в корне потому, что если отрезать стебель у самой шейки корня, мало того, если даже отрезать верхнюю часть корня, то из поперечного разреза оставшейся в земле части его будет выступать вода. Познакомимся прежде с этим явлением выделения воды из верхнего разреза корня, служащим, очевидно, исходною причиною для поступления воды в стебель. Давно было замечено, что в некоторых случаях из пораненного или поперек перерезанного стебля обильно вытекает сок; этому явлению даже было дано название *плача* растения, но полагали, что оно исключительно свойственно известным деревянистым стволам и в известное только время года; особенно резко обнаруживается этот плач у виноградной лозы весной. Сравнительно недавние исследования показали, однако, что это явление общее всем растениям,

как древесным, так и травянистым, и происходит круглый год, но, разумеется, с весьма различною силой. Для того чтобы обнаружить это истечение и измерить его силу, поступают так: срезают стебель на небольшом расстоянии от земли и при помощи каучуковой трубки надевают на него простую, загнутую коленом стеклянную трубочку, если желают только собрать и измерить количество вытекающей жидкости, или трубочку такой формы, как показано на фигуре 46 слева, если желают узнать, под каким напором выталкивается сок из разреза. Эта двояко изогнутая трубка, наполненная отчасти водой, отчасти ртутью, — не что иное, как манометр, служащий для измерения давления, под которым вытекает сок из растения. Сок, вытекающая в трубку, гонит перед собою ртуть; по поднятию столба ртути в открытом колене мы и заключаем о силе давления. Опыт показал, что это давление может доходить до 36 футов водяного столба, то-есть вода выталкивается из разреза с такой силой, что в состоянии была бы еще выходить, даже если бы на площадь разреза давил сверху столб воды в 36 футов. Чем объясним мы эту способность корня поднимать воду на такую высоту? Следующий опыт дает нам ответ. Возьмем небольшой стеклянный колокол (фиг. 46, справа, *b*), затянем его нижнее широкое отверстие пузырем, а в гордышко воткнем пробку с длинною стеклянною трубкой (*a*) и погрузим все, как показано, в сосуд с водою. Если бы в колоколе заключалась также вода, то между водой в наружном и во внутреннем сосудах не произошло бы никакого движения — разумеется, под условием, чтобы уровни в наружном и внутреннем сосудах были одинаковы при $n-n$, потому что иначе вода под влиянием собственного давления стала бы просачиваться через пузырь из сосуда, где ее уровень выше, в сосуд, где ее уровень ниже. Но представим себе, что во внутренний сосуд налита не вода, а раствор какого-нибудь вещества, встречающегося в клеточках растений, например сахара, который, как известно, находится в избытке, например, в корнях свекловицы. Тогда обнаружится явление, с первого взгляда озадачивающее и как бы противоречащее тому, что только что было сказано

о стремлении воды в двух сообщающихся через перепонку сосудах притти к общему уровню. Раствор сахара — для большей наглядности мы можем его подкрасить — начнет быстро подниматься в стеклянной трубке и вскоре достигнет значительной высоты (*f*). Объяснение этого явления таково: вода и раствор сахара, по законам диффузии, стремятся навстречу, одна — во внутренний сосуд, другой — вон из него. Но частицы воды движутся быстрее, чем частицы сахара. Следовательно, вода будет быстрее проникать в сахар, чем сахар в воду; мало того, вода гораздо легче проходит через пузырь, чем сахар, — следовательно, на основании совокупного действия этих двух причин ток воды во внутренний сосуд будет гораздо быстрее тока сахара, и отсюда это сначала непонятное, как бы противоречащее гидростатике поднятие раствора в трубке. Тот же результат мы получили бы, хотя не в такой резкой форме, если бы вместо сахара взяли белок, камедь или какое-либо другое вещество, встречающееся в растительных клеточках. Следовательно, и здесь явление сводится к диффузии, усложненной влиянием перепонки. Явления этого рода получили название *осмотических*. Скорость этого явления при прочих равных условиях будет зависеть и от площади соприкосновения двух жидкостей, в нашем приборе — от величины отверстия, затянутого пузырем. Допустим, что наш прибор представляет подобие корневой клетки, корневого волоска; вспомним, как громадна площадь соприкосновения этих волосков с почвенной водой, и мы легко поймем, каков должен быть совокупный результат миллионов подобных, хотя бы и микроскопических, приборов. Каждая клетка жадно всасывает воду и через свою, как должно предположить, более тонкую внутреннюю стенку выдвливает ее в сосуды, которые гонят ее вверх по корню, в стебель.

Таково объяснение, которое мы можем дать этой *водоподъемной способности* корня. Ее одной, по всей вероятности, недостаточно для объяснения поднятия воды до макушки самых высоких деревьев; к тому же мы знаем, что отрезанные и погруженные в воду стебли сами в состоянии всасывать воду. Но для того, чтобы объяснить себе причину этого всасывания воды



Фиг. 46.

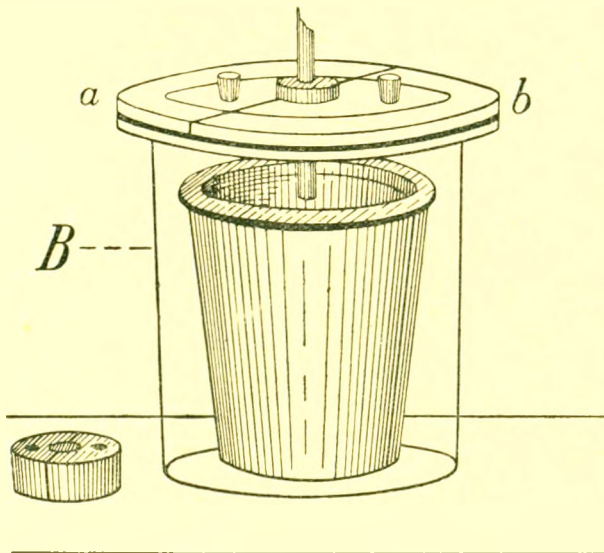
стеблем, нам нужно прежде познакомиться с участием, которое принимают в этом явлении листья. Всего легче и нагляднее убеждаемся в этом следующим опытом. Срезаем небольшую, покрытую листьями ветвь, например березы, и обмакиваем ее срезанным концом в воду. Вынув ее из воды, заметим висящую на срезе каплю, но не пройдет и половины, даже четверти минуты, как эта капля всосется; обмакиваем снова и снова наблюдаем быстрое исчезновение капли, показывающее, с какою жадностью наша ветвь пьет доставляемую ей воду.

Корень гонит воду в стебель, стебель жадно всасывает эту воду и проводит ее далее; куда же денется эта вода, когда все части растения будут ею насыщены? Очевидно, если она постоянно прибывает с одного конца, она должна убывать с другого. При некоторых исключительных условиях это явление наблюдается очень наглядно. Если в теплый и влажный майский или июньский вечер, после заката солнца, наклонившись к земле, взглянуть на поверхность поля, засеянного яровым злаком, то можно увидеть, что на самых кончиках его прямо торчащих

былинок сидят круглые капельки. Если, вооружась терпением, наблюдать несколько времени за одним листом, то увидим, что эта капелька будет постоянно расти, расти и наконец скатится; на месте ее, опять на самом острье листа, появится новая капелька, и так далее. То же явление можно наблюдать, если сделать посев овса в плошке, покрытой стеклянным колпаком. На кончиках листочков будут постоянно появляться капли воды, которые исчезнут, если снять колпак. Некоторые растения представляют это явление в еще более резкой форме и выделяют воду в значительных количествах. Анатомическое исследование показало, что в этих листьях, в местах выделения, находятся даже особые отверстия. Но подобное выделение воды в капельном состоянии составляет сравнительно редкий случай; оно происходит преимущественно при описанных условиях, то-есть когда окружающий воздух насыщен водяным паром, постоянно же и в громадных количествах растения выделяют воду в виде незаметного для глаза пара. Можно судить о том, как громадно это количество воды, испаряемой растениями, по следующим, конечно приблизительным, цифрам: десятина овса испаряет за все лето от 100 000 до 200 000 пудов воды, десятина смешанной луговой травы — около 500 000 пудов.

Определить это количество испаряющейся воды мы можем различными способами; вот один

из простейших и самых точных. Растение вместе с горшком, в который оно посажено, помещают в стеклянный или жестяной сосуд (фиг. 47, B) и накрывают стеклянную же или жестяную пластину, в которой прорезано отверстие для стебля (a, b). Таким образом устраняется испарение с поверхности почвы и горшка, и, взвешивая от времени до времени весь прибор, мы знаем, что потеря в весе зависит от испарения растений. Или мы можем взять два стеклянных, одинакового размера колокола, величиной немного менее листа, испарение которого желаем изучить, и, защемиив между ними этот лист (разумеется, осторожно, чтобы не раздавить его, но все же так, чтобы смазанные салом края колоколов плотно к нему прилежали), сделаем следующий опыт. Под каждый колокол поместим в небольшом сосуде какое-нибудь вещество, жадно поглощающее водяные пары, какова, например, серная кислота, которую мы с этою именно целью и ставим между двойными зимними рамами, чтобы стекла не потели. Эта серная кислота будет поглощать испаряющуюся из листа воду. Взвешивая от времени до времени эти сосуды с серною кислотой, мы узнаем, сколько она поглотила воды. Таким образом мы можем разрешить множество любопытных вопросов. Мы узнаем, например, что сильнее испаряет нижняя сторона листа, то-есть та, которая, как мы видели, несет устьица¹. Оказывается, что в этих устьицах мы должны видеть регуляторы испарения. Когда растение переполнено водой, щелевидное отверстие устьиц широко раскрывается (фиг. 48, b), испарение усиливается, но как только, вследствие ли усиленного испарения или недостаточного притока воды, листья станут завядать, отверстие устьиц суживается (фиг. 48, a), почти закрывается, испарение понижается, и растение начинает оправляться. Из подобных же опытов мы узнаем, что листья с блестящею кожистою поверхностью испаряют менее, чем листья травянистые; это нам объясняет, почему растения с такими кожистыми листьями, повидимому, легче выносят знойные, сухие климаты. Наконец, подобные же опыты научают нас, что молодые листья испаряют быстрее старых листьев одного и того же

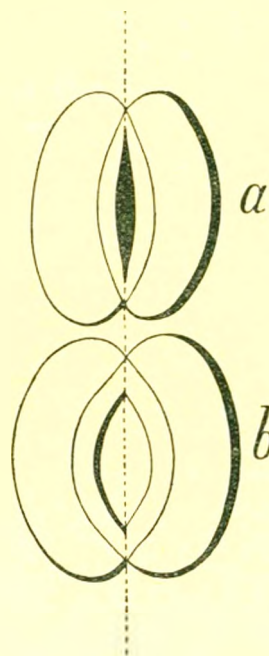


Фиг. 47.

¹ См. пятую лекцию.

растения, и этот факт дает нам одно из объяснений, почему питательные соки будут пртекать именно к этим молодым, растущим органам¹.

Убедившись в том, как велик расход воды, испаряемой листьями, мы можем вернуться к рассмотрению самого механизма этого движения воды в стебле. Вопрос этот в последние годы обратил на себя особое внимание, но нельзя сказать, чтобы получил вполне удовлетворительное разрешение. Правда, нет недостатка в объяснениях, но именно это изобилие объяснений доказывает, что ни одно из них не удовлетворяет вполне. Остановимся только на фактах, легко проверяемых на опыте. Прежде всего необходимо было решить, каким путем движется ток воды: в полостях или в стенках сосудов и сосудистых клеток. Против первого предположения, что сок движется в полостях сосудов, представляющих, очевидно, простейший путь, так как они образуют сплошной канал, — против этого самого естественного предположения возражали, что сосуды обыкновенно не наполнены жидкостью, а содержат чередующиеся со столбиками жидкости пузырьки воздуха. Но именно это присутствие воздуха, служившее прежде препятствием для допущения, что вода движется по сосудам, в настоящее время служит ключом для объяснения этого явления. Оказалось, что воздух этот находится обыкновенно в очень разреженном состоянии, и благодаря этому обстоятельству каждый сосуд действует подобно насосу. Убеждаются в этом факте следующим простым опытом. Пригибают какой-нибудь стебелек в сосуд с ртутью так, чтобы часть стебелька находилась под ртутью, и *под ртутью же* перерезают его. Если затем сделать продольные разрезы этого стебля, то убедимся, что ртуть в виде тончайших нитей проникла в полости сосудов. Всего красивее видно это явление, если рассматривать микроскопический препарат не в проходящем свете, как обыкновенно, а при падающем, — тогда в сосудах ясно видим блестящие ртутные столбики, подобно тому как мы их видим в волосной трубке термометра (фиг. 49, I)². Вспомним, что ртуть не подымается сама собою



Фиг. 48.

в волосных трубках, как вода, а что, напротив, ее можно вгонять в подобные трубки, только прибегая к давлению, тем более значительному, чем уже трубки. Но поперечник сосудов гораздо менее поперечника тех волосных трубок, над которыми обыкновенно производят физические опыты. Исходя из этих соображений, мы можем заключить и приблизительно измерить, как значительно разрежение воздуха в сосудах, вызывающее это всасывание ртути. Невольно возникают два вопроса: почему же эти разреженные газы сосудов не приходят в равновесие с внешней атмосферой и какая причина этого разрежения? Первый вопрос разрешается очень просто: внутренняя атмосфера сосудов отделена от наружных частей растения, содержащих воздух при обыкновенном атмосферном давлении, слоем непроницаемой ткани, так что совершенно уединена от внешней атмосферы. Но стоит только посредством поперечного разреза привести срединные части органа в соприкосновение с атмосферой — и равновесие между внутренней и внеш-

ненные в последнее время ручные микроскопы, употребляемые для передачи слушателям на лекциях: микроскопы эти снабжены металлическими вогнутыми зеркалами, делающими изображение при падающем свете очень ясным.

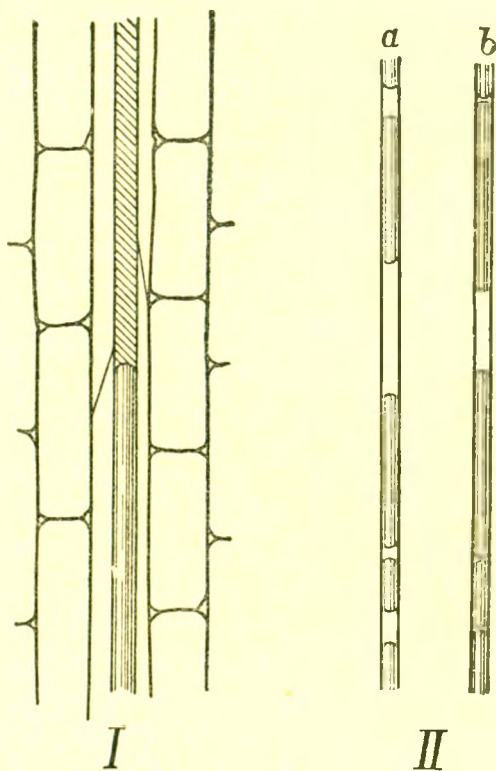
¹ Подробнее смотри в приложении статью К. А. Тимирязева «Борьба растения с засухой». Ред.

² Особенно удобны для этой цели очень распростра-

ней атмосферой мгновенно установится. Потому-то и необходимо делать разрез под ртутью; как бы мы быстро ни переносили отрезанную ветвь в ртуть, мы не получили бы результата. Но если срезанную и затем погруженную концом в ртуть ветвь оставить в таком положении несколько времени, то заметим, что ртуть начнет подниматься в сосудах. Этот опыт дает нам ответ на второй из поставленных выше вопросов: как объяснить себе происхождение этой разреженной атмосферы? Объяснение это следующее. Листья испаряют воду, вследствие чего в их клеточках образуются более концентрированные растворы заключающихся в них веществ. Эти растворы, как мы видели выше (фиг. 46, справа), притягивают новые количества воды из смежных клеточек и, таким образом, от клеточки к клеточке черпают эту воду из ее запаса в сосудах. Но если вода удаляется из сосудов, то воздух чередующихся в ней пузырьков занимает ее место, увеличивается в объеме, то-есть, другими словами, разрежается. Вследствие этого разрежения новое количество воды всосется со-

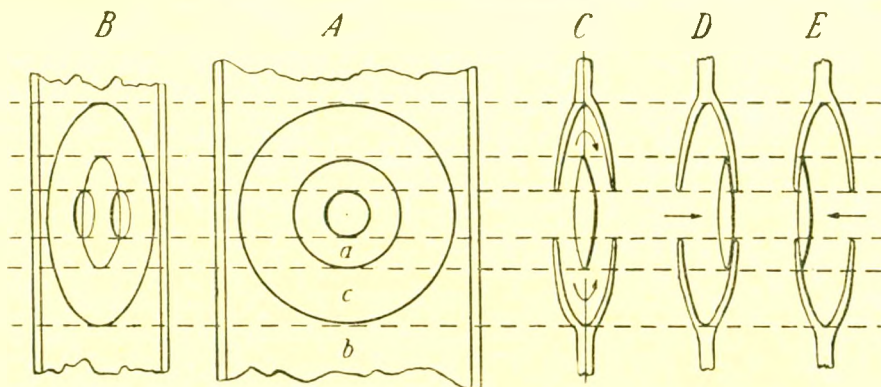
судами из клеточек корня. Справедливость этого заключения может быть доказана прямыми опытами. Срезав кончик несущего листья стебелька таким острым клином, чтобы он был достаточно прозрачен для помещения его в капле воды под микроскопом, можем непосредственно убедиться в следующих фактах. Если в капле воды взвешены мелкие частицы порошкового тела, то мы заметим, как они будут устремляться в отверстия сосудов и нестись далее по их длине. Пузырьки, замечаемые в сосудах, будут или уменьшаться, когда испарение листьев будет ослабевать, или увеличиваться в объеме (то-есть воздух будет разрежаться), когда испарение листьев будет усиливаться (фиг. 49, II, а и б)¹. Таким образом, в настоящее время, несмотря на долголетние сомнения, роль сосудов как водопроводов растения не может быть более оспариваема.

В связи с ролью сосудов выяснился в последнее время и смысл одной анатомической подробности их строения, давно останавливавшей на себе внимание самых знаменитых анатомов: это так называемые *окаймленные поры*, встречающиеся на сосудах и сосудодвижных волокнах (трахеидах). Они легко наблюдаются в древесине наших хвойных, то-есть на микроскопическом разрезе почти любой зажигательной спички. Если сделать долевой разрез так, чтоб он лежал в плоскости, проходящей через ось и поперечник ствола (радиальный разрез), то заметим на стенках сосудодвижных волокон многочисленные двуконтурные кружки (фиг. 50, А, а, б). При более внимательном наблюдении заметим и третий, менее явственный кружок (с), средний между а и б. Если долевой разрез не будет лежать в плоскости поперечника ствола, а пересечет его под более или менее острым углом, то картина изменится. Вместо изображения поры «с лица», мы увидим ее «в три четверти» (В) и убедимся, что внутренних (малых) кружков всегда два. Для того чтобы выяснить себе далее строение поры, остается сделать еще тре-



Фиг. 49.

¹ На фигуре 49, II, а и б, изображены два последовательных состояния одного и того же сосуда, наблюдаемого под микроскопом во время сильного испарения воды листьями. Сравнивая их между собой, замечаем, что при а капли воды уменьшились, а пузырьки воздуха соответственно увеличились.



Фиг. 50.

тый разрез под прямым углом к разрезу *A*; он даст нам изображение поры в профиль, то-есть ее разрез (*C*, *D*, *E*). Этот разрез нам все объясняет. Оказывается, что общие стенки двух смежных клеточек образуют в этом месте чечевицеобразную полость, край которой соответствует наружному кругу поры (*b*)¹. Полость эта образована как бы двумя часовыми стеклами, просверленными посредине круглыми отверстиями (*a*). На фигуре *A* отверстия эти лежат одно под другим, так что их изображения совпадают в один внутренний круг (*a*); на фигуре *B*, благодаря тому что мы смотрим вкось, видны оба круга. Чечевицеобразная полость делится пополам натянутою поперек тончайшею пленкою (*C*) между *c* и *b*, середина которой утолщена в виде диска.

Края этого диска, просвечивая сквозь всегда прозрачную, как стекло, стенку клетки, и дают изображение среднего круга (*c* в *A* и *B*). Ознакомившись с устройством этих пор, зная, что элементы, ими снабженные, играют роль насосов, легко угадать их значение: это — клапаны, в высшей степени совершенные клапаны. Когда давление в сосудах невелико, вода проходит через тонкую пленку (как показано стрелками при *C*). Сопrotивление этих пленок движению воды ничтожно: капля воды, нанесенная на верхний срез длинной ветви, почти мгновенно сопровождается выделением такой же капли из нижнего среза. Но эти тонкие пленки легко могли бы разрываться под влиянием таких давлений,

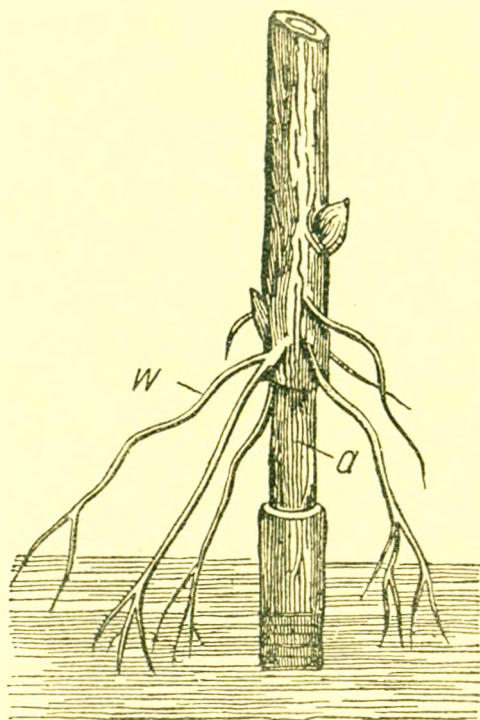
какие, как мы видим, наблюдались в сосудах. Тогда тонкая пленка искривляется, и диск прикладывается к тому или другому отверстию, смотря по направлению давления (как показано стрелкой при *D* и *E*). Таким образом, окаймленная пора является очень целесообразно устроенным двусторонним клапаном, приспособленным к различным давлениям в сосудах. Эти клапаны обеспечивают равномерное распределение воды в растении.

Узнав, что вода движется по сосудам, узнав и причину этого движения, мы можем еще попытаться узнать, как быстро движется эта вода. Для этого поступаем следующим образом. Ветвь исследуемого растения помещаем в воду, содержащую немного такого вещества, присутствие которого легко обнаружить в растении, и, разрезая по прошествии некоторого времени стебель на поперечные кусочки, узнаем, до какой высоты успело подняться оно во время опыта. Самое быстрое движение, которое было наблюдаемо таким образом, достигло приблизительно одной сажени в час.

Испарение листьев, отнимая постоянно у воздушных органов растения воду, служит, следовательно, главною причиной поступления новых количеств воды из стебля и корня. Но спрашивается: почему же мы приписываем эту деятельность именно листьям, а не стеблям? Ответ на это нам даст анатомическое строение стебля. Только в самом молодом возрасте стебель бывает снабжен кожицею, сходною с кожицею листьев, затем она отмирает, трескается, отпадает, а под нею, в той части стебля, которую мы на-

¹ Для указания соответственных частей всех фигур проведены линии черточками.

звали первичной корой, образуется так называемая *пробковая* ткань. Пробковой она называется потому, что у одного вида дуба она очень развита и образует то вещество, из которого выделяются пробки. Строение и внешний вид этой ткани могут быть весьма различны; так например, у пробкового дуба она образует сплошной слой в несколько пальцев толщины, в березе же она представлена тонкою, сложащеюся на листочки берестой. Но во всех этих случаях она представляет одно общее свойство — непроницаемость для воды. Благодаря этому свойству она образует на стебле как бы непромокаемую одежду, охраняющую его от бесполезного или даже вредного испарения. Любопытно, что эта пробковая ткань образуется сама собой именно в тех условиях, когда растительный орган, насильственно обнаженный, подвергается ненормальному испарению, и, таким образом, она полагает предел этому болезненному проявлению. Так например, стоит поранить какой-нибудь растительный орган, обнажить, оставить незащищенными его внутренние ткани, и через несколько времени рана сама собою затянется пробкой.



Фиг. 51.

Итак, корень гонит воду в стебель, стебель проводит ее к листьям, листья испаряют ее в воздух. Только при совокупном и равномерном исполнении всех этих отправлений деятельность растения будет вполне правильной. Равновесие нарушается, когда растение испаряет более, чем получает, — тогда оно вянет; равновесие нарушается и тогда, когда растение не успевает испарять всей получаемой воды, — тогда оно начинает выделять ее в виде капель, как это мы и замечаем в теплые влажные вечера, когда вследствие насыщения атмосферы водяным паром испарение листа почти прекращается.

Переходим теперь к рассмотрению другого движения питательных веществ, направляющегося не к листу, а из листа во все части растения, в том числе и в корень. Что такое движение должно существовать, очевидно *a priori*¹, так как в листе вырабатывается органическое вещество, из которого построены все части растения; что оно действительно существует, наглядно доказывается следующим любопытным опытом. Срежем ивовую ветвь и поставим ее в воду. По прошествии нескольких дней или недель вокруг нижнего сечения ветви образуется нарост или наплыв, и из этого наплыва начинают пробиваться корешки. Эти корешки, очевидно, должны были образоваться на счет веществ, полученных из листа или уже находившихся, по дороге от него, в стебле. Постараемся определить, каким же путем спустились они до вновь образовавшихся корней. Для этого употребим тот же прием, который употребили для определения пути восходящего тока. Сделаем в одной ветви кольцевую вырезку коры вплоть до камбия, как это показано на фигуре 51 (а), и поместим нашу ветвь в воду на несколько недель. Заметим, что на этот раз корни появятся не в нижней части стебля, а на верхнем крае кольцевой вырезки (w); очевидно, что, перерезав кору, мы преградили путь питательным веществам, спускавшимся вниз по стеблю.

Значит, кольцевая вырезка коры, несколько не вредящая поднятию сока, идущего из корня, окончательно препятствует соку, идущему в об-

¹ *A priori* (лат., а priori) — до опыта, не исходя из опыта; в противоположность *a posteriori* (а постериори) — после опыта, на основании опыта. *Ред.*

ратном направлении. Значит, сок, идущий из корня, направляется по древесине, сок, идущий из листьев, — по коре. В справедливости этого вывода убеждает и другой опыт. Выберем ветвь какого-нибудь растения, на которой только что начали завязываться плоды, и вырежем кольцо коры в том месте ветви, которое отделяет плоды от ближайших листьев, — плоды перестанут развиваться. Таким образом, кольцевая вырезка коры, разобщающая какой-нибудь орган, будет ли то корень или плод с питающими его листьями, заранее отнимает у этого органа возможность развития. Следовательно, не подлежит сомнению, что питательные вещества, служащие для построения органов, движутся по коре. Но кора, как мы видели, представляет сложное строение: мы различаем в ней первичную и вторичную кору. По которой из этих двух систем движется питательный сок? Делаем вновь опыт с кольцевой вырезкой, но на этот раз осторожно срезаем только наружную часть — первичную кору, стараясь не повредить вторичной, то-есть лубяной части сосудистых пучков. Получаются результаты, как в первом опыте, то-есть корни образуются при основании ветви. Значит, движение совершается по вторичной коре. Попытаемся сделать еще один шаг — определить, по каким же элементам вторичной коры будет двигаться этот сок. Мы знаем, что их главным образом два: лубяные волокна и ситовидные сосуды. Уже одно сравнение форм этих двоякого рода элементов делает вероятным, что это отправление принадлежит последним, так как волокна представляют очень толстые стенки и почти полное отсутствие полости, между тем как ситовидные сосуды представляют широкие каналы, сообщающиеся посредством открытых пор, через которые могут проходить не только жидкие и полужидкие вещества, но даже проскальзывают мелкие крупинки крахмала. Это вероятие превращается в полную достоверность благодаря следующему опыту. Берем ветвь олеандра и проделываем с нею то же, что сделали во втором опыте с ивовою ветвью, то-есть срезаем полное кольцо коры до самого камбия. Получается совершенно неожиданный результат: корни образуются не только на краю вырезки, но и при основании ветви, — значит, питательные вещества проникают туда

какими-нибудь иными путями, помимо коры. Это кажущееся противоречие вполне выясняется, когда узнаем, что стебель олеандра представляет отклонение от описанного нами типического строения ствола. У него, кроме ситовидных сосудов в коре, существуют еще пучки этих элементов в сердцевине, и они-то, вопреки кольцевой вырезке коры, проводят соки в нижнюю часть стебля. Таким образом, описанных четыре простых опыта с ветвями ивы и олеандра, постоянно, систематически ограничивая круг возможных предположений, наконец с полною до-



Кунцевский дуб (см. стр. 107).

стоверностью указывают нам на ситовидные сосуды как на те пути, по которым распространяется так называемое пластическое, то-есть служащее для построения новых частей, питательное вещество растения.

Новейшие исследования над распределением млечных сосудов в листе делают вероятным предположение, что они также служат очень удобными путями для движения питательных соков. На это указывает тот факт, что они всегда находятся в непосредственном соседстве с зеленою тканью листа, где вырабатываются питательные вещества. Предположение это подтверждается наблюдениями, что потеря млечного сока истощает некоторые растения.

Указав путь, по которому движется сок, идущий из листьев, нам остается еще указать на причины, побуждающие его двигаться. Здесь еще раз, и уже в последний, объяснительным ключом является диффузия — слово, которое как постоянный припев нам приходилось повторять каждый раз, когда возникал вопрос о поступлении или перемещении вещества из внешней среды в растение или из одной его части в другую. Растворенное вещество по законам диффузии, очевидно, притекает именно туда, где оно принимает нерастворимую форму, слагаясь ли в виде запаса на будущее время или прямо расходуясь на строение твердых частей растения¹. Отложения питательных веществ образуются на всем пути сосудистых пучков; клетки, окружающие пучки, обыкновенно очень богаты крахмалом, иногда кристаллами и другими веществами. Отложение запасов питательных веществ мы

видели в белке семени; такие же запасы, но в более громадных размерах, встречаются и в других частях растения. Так например, они отлагаются в сердцевине, в сердцевинных лучах и вообще в клеточной ткани стеблей. В сердцевине так называемых саговых пальм отлагаются запасы крахмала, которые можно считать пудами; в клубнях картофеля отлагается также крахмал; в корнях свекловицы отлагается в изобилии сахар; в кочках капусты или в корнях репы — разнообразнейшие питательные вещества; наконец, в мясистых листьях описанной выше агавы отлагается в течение нескольких лет запас сахара. Одним словом, нет почти растительного органа, который не мог бы сделаться вместилищем, складом питательных веществ. Эти запасы идут в дело или на следующий год после их отложения, как это бывает со свекловицей или капустой, запасы которых потребляются на развитие стеблевых и цветочных органов на второй год существования, или эти запасы накапливаются десятками лет, как, например, сахар в листьях агавы, и затем расходуются на образование колоссальных соцветий, несущих цветы и плоды этого растения. Как бы то ни было, образование запасов есть только временное, переходное назначение питательных веществ; окончательного своего назначения они достигают только тогда, когда затрачены на образование новых частей растения, новых органов, новых клеточек, то-есть тогда, когда послужат для его *роста*. Ознакомившись, таким образом, с явлением питания, в смысле принятия, переработки и передвижения пищи, мы в следующей лекции можем перейти к изучению явлений *роста*.

¹ См. вторую и третью лекции.

VII

РОСТ

Питание и рост. — Направление роста корня и стебля. — Влияние земного притяжения. — Напряжение тканей. — Образ действия земного притяжения. — Влияние света. — Гелиотропизм. — Способы измерения роста. — Влияние температуры. — Термотропизм. — Рост и размножение клеточек. — Деление ядра. — Ближайшее действие света на рост клеточных стенок. — Влияние давления на форму клеточек. — Механизм роста клеточки. — Можно ли слышать, как прозябает растение. — Значение экспериментального искусства

В поэтических сказаниях некоторых народов Севера богам и вещим людям приписывается способность не только видеть, но даже чутким ухом «слышать травы прозябание». В настоящей лекции мы именно займемся вопросом: может ли глаз и ухо простого смертного достигнуть такой степени изощрения, чтобы видеть и слышать, как растение растет? Условимся прежде, какой ближайший смысл мы придадим этому слову. Под ростом, в тесном смысле, мы будем разуметь то увеличение в размерах растения, которое происходит вследствие превращения усвоенных и переработанных им питательных веществ в его твердую основу, в его остов, состоящий главным образом из стенок его клеточек. Таким образом, хотя рост необходимо предполагает питание, но оба эти процесса могут происходить и одновременно — рост может происходить и при таких условиях, когда одновременное питание невозможно, как, например, в темноте; даже обыкновенно эти оба отправления разделены как в пространстве, так и во времени. Наиболее энергический рост происходит обыкновенно в самых молодых частях, развивающихся на счет деятельности уже вполне развитых органов, служащих по преимуществу для питания. Особенно резко обнаруживается разделение во времени этих двух существенных отправлений раститель-

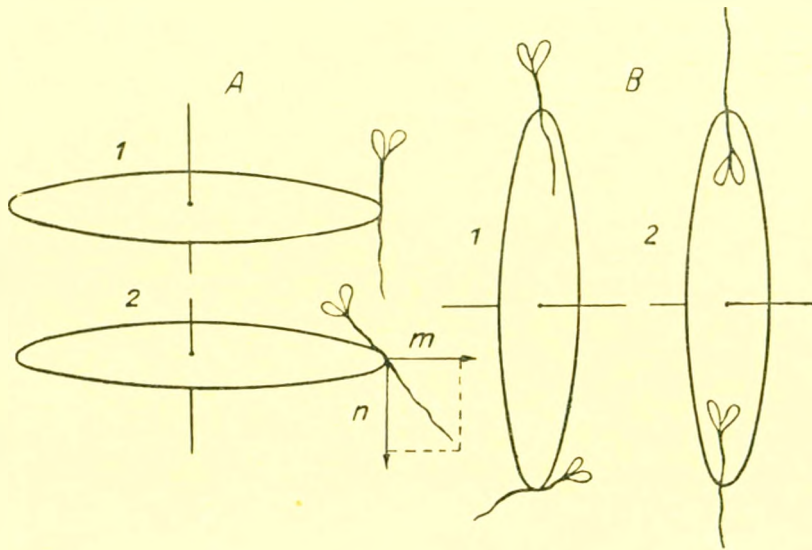
ной жизни — питания и роста — в тех перечисленных нами в конце прошлой лекции случаях, когда рост происходит на счет обильных, нередко многолетних запасов пищи. Мы видели также, что во время прорастания увеличение размеров ростка не только не обуславливается соответствующим увеличением в весе, но даже сопровождается постоянной и значительной тратой вещества вследствие дыхания.

Начнем наш обзор явлений роста с того момента, когда из прорастающего семени выбиваются корешок и росток, когда один, как бы убегая от света, зарывается в землю, а другой устремляется в воздух, как бы тянется навстречу к свету. Первый вопрос, который должен бы естественно представиться при наблюдении этого явления, но который, вероятно, мало кому приходит в голову — до такой степени мы привыкли к этому явлению, — это вопрос: почему корень и стебель растут в противоположные стороны, один — в землю, другой — в воздух, один — вниз, другой — вверх?

Этот вопрос стоил ученым немало хлопот, да и в настоящее время не может считаться решенным во всех своих подробностях. В поисках причин этого явления подозрения ученых, весьма естественно, пали на свет и на влажность почвы. Полагали, что стебли тянутся

к свету, а корни убегают от света и что, следовательно, в свете должно видеть внешнюю силу, обуславливающую направление роста. Но нетрудно было доказать несостоятельность этого взгляда. В совершенной темноте направление частей будет то же самое; мало того, если посеять семена в решете и подвесить его над окном так, чтобы оно было освещено снизу, то корни, пройдя сквозь слой земли, выйдут наружу через отверстия решета и будут продолжать расти к свету, между тем как стебли потянутся вверх, следовательно от света. Другое предположение, что направление корня вызывается влажностью почвы, устраняется опытом, при котором прорастающие семена окружаются со всех сторон влажной землей или заключаются в сырую губку; степень влажности при этом со всех сторон одна и та же, а между тем направление корня и стебля будет, как всегда, отвесное. Итак, корень и стебель не имеют никакого постоянного положения ни по отношению к свету, ни по отношению к влажности; постоянно только их положение к горизонту: корень всегда растет вниз, стебель — вверх, или, выражаясь точнее, так как это явление наблюдается во всех точках земного шара, у нас так же, как у наших антиподов, корень направляется к центру земли, стебель — обратно. Уже одно это постоянство направления указывает, что сила, вызывающая это явление, должна быть тяжесть, то-есть притяжение нашей планеты, но мы можем это доказать строго экспериментальным путем. Если это направление частей зависит от силы тяжести, то, устранив эту силу, мы устраним самое явление; ослабив силу, ослабим явление; наконец, заменив эту силу другою, действующею в ином направлении, соответственно изменим и самое явление. Но как же взяться за дело, как устранить какое-нибудь тело на земной поверхности от действия притяжения Земли? Как сделать, чтобы для растения не существовало ни верха, ни низа? Очевидно, в буквальном смысле мы этого сделать не в состоянии. Но мы можем заставить эту силу действовать в краткие промежутки времени в противоположном направлении и, таким образом, взаимно уравновесим, устраним ее действие в более продолжительные сроки времени. Для этого прикрепим прорастающие семена на ободе вра-

щающегося колеса (например на колесе, приводимом в движение небольшим электромагнитным двигателем). Если колесо будет вращаться в горизонтальной плоскости (как на фигуре 52, А, 1), то, очевидно, это не мешает корню расти вниз, стеблю — вверх. Но если колесо будет вращаться в вертикальной плоскости (фиг. 52, В, 1) или, что все равно, если мы прикрепим проросшее семя к минутной стрелке стенных часов, то, очевидно, при каждом полуобороте положение корня и стебля будет меняться; для растения в итоге не будет существовать ни верха, ни низа, ни правой, ни левой стороны; постоянное, направленное в одну сторону действие силы тяжести будет уничтожено. Опыт, произведенный при таких условиях, показал, что корень и стебель будут действительно принимать какое угодно положение, обыкновенно же сохраняют то положение, в котором были прикреплены (фиг. 52, В, 1). До сих пор мы предполагали, что колесо вращается медленно, настолько лишь, чтобы семя не могло долго оставаться в одном положении относительно горизонта; заставим его теперь вращаться быстрее. Тогда при этом будет действовать так называемая *центробежная сила*, то-есть обнаружится явление, которое мы наблюдаем, когда быстро вертим в воздухе какое-нибудь тяжелое тело, привязанное на конце веревки. Эта сила действует как бы по направлению от центра к окружности, как это нетрудно видеть из следующего опыта. На гладкой спице горизонтально вращающегося колеса, около его втулки, надето кольцо; как только колесо начнет вращаться с достаточною быстротой, кольцо начнет скользить по спице, пока не ударится об обод колеса. Следовательно, эта центробежная сила, действуя на тела, заставляет их двигаться по направлению от центра к окружности колеса. Очевидно, она не может остаться без влияния на прорастающие семена. И действительно, если мы заставим колесо В вращаться с известной быстротой, то увидим, что корешки и стебли примут одно определенное положение: корешки вытянутся по направлению действия силы, то-есть от центра; стебли, наоборот, — к центру колеса (фиг. 52, В, 2). Посмотрим теперь, какой результат получится с быстро вращающимся горизонтальным колесом.



Фиг. 52.

Здесь, очевидно, условия не те же, что при вертикальном; там сила тяжести совсем устранена, направляющей силой является центробежная; при горизонтальном же положении колес действуют обе силы. Под влиянием одной силы тяжести корень направился бы, как показывает стрелка n (фиг. 52, А, 2); под влиянием одной центробежной силы он направился бы, как показывает стрелка m ; при одновременном действии он, очевидно, должен принять известное среднее положение, как показано на чертеже, — положение, которое тем более будет приближаться к горизонтальному, чем энергичнее будет действие центробежной силы, то-есть чем больше колесо и чем быстрее оно вращается. Опыт вполне подтверждает это предположение. Итак, направление частей растения зависит от силы, действующей по направлению к центру Земли: уничтожая влияние этой силы (как на медленно вращающемся вертикальном колесе), мы уничтожаем и самое влияние; изменяя это влияние действием другой силы (как в опыте с быстро вращающимся горизонтальным колесом), мы соответственно изменяем и влияние. Но нам известна только одна такая сила — сила тяжести, то-есть притяжение нашей планеты. Наконец, мы можем вызвать подобные же явления, заменив силу тяжести центробежной силой (как в опыте с быстро вращающимся вертикальным

колесом), и тогда заметим, что органы будут направляться в том же смысле, то-есть корень — по направлению действия силы, стебель — по направлению, противоположному действию силы.

Значит, притяжение Земли есть та сила, которая определяет постоянное направление роста стебля и корня. Но одно дело — указать, какая сила действует в известном явлении, и совсем иное дело — показать, объяснить, как и почему эта сила действует в таком именно смысле.

В самом деле, если мы скажем, что корень под влиянием силы тяжести направляется к центру Земли, то это будет само собой понятно, но как понять, что стебель под влиянием той же силы тяжести стремится, напротив, удалиться от центра Земли? А между тем таков в действительности факт. Не только вертикально поставленный стебель продолжает расти в этом направлении, но даже горизонтально положенный стебель приподнимается, изгибаясь крутым коленом. Вот небольшой росток кресса, который я положил несколько часов тому назад плашмя на стеклянную пластинку (фиг. 53, а, б); как видите, его стебелек заворотился кверху и из положения m пришел в положение n . Вот еще целая щетка кресса, выращенного на куске войлока; сначала войлок лежал горизонтально, затем я его поставил на ребро, затем верхом вниз, затем на другое ребро, и снова горизонтально — та-

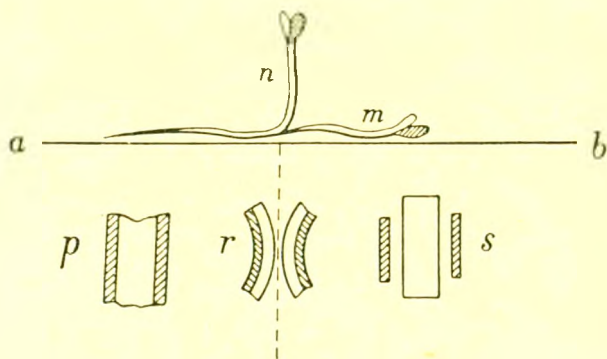
ким образом, стебельки четыре раза меняли свое положение относительно горизонта и, описав целый круг, извернувшись петлею, продолжают расти вверх. Очевидно, стебель под влиянием силы тяжести изворачивается по направлению, противоположному действию тяжести. Как это себе объяснить? При этом объяснении мы, понятно, должны постоянно иметь в виду не только стебель, но и корень. Удовлетворительным можно признать только такое объяснение, которое не только объясняет, почему стебель приподнимается, но в то же время объясняет, почему с корнем этого не бывает. Искомое объяснение должно заключаться в каком-нибудь различии стебля и корня, потому что не можем же мы допустить, чтобы одна и та же сила действовала на сходные тела несходным образом.

Посмотрим же, какое объяснение мы можем дать для явления заворачивания кверху стеблей. Для этого необходимо прежде ознакомиться с одним любопытным свойством растительных органов, с явлением так называемого *напряжения тканей*. Вырежем из средины молодого растущего стебля продольные ломтики, как изображено на фигуре 53, *p*, где затушеванная часть представляет кожу и кору. Смочим этот ломтик водой, чтобы он не засох, и острым ножом разрежем его вдоль пополам. Обе половинки тотчас изогнутся, как показано на фигуре 53, *r*. Это искривление может произойти только вследствие того, что наружная часть каждой половинки делается короче или внутренняя делается длиннее, чем была, или от того и другого вместе. Во всяком случае, мы приходим к тому заключению, что в целом, не разрезанном попо-

лам куске внутренняя и наружная части находятся во взаимно напряженном состоянии; одна растягивает другую и — обратно — сдерживается ею в своем стремлении вытянуться в длину. В справедливости этого заключения мы тотчас убеждаемся, когда вместо одного разреза сделаем два и таким образом отделим обе наружные части, освободив от них средину (фиг. 53, *s*). Тогда мы действительно заметим, что средняя часть вытянется, станет длиннее, чем была при *p*, а наружные отрезки сократятся, станут короче, чем были при *p*. Очевидно, что внутренние части стебля стремятся вытянуться и, встречая в этом стремлении сопротивление со стороны наружных частей, растягивают их. Это взаимное напряжение тканей играет очень важную роль в жизни растения; ему-то нежные, сочные стебли обязаны своею упругостью. Сами по себе ткани, состоящие из тончайших клеточных стенок и жидкостей, не могли бы представить этих свойств. Только когда клеточки переполнены жидкостью и стенки их вследствие этого напряжены, только тогда, когда внутренние ткани органа напрягают наружные и сами сжимаются ими, — только тогда орган становится упругим, нелегко перегибается, не поникает сам собою, как это мы замечаем в завядающих стеблях, в которых вследствие недостатка воды ослабляется напряжение оболочек отдельных клеток и взаимное напряжение тканей.

Прибегнем к сравнению несколько грубому, но которое в самой простой форме даст нам понятие о том, что в общих чертах совершается в растении во время роста. У меня в руках перчатка; ее пустые пальцы висят вниз. Но вот я вдуваю в один из пальцев воздух и перехватываю его при основании — теперь он уже может держаться в вертикальном и горизонтальном положениях, не отвися и не перегибаясь. Этот надутый воздухом палец представляет нам некоторое подобие клеточки, переполненной соками, или стебля, которого наружные части находятся под внутренним давлением быстрее его растущих внутренних частей.

Посмотрим, какое же отношение все до сих пор высказанное имеет к возбужденному нами вопросу: почему горизонтально положенный стебель сам собою заворачивается кверху?



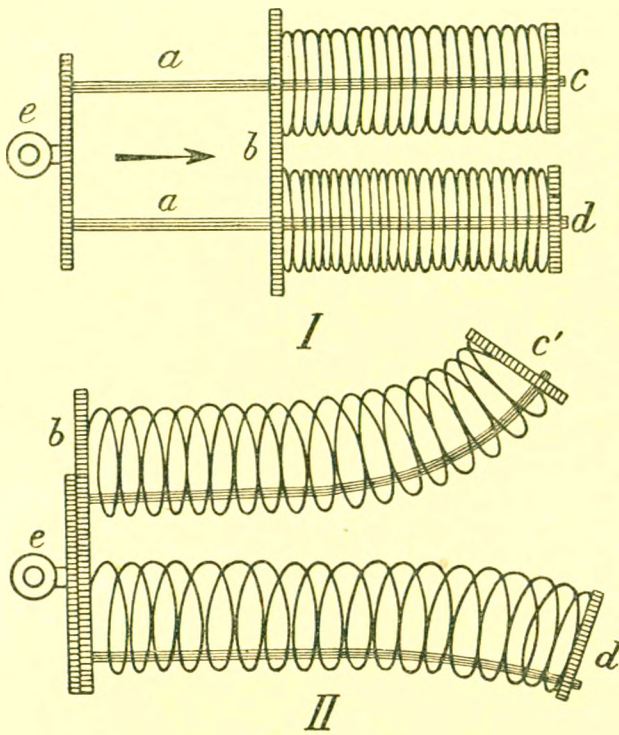
Фиг. 53.

Пока стебель находится в вертикальном положении, сила тяжести действует на все его части одинаковым образом; но как только мы приведем его в горизонтальное положение, условия изменятся. Нижняя часть, от более ли обильного притока питательных веществ или от других причин, будет расти, вытягиваться быстрее верхней. Мы уже знаем, что внутренняя часть стебля постоянно сдерживается в своем стремлении вытянуться упругостью наружной кожицы. Но в горизонтальном стебле нижняя половина этой внутренней части будет расти быстрее, при этом она будет неравномерно растягивать кожицу — нижнюю часть, ближе к ней лежащую, сильнее, чем верхнюю, более отдаленную¹. Мало того, сама нижняя кожица будет расти быстрее верхней, следовательно сама будет легче поддаваться растягиванию. Справедливость этого заключения подтверждается и тем фактом, что заворачивание лежащего стебля кверху происходит только в части, наиболее быстро растущей. В частях, уже завершивших свой рост, подобное явление невозможно. Следовательно, приводя стебель в горизонтальное положение, мы тем самым вызываем в нем неравномерный, несимметрический рост; нижняя часть обгоняет в росте верхнюю, стебель сам собою искривляется, приподнимается. Но, может быть, эти соображения покажутся недостаточно убедительными; в таком случае мы можем подкрепить их прямым опытом. Возьмем два одинаковых стебелька: один оставим расти вертикально, а другой заставим насильственно расти в горизонтальном положении и для этого просунем его в узкую стеклянную трубку, в которой он не мог бы изгибаться кверху. По прошествии известного времени расколем этот последний стебелек пополам на верхнюю и нижнюю части. Как только мы его разрежем, верхняя часть сократится, а нижняя вытянется, а если мы сравним их с длиной вертикального стебелька, то увидим, что верхняя половина горизонтального стебля короче, а нижняя длиннее вертикального, как это и следовало ожидать. То, что справедливо отно-

сительно лежащего стебля, применяется и к наклонному: как только стебель уклонится от отвесной линии, сила тяжести, вызывая усиленный рост нижней стороны стебля, выпрямляет, возвращает его к отвесному положению.

Нам теперь вполне понятно, почему под влиянием силы тяжести стебель изгибается в направлении, противоположном действию этой силы. Но теперь рождается вопрос, почему же не происходит того же с корнем. Как видите, при более внимательном изучении явления вопрос совершенно извратился. Вначале мы находили совершенно естественным и понятным, что корень растет по направлению силы тяжести; непонятным казалось, почему стебель растет в направлении обратном; теперь же мы понимаем, почему стебель растет именно так, и затрудняемся понять, почему корень растет иначе. Прибегнем за разъяснением этого кажущегося противоречия к следующей модели. Представим себе два деревянных кружка (фиг. 54, I, *c* и *d*), соединенных спиральными пружинами с поперечным бруском (*b*). Через отверстия в этом бруске пропущены два гибких каучуковых прута (*a, a*), соединенных поперечной рукояткой (*e*). Концами своими они упираются в середину кружков (*c* и *d*). Толкая эти прутья в направлении, показанном стрелкой, мы будем раздвигать обороты спиралей и приводить обе пружины в напряженное состояние. Каучуковые прутья нашей модели должны изображать быстро растущие осевые части органов, а натягающиеся пружины — медленнее растущие и растягиваемые ростом внутренних частей наружные ткани этих органов. Таким движением мы изображаем рост симметрический и происходящее от него напряжение тканей; постараемся, при помощи той же модели, изобразить рост несимметрический, например рост, вызываемый действием силы тяжести, причем быстрее растет нижняя сторона органа. Это достигается тем, что точка приложения гибких прутьев на этот раз будет лежать не в центре кружков, а ближе к нижнему их краю (фиг. 54, II). Вдвигая, как прежде, рукоятку, заметим совсем иной результат: между тем как нижняя спираль будет удлиняться в прямом направлении или даже под влиянием собственной тяжести отвисать вниз (*d'*), верхняя изогнется бо-

¹ Само собой очевидно, что сопротивление растяжению, оказываемое верхней половиной кожицы, будет сильнее, потому что она как бы действует на большое плечо рычага, между тем как нижняя — на малое (см. фиг. 54, II, *c'*).



Фиг. 54.

лее или менее крутою дугой вверх (с). Результат этот очень просто объясняется устройством модели. Пружины нарочно взяты неодинаковой упругости: верхняя, из более толстой проволоки, оказывает более сопротивления движению прута, чем нижняя, сделанная из проволоки более тонкой. Из этого мы выводим заключение, что неравномерное, несимметрическое давление проявляется заметным искривлением только тогда, когда наступает известная степень взаимного напряжения частей. Очевидно, то же применимо и к росту; неравномерный, несимметрический рост только тогда будет иметь последствием резкое, заметное искривление органа, когда орган этот достигнет известной упругости вследствие взаимного напряжения тканей. Но представляет ли действительно молодой, еще растущий корень такое напряжение тканей, какое мы видели в стебле? Один взгляд на такой корень уже убеждает, что в нем нет подобного напряжения. Если мы будем держать стебель горизонтально, он не перегнется,

не поникнет, между тем как корень нередко при этом повиснет, как стебель, который уже завял. Если мы обратим внимание на строение кожицы стебля и корня, то и тут заметим разницу, которая обратила на себя давно внимание анатомов. У стеблей кожица состоит из клеточек с более толстыми стенками и еще покрыта особою так называемою пленкою, которая трудно смачивается водой и очень упруга; напротив, кожица корня имеет клетки с более тонкими стенками, легко всасывает воду и потому более растяжима, менее упруга, чем кожица стебля. Наконец, если мы сделаем прямой опыт, как над стеблем, то убедимся, что в корне не существует такого напряжения, как в стебле. Если мы разрежем пополам продольный ломтик корня (как на фигуре 53, r), то не заметим заворачивания половинок; если разрежем его на три части (фиг. 53, s), то не заметим удлинения средней части, укорачивания наружной. Словом, корень не представляет нам напряжения тканей, свойственного стеблю; его наружные части растут так же быстро, как и внутренние. Это обнаруживается еще в одном свойстве корня: молодой корень вообще удлиняется быстрее стебля; потому он и не представляет напряжения, которое есть не что иное, как задержанный рост.

Таким образом, если действие тяжести не вызывает заворачивания кверху растущей оконечности корня, то это отчасти уже объясняется отсутствием в нем необходимого для того механического условия: в нем нет соответствующего напряжения тканей. Наша модель поясняет, как, допуская одинаковое действие силы тяжести, но только различное строение органов, мы можем получить прямо противоположный результат. Это соображение полезно всегда иметь в виду при обсуждении физиологических фактов. Если один и тот же внешний фактор вызывает в различных органах различные действия, то мы должны допустить одно из двух: или различие в свойствах органов, или сложность самого фактора. По отношению к силе тяготения это второе предположение невозможно, но различие в напряжении тканей, конечно, не единственное возможное различие в свойствах стебля и корня.

Наше объяснение было бы вполне удовлетворительно, если бы мы могли доказать далее, что

горизонтально лежащий корень растет в нижней своей части, подобно стеблю, скорее, чем в верхней, и только *вопреки* этому, вследствие своего веса, *пассивно* сгибается вниз, как наша пружина d' (фиг. 54, II). Существовали опыты, которые это, повидимому, доказывали, но они вызвали сомнения, так как другие наблюдатели с тех пор получали противоположные результаты, так что вопрос *о способе действия* силы тяжести на корень должно считать пока открытым¹. Ниже мы действительно увидим, что вопрос этот значительно усложняется, и для объяснения явления приходится считаться не только со строением целых органов или составляющих их тканей, но и с подробностями строения составляющих эти ткани клеточек.

Посмотрим теперь, какие еще внешние условия влияют на явление роста. Отыскивая причины, определяющие естественное вертикальное направление роста стебля и корня, мы убедились, что оно не находится в зависимости от света. Мы убеждаемся далее, что рост возможен даже при полном отсутствии света; картофель, репа дают в совершенной темноте подвалов длинные ростки; мы можем убедиться в этом над любым семенем, любым побегом — все они будут расти в темноте.

Вправе ли мы вывести из этого заключение, что свет не влияет на рост? Нимало: простейший опыт нам покажет, как значительно это влияние. Поставим прорасти семена кресса в двух горшках в совершенно одинаковой почве, но один поместим в темноту, а другой оставим в светлом месте. Различие не замедлит обнаружиться. Кресс, выросший в темноте, будет иногда раз в десять длиннее выросшего на свету, но зато стебельки эти будут тонкие, хилые, многие

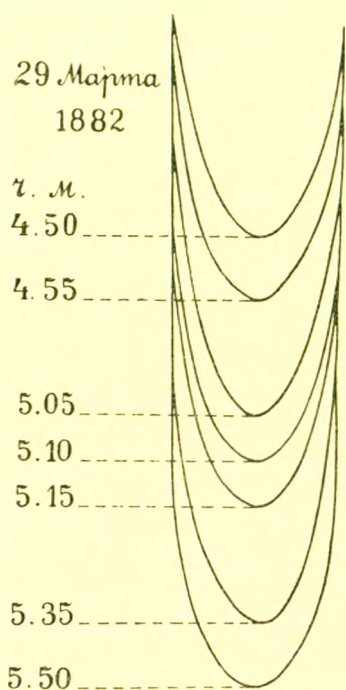
из них полягут. Семена, проросшие на свету, дадут стебли короткие, но более здоровые, толстые и упругие. Значит, свет не остается без влияния на рост, или, правильнее, — удлинение стеблей, но это влияние будет, повидимому, не ускоряющее, не способствующее, а напротив — *задерживающее*. Этим замедлением роста стеблей в длину еще не ограничивается влияние света. Если оставить любое растение в комнате в таком положении, чтобы оно получало свет постоянно с одной стороны, то заметим, что его молодые, растущие стебли наклонятся, потянутся, как обыкновенно выражаются, к свету. Очевидно, мы не вправе приписывать солнечным лучам какую-нибудь притягательную силу, да и нет надобности прибегать к таким излишним гипотезам; из сопоставления двух только что описанных опытов мы можем вывести объяснение этого явления — наклонения стеблей навстречу свету. Свет задерживает рост стеблей, но при одностороннем освещении, очевидно, он будет действовать не с одинаковою силою на обе половинки стебля — переднюю, которая получает полное освещение, и заднюю, которая находится постоянно в тени. Передняя часть будет вследствие этого расти несколько медленнее задней, и результатом этого будет склонение навстречу к свету¹. Одним словом, мы встречаем здесь случай, противоположный действию тяжести. Сила тяжести *ускоряет* рост той стороны, которая обращена к центру Земли, стебель *удаляется* от него. Свет *замедляет* рост той стороны, которая обращена к его источнику, — стебель *направляется* к нему. Явлению этому присвоено название *гелиотропизма*.

Но если свет задерживает рост стеблей, то из этого не следует ли заключить, что растения должны расти преимущественно ночью? Вопрос этот неоднократно возбуждался и разрешался различно. Эти противоречия не должны нас удивлять, так как вопрос сам по себе сложный, а наблюдение роста в такие небольшие промежутки времени требует довольно тонких приемов исследования, которыми наука обладает не так еще давно. В самом деле, кроме некоторых

¹ Замечу только, что приводимые ботаниками соображения о вращении кончика корня в ртуть, об оказываемом им давлении ничего не доказывали, так как при этих опытах смешивались два явления: *рост* (всего органа в длину) и *искривление* (зависящее только от разности в росте верхней и нижней стороны искривляющейся части). Корень производит свое давление прежде всего потому, что растет, а что давление, производимое ростом, не имеет никакого отношения к его весу, для всякого очевидно, точно так, как пружина d' (фиг. 54, II) я могу сдвинуть с места предмет, вес которого не имеет никакого отношения к весу пружины, и это несколько не мешает пружине изгибаться *пассивно* вниз.

9 К. А. Тимирязев

¹ См. примечание на стр. 133. *Ред.*



Фиг. 55.

редких случаев¹, прирост в длину в промежутки 10—12 часов не так значителен, чтобы его удобно было наблюдать, если бы экспериментальное искусство не являлось на помощь там, где оказываются недостаточными наши органы чувств. Посмотрим, какими же приемами обладает наука для обнаруживания долевого прироста, по своей незначительности ускользающего от непосредственного наблюдения. Для этого мы можем прибегнуть к помощи микроскопа, то-есть увеличить предмет наблюдения, или обратиться к другому приему, который будет обнаруживать в увеличенном виде не само растение, а лишь то движение, которое мы называем ростом. Микроскоп для этой цели всего удобнее употреблять так называемый *солнечный*, то-есть такой, при помощи которого, пользуясь солнечным или каким-нибудь достаточно сильным искусственным источником света, можно пролагать

¹ Таковы, например, побеги бамбука и упомянутые в предшествовавшей лекции цветочные стрелки агавы, которые вырастают на несколько дюймов в сутки; таковы же спирально скрученные цветочные ножки валлиснерии — растения, коротко знакомого всем любителям комнатных аквариумов (см. восьмую лекцию).

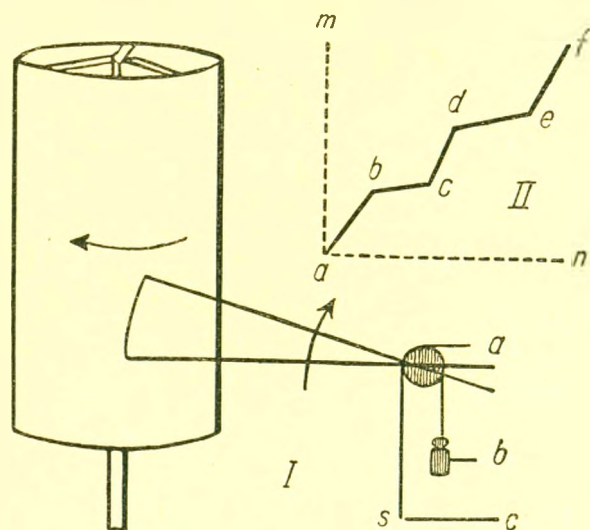
на экране изображение предмета в значительно увеличенном виде, как мы это сделаем сейчас для кончика корня прорастающего кресса. Получив на экране изображение этого кончика, мы обведем его контур карандашом и оставим корень расти (в воде), для того чтобы вернуться к нему в конце лекции и убедиться, что за это время он успел значительно вырасти. А вот пока (фиг. 55) изображение последовательных силуэтов корня пшеницы, который наблюдался в течение часа почти через каждые пять, десять минут¹. Чувствительность этого приема, как видно из приведенного примера, не оставляет ничего желать, но он был бы менее удобен, если бы мы желали его применить к изучению роста более крупных частей, например целых растений; тогда мы прибегаем ко второму из указанных только что приемов, то-есть увеличиваем не самый растущий орган, а только движение, представляемое растущими частями. Возьмем для этого прибор, существенная часть которого будет состоять из стрелки, прикрепленной к оси небольшого блока (фиг. 56, I, a). Через блок перекинута шелковинка, на одном конце которой подвязана гирька (b), а на другом — маленький крючок из тонкой проволоки (c). Подхватив этим крючком верхушку какого-нибудь стебля (маленькая ранка от этого укола не сделает ему вреда), дадим гирьке свободно повиснуть по другую сторону блока и натянуть шелковинку. Представим теперь, что наш стебель вырос на ничтожную величину; какими это будет сопровождаться последствиями? Вырастая, стебель отпустит немного шелковинку, и гирька понизится настолько, насколько выросло растение; при этом шелковинка, плотно прилегающая к блоку, вследствие трения заставит его повернуться на такую же незначительную величину. Вместе с блоком повернется и стрелка, но ее кончик, понятно, опишет путь гораздо более значительный. Таким образом, незаметное перемещение верхушки растущего стебля вызовет уже очень заметное перемещение кончика стрелки. Это перемещение будет во столько раз более первого, во сколько длина стрелки превышает полупе-

¹ Фигура 55 — изображение последовательных контуров пшеничного корешка, увеличенное при помощи микроскопа, соединенного с волшебным фонарем.

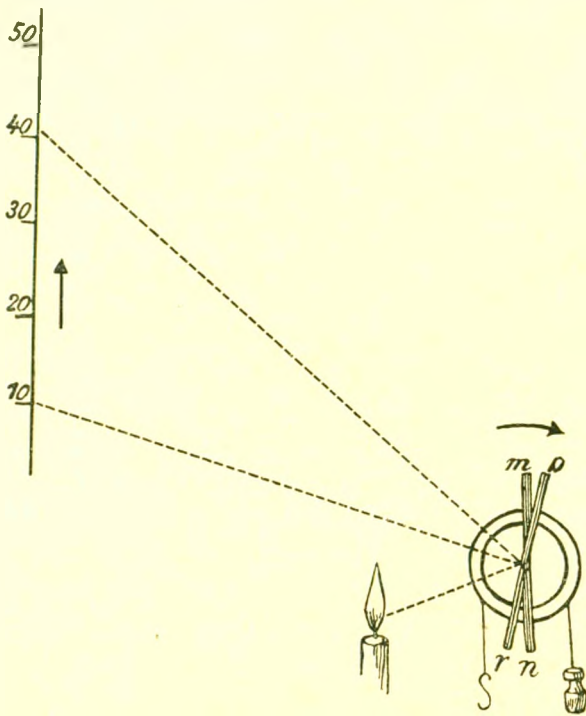
речник блока. В нашем приборе полуперечник блока равняется 2 миллиметрам, длина стрелки — 20 сантиметрам, то-есть во сто раз более, следовательно всякий прирост стебля будет обнаруживаться во сто раз бóльшим перемещением кончика стрелки. Понятно, какую пользу мы можем извлечь из этого инструмента. Стоит приставить к стрелке круг с делениями, как на часах, и прямо читать ее показания. Но мы можем сделать лучше: мы можем превратить этот прибор в так называемый самопишущий, можем заставить растение записывать, как оно росло в различные часы дня. Для этого придвинем к кончику стрелки медный цилиндр, ось которого приводится в движение часовым механизмом, так что он раз в сутки делает полный оборот в направлении, показанном стрелкой. Для того чтобы стрелка прибора оставила за собою черту, всего удобнее, как это обыкновенно делается, покрыть поверхность цилиндра густою копотью. Понятно, что если цилиндр вращается очень быстро в сравнении с движением стрелки, то черта, которую она на нем оставит, будет почти горизонтальна (как *an* на фигуре 56, II). Наоборот, если бы стрелка двигалась очень быстро в сравнении с вращением цилиндра, то она оставила бы почти вертикальную черту (*am*). При умеренном движении стрелки черта будет наклонная, и чем она будет круче, тем, значит, быстрее движение стрелки; чем более отлога, тем медленнее движение стрелки. Одного взгляда, например, на черту *abcdef* достаточно, чтобы заключить, что от *a* до *b* стебель рос быстро, от *b* до *c* — медленно, и т. д. Зная время вращения цилиндра, мы узнаем, следовательно, какому часу дня соответствовал быстрый, какому — медленный рост, и в состоянии проследить, от каких влияний зависит это ускорение или замедление. Растение, так сказать, записывает свои впечатления. Чувствительность показаний этого прибора зависит, как сказано, от длины стрелки. Употребление очень длинной стрелки неудобно во многих отношениях, и потому, когда мы желаем получить очень чувствительный прибор, такой, который позволял бы наблюдать рост в очень малые промежутки времени, например в одну минуту, или, как в настоящем случае, позволил бы показать это явление

роста целой аудитории, то мы прибегаем к несколько иному приему. Вместо стрелки мы употребляем нечто невещественное — луч света, которому мы можем дать какую угодно длину, не встречая при этом технических неудобств. Для этого вместо стрелки мы прикрепляем к оси блока небольшое зеркальце (фиг. 57, *mn*). Если против этого зеркальца поставить лампу или свечу, то луч света, отраженный зеркалом, образует где-нибудь на стене светлое пятно, так называемый зайчик. Крючок на конце шелковинки точно так же соединен с растением, и понятно, что малейший прирост и связанное с ним малейшее вращение блока с прикрепленным к нему зеркальцем будет вызывать значительное перемещение светового зайчика. Если стрелка давала увеличение во сто раз, то этот прибор с зеркальцем может дать увеличение в несколько тысяч или, вообще говоря, какое угодно увеличение, так как оно зависит только от расстояния зеркальца от стены. Для того чтобы можно было удобнее и точнее судить о перемещении светлого пятна, на стене начерчены крупные деления. Запомним, на какой черте находится оно теперь — оно падает как раз на цифру 10, — и оставим растение, в настоящем случае побег спаржи, спокойно расти, для того чтобы вернуться к нему в конце беседы.

Обладея такими совершенными средствами для изучения роста, ботаники были в состоянии



Фиг. 56.



Фиг. 57

разъяснить целый ряд вопросов, касающихся этих явлений; так например, выяснилась причина прежних противоречий относительно времени, когда происходит рост — ночью или днем. Для того чтобы разрешить их, необходимо было иметь в виду, что свет — не единственное условие, влияющее на рост: на него влияет еще влажность и особенно теплота.

Выращивая растение в темноте, при постоянной влажности, но изменяя температуру, мы узнаем, что при более высокой температуре оно будет расти быстрее, при низкой — слабее; повышая и понижая попеременно температуру, мы увидим, что стрелка описанного прибора опишет на поверхности цилиндра черту, подобную *abcdef*, где каждому крутому отрезку будет соответствовать более теплый промежуток времени, каждому отлогому отрезку — более холодный. Значит, теплота действует в смысле, противоположном свету: если свет замедляет, то теплота, напротив, ускоряет рост, как это, впрочем, давно известно садоводам, так как на этом основана возможность *выгонять* растения, ускорять их рост или задерживать его, чтобы они развились

к требуемому сроку. Понятно теперь, что вопрос о том, когда преимущественно растет растение, лишается своей кажущейся простоты. Ночью темно, но зато обыкновенно холоднее; днем светло, но зато обыкновенно теплее. Наперед трудно предсказать, которое из двух влияний возьмет перевес в данном случае; очевидно только, что рост должен быть наиболее энергичен в темную и теплую ночь и наименее энергичен в светлый холодный день.

Мы привели простое объяснение явлений гелиотропизма, то-есть склонения стеблей по направлению к источнику света, но многих это объяснение не удовлетворяет, так как рядом с общим явлением наклонения к свету существуют и сравнительно редкие явления уклонения от света, или, как выражаются, рядом с явлением *положительного* гелиотропизма встречаются более редкие случаи гелиотропизма *отрицательного*. Это противоречие, заставляющее многих ботаников отказаться от приведенного выше объяснения, быть может, очень просто устранится благодаря сделанному позднее открытию, что *одностороннее нагревание* может вызвать явления, подобные гелиотропизму и на этот раз получающие название *термотропизма*. Само собою понятно, что результат термотропизма будет совершенно обратный. Теплота ускоряет рост — следовательно, нагретая часть будет расти быстрее, и орган будет уклоняться от источника тепла. Но солнечный луч действует и как свет и как теплота, откуда понятно, что в каждом данном случае может брать верх или одно действие — и орган будет склоняться к свету, или другое — и орган будет уклоняться от света. Выше мы указали, что различие в действии какого-либо фактора может зависеть или от различия в свойствах органов, или от сложности фактора, предполагавшегося простым; здесь мы, повидимому, имеем второй случай.

Представления ботаников о зависимости роста органов от внешних влияний должны были значительно усложниться после блестящих, как всегда совершенно оригинальных, исследований Дарвина. Он показал, что место действия внешнего деятеля и место, где обнаруживается это действие, иногда могут не совпадать. Так например, сила тяжести, повидимому, главным

образом действует на конец корня, а обнаруживается это действие геотропическим искривлением в поясе наибольшего роста, на некотором расстоянии от вершины. К этому выводу приходят на том основании, что корешки, у которых верхушка отрезана, почти никогда не искривляются, пока у них не отрастет новая верхушка. Стебли не представляют этого явления, но зато некоторые ростки представляют его по отношению к свету, чего, наоборот, не наблюдается у корней. Так например, перышки прорастающего овса и особенно канареечного семени поразительно чувствительны к свету в самых верхних своих частях. Если закрыть эти части колпачками из листового олова, то гелиотропическое склонение, всегда наблюдаемое в нижележащих частях, будет в значительной мере ослаблено¹.

Этих фактов было достаточно для некоторых ботаников, чтобы допустить в кончике корня, в кончике перышка злаков существование особых органов чувств, передающих каким-то неизвестным образом свои впечатления растущим частям и вызывающих их искривление. В своем месте мы увидим, что для допущения в растениях таких органов чувств и нервов нет вообще никакого основания; здесь же только заметим, что для такого объяснения изложенных только что фактов нет никакого повода, пока не исчерпаны другие, более простые объяснения, а, как мы вскоре увидим, это условие всякого научного объяснения еще далеко не выполнено в изучаемой нами теперь области.

Познакомившись в общих чертах с влиянием главнейших внешних деятелей: света, тепла и притяжения Земли, постараемся теперь проникнуть глубже в самую сущность совершающихся явлений. До сих пор мы рассматривали растение как нечто целое, но ведь жизнь растения складывается из жизни бесчисленных клеточек; посмотрим же, какое отношение к общим явлениям роста дол-

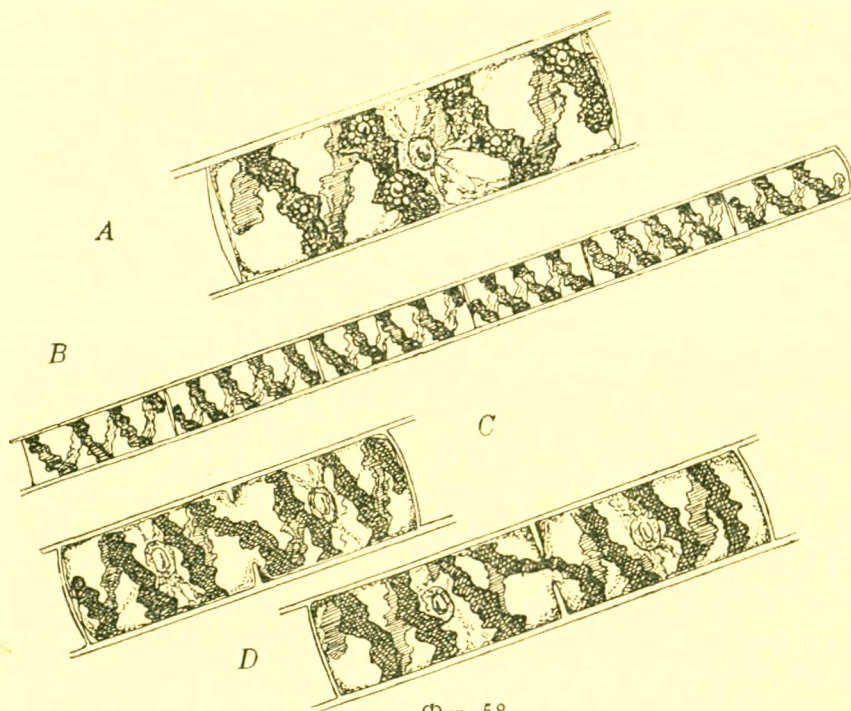
жно иметь развитие клеточек. Мы знаем, что каждая клеточка в течение своей жизни увеличивается в размерах, изменяет свой внешний вид и строение стенки — словом, растет; мы знаем также, что как бы велико ни было растение, оно начинается с одной клеточки, а затем представляет их миллионы. Очевидно, что рост целого растения зависит от двух явлений: от роста отдельных клеточек и от их размножения.

Не можем ли мы подсмотреть, как происходят эти явления роста и размножения клеточек, обуславливающие общий рост растения? Для этого необходимо выбрать удобный материал, то-есть такой орган или организм, в котором мы могли бы наблюдать живую клеточку, нисколько не потревожив ее. Подобный, в высшей степени удобный материал представляют нам нитчатые водоросли, из которых состоит главная масса того, что обыкновенно зовут тиной. Если положить под микроскоп подобную зеленую ниточку, то убеждаемся, что она состоит из одного продольного ряда клеточек. Фигура 58, А изображает одну такую клеточку водоросли, представляющей очень характеристическую форму того зеленого вещества, которое мы называли хлорофиллом и от которого зависит зеленый цвет растения. Он образует здесь зеленые ленты с зазубренными краями, спирально обвивающиеся вокруг внутренней поверхности клеточной стенки. Отсюда ее латинское название *Spirogyra* (спирогира). Кроме этой особенности, клеточки спирогиры ничем не отличаются от знакомого нам типа клеточек; мы встречаем в них ту же стенку из клеточки, в полости — протоплазму и сок, а посредине ее, словно паук среди своей паутины, помещается ядро, соединенное со стенкой тончайшими нитями протоплазмы. Поместив такую нитчатую водоросль в капле воды под микроскоп, мы можем следить за нею часами и днями, подвергая ее различным условиям температуры и освещения. Таким образом, мы, например, убеждаемся, что в отсутствии света клеточки растут или, вернее, удлиняются быстрее, чем при свете. Такое же угнетающее влияние оказывает, повидимому, свет и на размножение клеточек; по крайней мере, при естественных условиях процесс этот совершается преимущественно и, может быть, даже исключительно ночью, так что

¹ Это явление объясняется в настоящее время тем, что ростовое вещество (см. примечание на стр. 129) образуется и скопляется в верхушке стебля. Отсюда оно направляется вниз и вызывает рост в клетках ниже верхушки. Разрушение его светом на одной стороне верхушки вызывает задержку роста в нижележащих частях этой стороны, хотя бы она и была закрыта от света. Задержка роста на одной стороне при продолжении роста на противоположной стороне, конечно, должна вызвать изгиб стебля в сторону света. Ред.

для наблюдения его над одною и тою же клеточкою первые исследователи должны были вооружаться терпением и просиживали над ней часть ночи или же, откладывая, положим, каждый час по экземпляру нити в спирт, могли потом наблюдать последовательные стадии процесса на различных клеточках¹. Теперь того же результата достигают проще: стоит сосуд с водорослью поставить на ночь в холодное место, на погреб, и тогда процесс размножения будет

вокруг продольной оси, катая их осторожно назад и вперед под микроскопом, мы убеждаемся, что в каком бы положении ни находились клетки, описанные отростки сохраняют свой вид. Значит, это не два простых шипика, как могло показаться с первого раза, а целое кольцо, перехватывающее внутренность клеточки. Если мы будем следить за одною и тою же клеточкой, то заметим, что этот кольцеобразный перехват будет все далее и далее вращаться в клетку, перетя-



Фиг. 58.

задержан, так что мы по произволу можем перевести его с неудобных для наблюдателя ночных часов на более удобные, дневные. Процесс этот очень прост: он состоит в *делении*, в распадении содержимого одной клетки надвое.

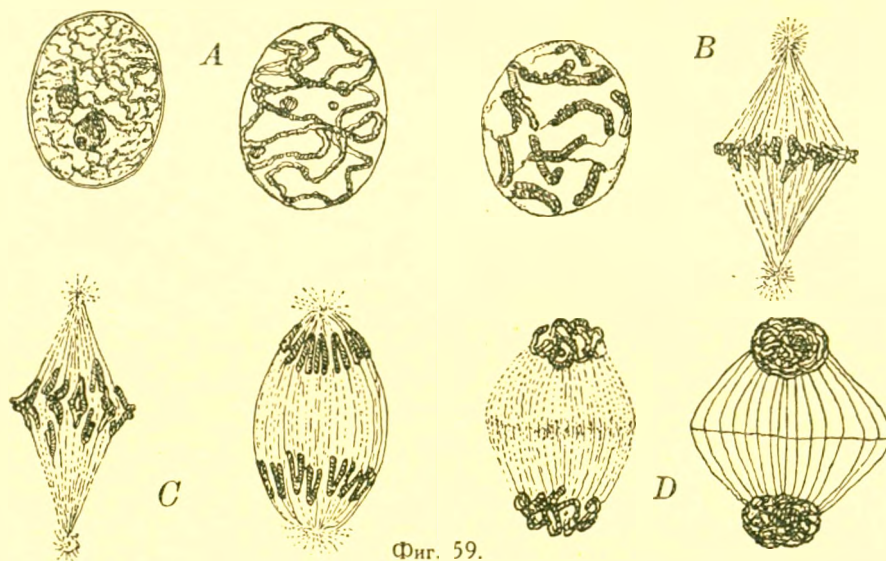
Происходит это таким образом: в одной из клеток, достигшей той степени развития, на которой обнаруживается деление, посредине длины клетки с противоположных стенок появляются два отростка, вдающиеся в полость клетки (фиг. 58, C, D). Рассматриваемые клетки имеют цилиндрическую форму; заставляя их вертеться

вокруг продольной оси, катая их осторожно назад и вперед под микроскопом, мы убеждаемся, что в каком бы положении ни находились клетки, описанные отростки сохраняют свой вид. Значит, это не два простых шипика, как могло показаться с первого раза, а целое кольцо, перехватывающее внутренность клеточки. Если мы будем следить за одною и тою же клеточкой, то заметим, что этот кольцеобразный перехват будет все далее и далее вращаться в клетку, перетя-

¹ При непрерывном искусственном освещении деление происходит и при свете, так что, повидимому, свет не прямо *препятствует* делению, а скорее только вызывает деятельность клеточки в ином направлении.

Таков этот процесс деления в простейших наблюдаемых случаях. Но в большинстве случаев он происходит несколько иначе. Ученых давно поража́л факт, что при росте тканей высших растений никогда не удастся подметить только что описанного постепенного вставания новой перегородки внутрь клеточной полости. Перегородка появляется будто внезапно, но при более внимательном изучении убедились, что и здесь она образуется постепенно, но на иной лад. Обнаружилось это, когда обратили должное внимание на часть клеточки, о которой мы не раз

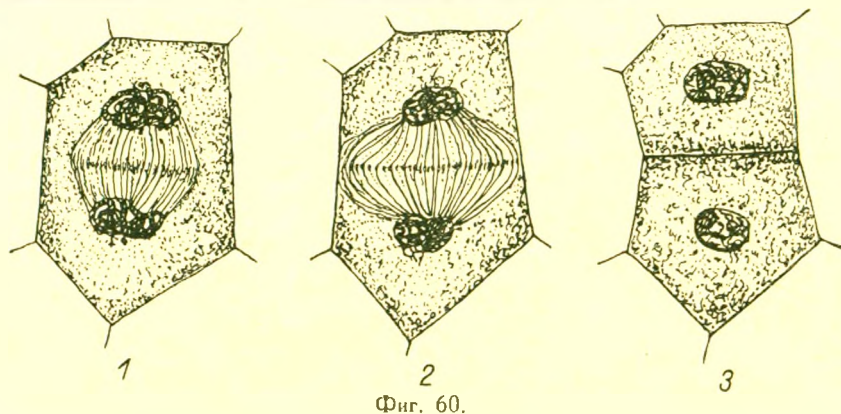
упоминали, спутанной клубком (фиг. 59, А). Позднее эта нить распадается на короткие отрезки, которые группируются, как показано на фигуре 59, В (правая), в экваториальной плоскости ядра. Далее отрезки эти, появляющиеся обыкновенно в определенном числе, делятся пополам и расползаются к полюсам ядра, которое к этому времени принимает веретенообразное очертание и представляется струйчатым или полосатым (эти полосы не окрашиваются, почему и вещество, из которого они состоят, называется ахроматинным) (фиг. 59, С). Когда хроматин со-



Фиг. 59.

упоминали и на изучении которой теперь остановимся. Это клеточное ядро, которому в последнее время посвящены чуть не томы исследований. И у спирогиры мы видим, что процессу деления клетки предшествует деление ядра, но в большинстве случаев связь этих процессов еще теснее. Делению клеточек предшествует ряд процессов в ядре, совершающихся с неизменным однообразием во всех случаях и, что всего любопытнее, почти тождественно при делении клеток как у растений, так и у животных. При исследовании ядра под микроскопом в нем легко различают два составных вещества: одно легко окрашивается различными красящими веществами, другое не окрашивается. Незадолго до наступления деления это окрашивающееся вещество — хроматин (или нуклеин) — имеет форму

брался у полюсов, он снова принимает форму клубков, и тогда мы имеем перед собой уже два ядра (фиг. 59, D). Этим оканчивается стадия деления ядра и начинается собственно деление клеточки. Снова в экваториальной плоскости веретена появляются какие-то мелкие крупинки (фиг. 60, 1), которые потом сливаются в пленку или пластинку, состоящую из такого же вещества, как и стенка клеточек, то-есть из клетчатки (фиг. 60, 2). Пластинка эта, разрастаясь, упирается в стенки клеточки, и мы имеем перед собой перегородку, делящую клеточку надвое (фиг. 60, 3). Каждая из вновь появившихся клеточек имеет свое ядро и начинает жить самостоятельною жизнью, то-есть растет и, достигнув известного размера, делится в свою очередь.



Фиг. 60.

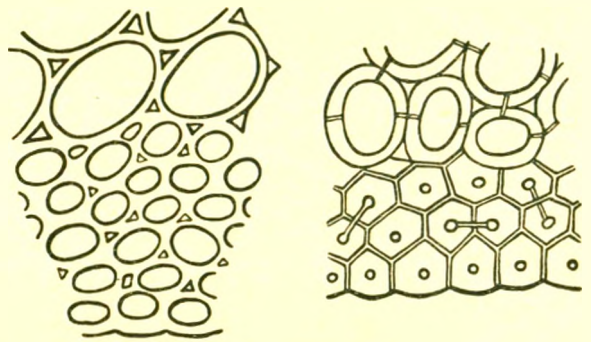
Мы получили ранее общее объяснение, почему растения удлинняются быстрее в темноте: это зависит от того, что и удлинение клеточек и их деление — два явления, определяющие общий рост органов — происходят энергичнее в отсутствии света. Но не в состоянии ли мы найти ближайшую причину этого угнетающего действия света? Существуют исследования, в значительной степени выясняющие это явление и в то же время находящиеся в связи с одним вопросом большой практической важности. Давно известно, что стебли, выросшие в темноте, представляются более водянистыми, ткани их менее напряжены, они вообще менее стойки, как это легко видеть над крессом, выросшим в светлом и в темном месте. Но то же различие, какое замечается между этими крайними случаями (то есть стеблями, выросшими на свете и в совершенной темноте), должно обнаруживаться — в меньшей, конечно, степени — между растением затененным и выросшим при полном освещении. Родилось предположение, что этим путем можно будет объяснить полегание хлебов, которое, как мы видели, тщетно пытались объяснить недостатком кремнезема (см. четвертую лекцию). Поводом к такому предположению мог явиться тот факт, что ложатся преимущественно очень густо засеянные хлеба; соломины же, стоящие одиноко, как это с первого взгляда ни покажется странным, никогда почти не ложатся. Для того чтобы вызвать искусственное затенение соломин, поступали так: одно или несколько растений окружали глиняною, так называемую дренажную трубой; когда соломина выставлялась над первой трубой, надставляли вторую и так

далее. Понятно, что при таких условиях растение получает свет только сверху, с боков же всегда затенено. Как и следовало ожидать, при таких условиях получились очень вытянувшиеся, но слабые, нестойкие соломины. Подвергнув сравнительному микроскопическому исследованию подобные соломины и соломины здоровые, нормальные, можно было усмотреть следующую разницу: у первых клеточки были заметно длиннее, но зато стенки их были значительно тоньше, чем у последних, у которых клеточки были более короткие и толстостенные. Значит, свет, собственно говоря, не задерживает роста, но, повидимому, изменяет только его направление; стенки клеточки вместо того, чтобы разрастаться, раздаваться по всем направлениям, утолщаются. То же различие оказалось и при микроскопическом сравнении соломины здоровой и соломины полегшей, как это можно видеть из сравнения двух кусочков поперечных разрезов соломины нормальной (фиг. 61, направо) и полегшей (налево). У первой стенки всех клеточек толще, а у нижних рядов (наружных слоев соломины) стенки даже до того утолщены, что полость является почти в виде точки (поперечные полочки, соединяющие полости некоторых смежных клеточек, — каналы пор, как на фигуре 60, 3). Соответственно с этим утолщением стенок клеточки на продольном сечении у соломины нормального вида значительно короче. Следовательно, в слишком быстром вытягивании соломин, сопряженном с недостаточным утолщением стенок и зависящем от взаимного затенения густо стоящих соломин, мы должны видеть настоящую причину полегания хлебов, а средство для пред-

отвращения этого вредного влияния заключается в более редком или рядовом посеве, причем каждая соломка будет получать достаточно света для своего нормального развития. Приведенные факты заставляют нас сделать еще одно ограничение в ходячих понятиях о росте растения. Мы уже видели, что рост не всегда значит увеличение массы — при прорастании увеличение объема сопровождается потерей веса. Теперь мы убеждаемся, что рост не всегда значит удлинение или утолщение органа, потому что иногда рост может совершаться в ином смысле — в смысле утолщения клеточных стенок. Строго говоря, мы только тогда убеждаемся, что растение растет, когда узнаем, что стенки его клеток растут, все равно — в длину ли, в ширину или в толщину.

Но не один свет может вызывать изменения в форме клеточек, подобные только что описанным; повидимому, это возможно и под влиянием чисто механических причин. В прошлой беседе мы видели, что на поперечном сечении любого древесного ствола мы отличаем так называемые годовичные кольца (фиг. 45, III). Всего яснее эти годовичные кольца у хвойных, например у сосны. Причина этих колец, очевидно, заключается в периодической остановке растительных процессов зимой, но тем не менее если бы после зимнего покоя весной к рядам клеточек, отложившихся в предшествовавшую осень, прикнули ряды новых клеточек, ничем от них не отличающихся, то между соседними слоями не было бы отличия — их граница была бы незаметна, все они сливались бы в одну сплошную массу. Слои потому только ясно между собою разграничены, что древесина, отлагающаяся весной, резко отличается от древесины, отложившейся предшествовавшей осенью; уже простым глазом мы видим, что в каждом годовичном кольце можно отличать две части: весеннюю, то-есть лежащую ближе к сердцевине, и осеннюю, лежащую ближе к коре; первая более рыхлая и потому более светлая, вторая более плотная и темная. Это чередование темных и светлых полос мы видим на любой щепочке, например на зажигательной спичке. Микроскоп обнаруживает, в чем заключается ближайшая причина этого различия. На нашем рисунке (фиг. 62) изображен маленький кусочек древесины сосны,

поперечный разрез части зажигательной спички; на нем посредине, поперек, проходит граница двух годовичных слоев¹. В нижней половине лежат часть летних клеточек и все осенние клеточки, скажем, предшествовавшего года, в верхней половине — весенние клеточки настоящего года. Легко усмотреть, как резок переход от осенних клеточек к весенним следующего непосредственно года: у одних форма сплюснутая, стенка толстая, просвет полости мал и узок; у других форма почти квадратная, стенка тонкая, просвет большой. Долгое время ботаники не могли

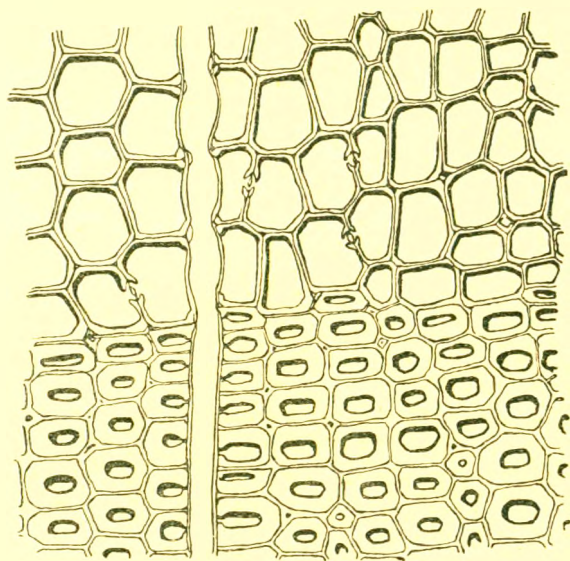


Фиг. 61.

объяснить себе причину этого изменения форм клеточек по временам года, пока не напали на мысль, что она должна быть в зависимости от взаимного давления, взаимного напряжения тканей. Выше мы познакомились с явлениями так называемого продольного напряжения, то-есть напряжения, зависящего от неравномерного удлинения различных тканей стебля. Но такой же неравномерный рост может существовать и действительно существует между различными тканями стебля в поперечном направлении. Кора постоянно стягивает, сжимает быстрее ее растущую древесину, и обратно — постоянно растягивается, напрягается этой последней. Доказательством этому служат те продольные трещины, которые обыкновенно представляет кора вследствие внутреннего напора древесины. В том, что даже самая гладкая кора находится в растянутом состоянии и, следовательно, давит на дре-

¹ Продольная полоса, делящая разрез на две части, правую и левую, — сердцевинный луч (см. предшествующую лекцию).

весину, нетрудно убедиться. Сделаем только продольный надрез ножом и увидим, что рана делается зияющею, края ее широко раздвинутся; или, еще лучше, срежем кольцо коры и в ту же минуту (не давая, следовательно, ей засохнуть) приложим ее к тому же месту; мы заметим, что края уже не сомкнутся и никакими усилиями мы не будем в состоянии их сблизить. Значит, кора железным кольцом давит на развивающуюся древесину, и чем сильнее развивается эта последняя, тем более давление, кото-



Фиг. 62.

рое ей приходится выдерживать. Очевидно, что это давление будет постоянно увеличиваться и достигнет наибольшей силы осенью. Под влиянием этого возрастающего давления клетки древесины будут принимать все более и более сплюснутую форму. Справедливость этих соображений вполне подтверждается на опыте. Если с весны искусственно увеличить давление на древесину, наложив на дерево лигатуру или железный обруч, то в течение всего года в этих местах получим клетки, подобные осенним; если же, наоборот, летом и осенью ослабить давление коры и для этого сделать в ней продольные надрезы, то в течение всего годичного периода будем получать в этих местах клетки, подобные весенним. Таковы, следовательно, из-

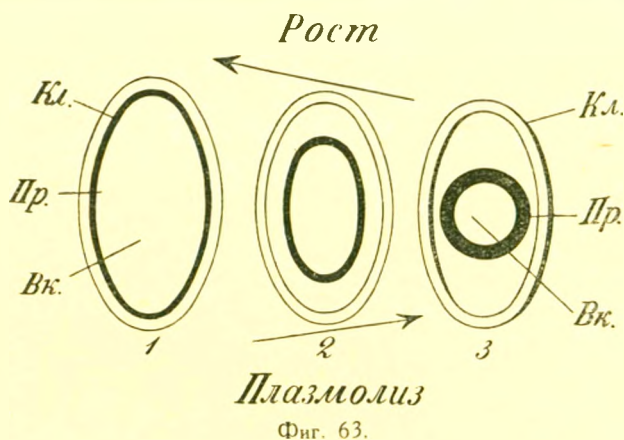
менения формы клетки, которые могут быть вызваны чисто механическими причинами¹.

Не можем ли мы сделать еще шаг далее, объяснить себе самый механизм роста, объяснить себе, почему вообще клеточка растет и почему этот рост может принимать под влиянием внешних деятелей то или иное направление. Основной механизм роста клеток ботаники объясняют себе так. Вследствие химических изменений белкового вещества протоплазмы в ней появляются вещества, более жадно притягивающие к себе воду; в клеточке появляются капли водянистого сока — так называемые *вакуоли*. Эти вакуоли сплываются в одну общую, которая оттесняет всю протоплазму к стенке (фиг. 63, 1, Вк.). Тогда протоплазма принимает форму мешочка — так называемого *первичного мешочка* (фиг. 63, 1, Пр.). В эту вакуоль (как в наш прибор, фиг. 46) под влиянием растворенных в ней веществ будут осмотически проникать новые и новые количества воды, и так как клеточка представляет нам глухой пузырь, то это увеличение объема клеточного сока будет давить на стенку и заставлять ее раздвигаться — расти. В это же время протоплазма продолжает выделять по своей наружной, прилегающей к стенке поверхности новые количества клетчатки. Что клетчатка выделяется протоплазмой, доказывается следующим изящным опытом. Можно разрезать под микроскопом живую клеточку и выпустить в воду часть протоплазмы; эта протоплазма, как всякая жидкость в свободном состоянии, принимает форму шара и через несколько времени выделяет на своей поверхности клетчатку — превращается в новую клеточку. Крайне любопытно, что этою способностью образовывать клетчатку обладают только те части плазмы, которые заключают в себе ядро. Таким образом устанавливается глубокая связь между процессом роста клеток и ядром. Такая же

¹ Обнаружено еще другое любопытное влияние чисто механических воздействий на рост тканей. Движения древесных стволов, вызываемые ветром (как это показал в начале XIX столетия английский ученый Найт, открывший действие силы тяжести на рост), а также искусственные натяжения растущих частей (как показали некоторые современные немецкие ботаники) способствуют развитию механических тканей. Таким образом, эти ткани развиваются особенно успешно именно тогда, когда в них оказывается надобность.

связь образования клетчатки с протоплазмой и ядром наблюдается и при нормальном росте клеток, причем утолщение стенок может быть равномерное или неравномерное, то-есть или на всей внутренней поверхности, или на ее части, и это зависит от положения протоплазмы и ядра.

На основании сказанного процесс роста сводится к следующему. Смесь веществ, которую мы называем протоплазмой и которая главным образом состоит из белков, превращаясь химически, распадаясь, дает начало, с одной стороны, веществам, растворяющимся в клеточном соке и осмотически привлекающим воду, — отсюда увеличение вакуоли и растяжение оболочки. С другой стороны, вследствие того же распада протоплазмы выделяется клетчатка, то-есть тот строительный материал, из которого выводятся стенки растущей клеточки. Если наше объяснение верно, то, обратив условия, мы должны получить явление, обратное росту, то-есть вместо увеличения — уменьшение размеров клеточки и главным образом ее вакуоли и растянутого ею первичного мешочка. Это заключение действительно оправдывается на следующем простом опыте. Если увеличение объема клеточек, а следовательно, и целых органов зависит от поступления воды вследствие притяжения ее раствором вакуоли, то, наоборот, окружив клеточку или целый орган раствором, который будет отнимать воду у вакуоли, мы вызовем ее сокращение. И действительно, поместим под микроскопом живую клеточку в раствор сахара или соли, более концентрированный, чем тот, который находится в клеточном соке, и мы увидим, что объем клеточки уменьшится (фиг. 63, 1 и 2), а когда стенка, как состоящая из твердого вещества, не будет уже более в состоянии сокращаться, первичный мешочек отстанет от стенки и благодаря своей эластичности будет следовать за дальнейшим уменьшением вакуоли (фиг. 63, 2) и наконец стянется в правильный шарик (фиг. 63, 3). Это сокращение первичного мешочка для краткости обозначают термином *плазмолиз*. Очевидно, мы вправе заключить, что основной механизм роста — явление, противоположное плазмолизу¹. Если мы не имеем под рукой



микроскопа, то можем убедиться в справедливости сказанного еще проще. Возьмем сочный стебель какого-нибудь травянистого растения или цветочную стрелку, измерим точно их длину и положим в раствор обыкновенной поваренной соли, содержащий 5% соли. По прошествии некоторого времени измерим снова их длину и убедимся, что они значительно сократились — следовательно, представили явление, обратное росту. Перенесем их в воду, и они вернуться к первоначальным размерам и будут продолжать жить и расти; следовательно, произведенный над ними опыт, не причинив им никакого вреда, позволил нам проверить наше объяснение механизма роста.

Если увеличение давления сока на стенку будет чем-нибудь задержано, если, например, клеточка по мере всасывания воды будет тратить ее на испарение, тогда образующаяся из протоплазмы клеточка будет продолжать отлагаться с внутренней стороны нераздающейся стенки, вызывая ее утолщение. Эта утолщенная стенка, в свою очередь, еще менее поддается давлению сока и еще более задерживает рост клеточки. Таким образом объясняется указанный выше факт, что задержка роста соломины идет рука об руку с утолщением стенки. В то же время мы видим, что эта задержка роста органов и одновременное утолщение стенок их клеточек должны обнаруживаться при недостатке воды.

¹ На фигуре 63 мы обозначили это символически стрелками. Как уже сказано выше, стенка, как состоя-

щая из твердого вещества, понятно, не может представить обратного процесса в такой полноте, как первичный мешочек. Кл. — обозначает клетчатку, Пр. — первичный мешочек, Вк. — вакуолю.

Представляется вероятным, что и то задерживающее рост действие света, с которым мы познакомились выше, зависит от того, что растение под влиянием света сильнее испаряет воду, вследствие чего вызывающее рост давление сока на стенку не достигнет такого напряжения, как при избытке воды, в тени или темноте.

Если, таким образом, мы можем поставить явление гелиотропизма в связь с испарением воды, то, быть может, тем же путем удастся объяснить и частный случай *передачи* гелиотропического действия в опытах Дарвина над перышками злаков. Вспомним, как энергично эти органы выделяют на своих верхушках капли воды, — отсюда мы вправе заключить, что эти верхушки так же энергично испаряют ее. Эта потеря воды должна покрываться из нижележащего пояса роста, а следовательно, при одностороннем освещении и рост будет неравномерный, в результате чего получится искривление в сторону света.

Ранее мы видели, что рост *тканей* может быть задержан непосредственным механическим давлением (рост древесины); теперь мы видим, что он может быть задержан и ослаблением внутреннего давления, проявляясь в том и в другом случае в большом утолщении оболочек. При одностороннем действии внешних факторов рост *целых тканей* будет неравномерный, вызывая искривление целых органов, но такой же неравномерный рост может обнаруживаться и в *различных частях одной и той же* клетки вследствие распределения протоплазмы и ядра, как мы это видели выше. И действительно, замечено, что когда отдельные клеточки искривляются, наблюдаются накопления протоплазмы на вогнутой стороне. Эта сторона, вероятно, более утолщена и оказывает более сопротивления осмотическому давлению сока и менее растягивается. Следует еще добавить, что не одна только толщина оболочек играет роль в явлениях роста: химические и физические свойства клеточной оболочки могут изменяться и делать ее более или менее упругою или более или менее растяжимою. Доказано существование особого фермента, размягчающего клетчатку стенки; местное образование такого фермента может влиять на направление роста клеточки, на ее внешнее очертание. Эти факты, быть может, доставят нам, в свою очередь, ключ

для объяснения другого из указанных выше наблюдений Дарвина — его наблюдения над обезглавленными корнями. Весьма вероятно, что уже в самом молодом возрасте клеточек, следовательно близко к вершине корня, возникает то неравномерное распределение протоплазмы и ядра и проч., которое может иметь своим результатом позднейший неравномерный рост и искривление целого органа.

Только теперь мы можем вполне оценить, как бесконечно разнообразно может быть воздействие внешних условий на рост органа, ткани, клеточки, части клеточки и какие сложные сочетания могут представлять все эти явления, взятые в совокупности, и поймем, как легкомысленно поступают те, кто, прежде чем испробовать все эти возможные объяснения, решается видеть в явлениях роста результаты какой-то психической, сознательной деятельности растения.

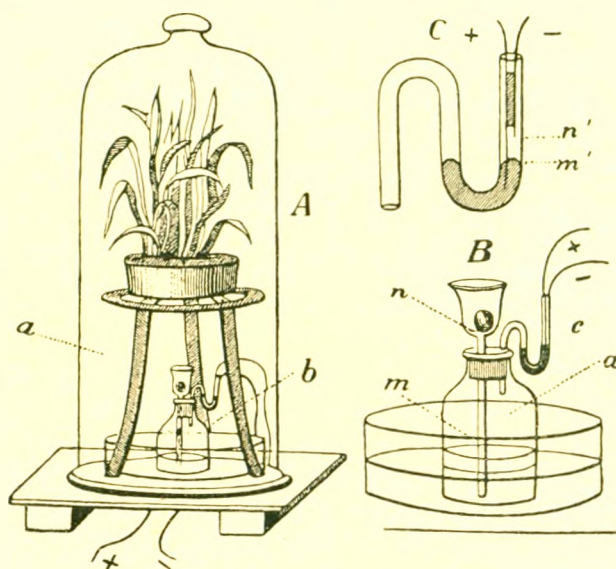
Но пора нам вернуться к нашему крессу и к нашей спарже. Пока я говорил, мы могли заметить, как светлый зайчик упорно полз вверх по стене, — теперь он уже не при десятом, а где-то около сорокового деления. Это зависит от того, что зеркальце из положения *mn* пришло в положение *pr* (фиг. 57): мы, следовательно, сами видели, как растение растет. В то же время кончик корня кресса давно выдвинулся из сделанного вокруг него карандашом контура и значительно вытянулся. Значит, мы можем видеть не только результат этого процесса, не только ближайшую его причину, то-есть рост и деление клеточек, но в состоянии уловить самый процесс, то-есть то движение, которое мы называем ростом¹.

Таким образом, первая половина задачи, поставленной в самом начале лекции, нами выполнена. Но выполнена ли вторая? Можем ли мы *слышать*, как прозябает растение? Можем ли

¹ Чтобы узнать, насколько растение выросло в действительности, стоит только измерить расстояние от оси блока до стены: действительный прирост, как уже сказано, будет во столько раз менее видимого перемещения светового изображения, во сколько это расстояние более поперечника блока. Понятно, что если при помощи этого прибора можно показать лицам, находящимся на конце большой залы, рост стебля в промежуток получаса или часа, то наблюдатель, находящийся вблизи, в состоянии заметить перемещение светового луча в течение одной минуты; и действительно, этим путем удастся наблюдать прирост стебля за каждую минуту, то-есть видеть движение, подобное движению минутной стрелки.

мы, например, заставить растение какими-нибудь звуками давать нам знать, когда ему живется хорошо, когда нет, когда оно сыто, когда голодно? Следующий опыт даст нам на это положительный ответ. Под стеклянным колоколом, притертый край которого плотно лежит на матовой стеклянной пластинке (фиг. 64, А), в искусственной белой почве¹ воспитывается растение. Но мы знаем, что один из важнейших источников пищи растения — атмосферная углекислота. Как же нам обеспечить это растение под его колпаком постоянным источником углекислоты, а главное — как нам узнать, что оно действительно ею пользуется?

Мы знаем, что деятельность растения и животного по отношению к атмосферным газам диаметрально противоположна. Растение поглощает углекислоту, выделяет кислород; животное поглощает кислород, выделяет углекислоту. Значит, если бы мы посадили под колпак животное, то и ему и растению жилось бы превосходно: они могли бы так жить неопределенное время. Но мы можем заменить животное этим прибором (фиг. 64, В), который, с точки зрения обмена газов, будет действовать совершенно так же, как животное. Это будет, в известном смысле, искусственное животное. Вот как устроен этот прибор. В стеклянной плошке (фиг. 64, В) налита жидкость, жадно поглощающая кислород воздуха. Среди плошки стоит стеклянная банка, через пробку которой пропущена до дна трубка стеклянной воронки, и еще другая, двояко изогнутая трубка. На дне банки налита кислота, а в воронке лежит шарик из мрамора или мела. Посмотрим, что же произойдет с этим прибором, когда он будет помещен под закрытый наглухо колокол (А). Под колоколом находится воздух, значит и кислород. Этот кислород будет поглощаться жидкостью в плошке²; вследствие этого объем воздуха (а) под колоколом уменьшается, уменьшается давление воздуха под колоколом, а если оно уменьшится, то малый объем воздуха (b), находящегося в банке с кислотой, начнет расширяться, станет давить на кислоту и заставит ее подняться по трубке и выступить в во-



Фиг. 64.

ронку (то-есть уровень кислоты, бывший при m , теперь будет при n , фиг. 64, В). Но здесь она встретит шарик из мрамора или мела и начнет выделять из него углекислоту¹. Этот углекислый газ явится на смену поглощенному кислороду и будет выделяться, пока под колпаком (А) не установится прежнее давление; тогда воздух в банке (b) сократится до прежнего объема, а вместе с тем и кислота опустится от n обратно к m , и все придет в спокойствие до тех пор, пока жидкость в стеклянной плошке, поглотив новое количество кислорода, не нарушит вновь равновесия между воздухом под колоколом (a) и воздухом в банке (b). Не вправе ли я был назвать этот прибор искусственным животным? Он дышит, поглощает кислород и выделяет углекислоту, и приблизительно в равных количествах. В верхней части колокола на треножнике помещается растение; оно будет пользоваться освобождаемой прибором углекислотой и выделять обратно кислород, который снова будет поглощаться жидкостью в плошке прибора (В). Одним словом, между растением и прибором (В) установится такой же круговорот вещества, как между растением и животным. Растение под колоколом будет снабжено постоянным, периодически самодействующим источником углекисло-

¹ См. четвертую лекцию.

² Жидкость эта не должна поглощать углекислоту — химия предлагает нам целый ряд таких веществ.

¹ См. третью лекцию.

ты. Это снабжение растения углекислотой будет длиться до тех пор, пока не растворится весь шарик мрамора, то-есть днями и неделями. Таким образом, растение, не прикасаясь к мрамору, может сглотать его до конца и употребить в пищу его углекислоту¹. Но для того чтобы знать, что под колоколом все обстоит благополучно, то-есть выделяется и разлагается растением углекислота, прибор (В) снабжен еще следующим приспособлением. В двояко изогнутой трубочке (с) (изображенной подробнее на фиг. 64, С) налита капля ртути. Понятно, что когда вследствие расширения воздуха (b) (фиг. 64, В) уровень кислоты поднимается в воронке от *m* до *n*, то и в трубке с уровень ртути поднимается от *m'* до *n'* (фиг. 64, С). В открытый конец этой трубочки проведены два изолированных проводника, сообщающихся с обыкновенным электрическим звонком; один проводник всегда погружен в ртуть, другой — оканчивается выше и приходит в соприкосновение с ртутью только тогда, когда она поднимается до *n'*. В этот момент электрическая цепь замыкается, и колокольчик звонит. Нетрудно так регулировать прибор, чтобы выделение углекислоты наступало только тогда, когда ее под колоколом остается уже очень мало, и чтобы каждый раз одновременно с выделением углекислоты звонил колокольчик. Точно так же как выделение углекислоты прекращается само собою, потому что кислота возвращается к прежнему уровню *m*, точно так же и колокольчик смолкает, потому что капля ртути возвращается в прежнее положение и размыкает цепь. Но если бы по причине какого-нибудь расстройства в приборе углекислота не выделялась во-время, то колокольчик продолжал бы звонить безумолку. К сожалению, я не могу показать вам прибор в ходу по причине, уже неоднократно объясненной: действие его зависит от выделения кислорода растением, а этот процесс совершается только при дневном свете. Но я все же могу дать понятие о его действии. Если быстро охладить воздух под колоколом (a), то произойдет такое же сокращение его объема, какое произошло бы

вследствие поглощения кислорода, и это сокращение, если прибор действует как следует, должно сопровождаться таким же результатом — выделением углекислоты из мраморного шарика и звонком колокольчика. Чтобы быстро охладить воздух под колоколом, я брызнул на колокол эфиром. Воздух охладился, сократился, столб кислоты смочил мрамор, он запенился, освобождая углекислоту, и в ту же минуту зазвенел колокольчик; но вот действие минутного охлаждения прекратилось, все пришло в прежний порядок, и колокольчик затих.

Значит, действие всего прибора таково: каждый раз, как растению грозит недостаток в углекислоте, она сама собою отпускается ему из прибора В, и при этом звонит колокольчик. Если же прибор расстроился, если углекислота не выделяется, то колокольчик звонит не переставая.

Если бы за несколько минут я предложил вам вопрос: можно ли заставить растение каждый раз, когда оно проголодается, мало того — каждый раз, когда ему только грозит голод, предупредить нас о том звоном колокольчика, то вы, конечно, сочли бы это за неуместную шутку. А между тем таково буквальное значение нашего прибора. Причина его действия заключается в деятельности растения, в его способности разлагать углекислоту, выделять кислород. Этою способностью мы воспользовались, чтобы заставить растение извещать нас от времени до времени коротким звоном, когда его питание идет успешно, и бить тревогу, звать на помощь, когда ему грозит голод. Одним словом, мы заставляем его условными звуками сообщать нам, когда ему живется хорошо, когда дурно.

Итак, на поставленный нами в начале лекции вопрос мы вправе дать положительный ответ: мы в состоянии не только видеть, но даже слышать, как прозябает растение. Опыты, с которыми нам пришлось при этом познакомиться, доставили нам в то же время наглядное понятие о тех уловках, о тех ухищрениях, к которым мы должны прибегать при исследовании природы. Мы не довольствуемся страдательною ролью наблюдателя, а вступаем в борьбу с нею, причем экспериментальное искусство предлагает к нашим услугам целый строй снарядов и приемов.

¹ Взвешивая от времени до времени этот шарик, мы в состоянии приблизительно определить, сколько углекислоты принято растением во столько-то дней или недель.

Растение немо, оно не отвечает нам — так мы заставляем его писать; оно не может говорить — так мы его заставляем звонить, но так или иначе добиваемся ответа на предложенный ему вопрос. Напрасно многие в этом экспериментальном искусстве видят почти механическую деятельность, нечто низшее в сравнении с областью отвлеченной мысли. Напрасно сам гениальный Гёте не избежал этой ошибки и, усматривая какую-то двойственность, какой-то разлад между двумя путями исследования истины, между умозрением и опытом, вложил в уста Фауста такое представление о природе:

При свете дня, полна таинственными снами,
Не даст тебе природа покров с себя сорвать.
Того, что в откровенье разуму сама не сможет передать,
Не выпытать тебе у ней ни рычагами, ни тисками¹.

Конечно, не рычаг и не тиски вымогли когда-нибудь у природы ее тайну, — вымогали ее вложенные в них зоркая мысль и упорная воля исследователя. Орудие исследования — такой же продукт творческой мысли, как и учение, которое им подтверждается: это — сама мысль, кристаллизовавшаяся, принявшая осязательную

форму. Не странно ли, что между тем как в любом почти большом городе Европы давно можно было любоваться собранием тех позорных орудий, которыми человек так безуспешно пытался выпытывать истину у себе подобных, только в настоящем году в первый раз возникла мысль собрать в одно место те славные орудия, которые человек употреблял в своей борьбе с природой, явилось желание подвести наглядный итог той трехвековой борьбе, в которой он победоносно исторгал у природы истину за истиной? Не страннее ли еще слышать голоса, то наивно удивляющиеся тому, что люди с развитым умом могут избрать предметом изучения какую-нибудь лягушку или травку, то открыто сетующие о том, что изучение природы, приковывая человеческий ум к материальным предметам, отвлекает его от задач более высоких и заставляет его суживаться, мельчать, причем нередко обращаются тоскливые взоры в прошлое, когда будто бы ум человека исключительно сосредотачивался на предметах, более его достойных? Справедлив ли такой упрек? Точно ли естествознание суживает мысль, заставляет мельчать человеческий ум? Точно ли оно менее других знаний достойно человека, когда, как мы только что имели случай убедиться, оно порою делает для него доступным то, что в доброе старое время было только уделом бессмертных богов?

¹ Geheimnisvoll am lichten Tag
Lässt sich Natur des Schleiers nicht berauben.
Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag
Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit
Schrauben.

VIII

ЦВЕТОК И ПЛОД

Воспроизведение растений бесполое и половое. — Цветок. — Существенные части цветка. — Яичко и цветень. — Оплодотворение. — Оплодотворение у простейших растений. — Приспособления, обеспечивающие оплодотворение цветковых растений. — Значение так называемых несущественных частей цветка. — Самооплодотворение и перекрестное оплодотворение. — Значение ветра и насекомых. — Части цветка, служащие приманкой для насекомых. — Особые формы цветков, приспособленные для перекрестного оплодотворения при посредстве насекомых. — Доля искусства в образовании культурных пород. — Значение отбора. — Недостаточность физиологических знаний о сущности полового процесса. — Разнообразные формы плода и разноска их ветром, водою и животными. — Живородящие растения. — Разбрасывание семян: желтая акация, недотрога и бешеный огурец. — Разноска плодов ветром: хохолки и крылатки. — Разноска водою: кокосовый орех. — Разноска животными: плоды цепкие и плоды съедобные — омела. — Заделка в почву: линария цимбалария, ковыль. — Обладает ли растение разумом?

В явлении роста питательные вещества, затраченные на построение твердых частей растения, достигают своего окончательного назначения. Существование растения сводится, таким образом, к питанию и росту. Растение питается для того, чтобы расти, растет для того, чтобы питаться, то-есть увеличивать поверхность принимающих пищу органов. Эти два совместных процесса могут длиться очень долго, у некоторых растений тысячелетиями, но тем не менее им наступает предел, хотя, собственно говоря, мы не в состоянии объяснить себе необходимость подобного предела, мы не в состоянии понять, почему бы один и тот же растительный организм не мог существовать неопределенно долгое время. В самом деле, представим себе растение, которое образовало бы надземные плети, подобно землянике, или подземные стебли, так называемые корневища, подобно пырею: эти новые части будут разбегаться в стороны, захватывая все более и более значительную площадь; старые части могут отмирать; при этом порвется связь между молодыми частями, они разъеди-

нутся, но тем не менее это будут части одного и того же растения, которое, разрушаясь с одного конца, продолжает расти с другого. Или возьмем другой пример из древесных растений. Известная индийская смоковница способна из своих далеко распростертых ветвей выпускать придаточные корни, которые, достигая земли и утолщаясь, подпирают эти ветви наподобие столбов, доставляющих им одновременно и опору и необходимую пищу. Таким образом, одно дерево может покрывать целые десятины. Здесь также главный ствол мог бы разрушиться, но это, казалось бы, не мешало укоренившимся ветвям продолжать свое существование неопределенное время. И подобным разрастанием еще не ограничивается способность растения к размножению; она проявляется и в другом виде. Целые части растения, например стебли с листьями, могут принимать особую форму и в таком виде совершенно отделяться от произведшего их растения; таковы, например, луковички, появляющиеся в углах листьев лилии, или клубни, появляющиеся на подземных стеблях картофеля и

в которых мы можем видеть только видоизменившиеся ветви. Все происшедшие из этих органов растения мы вправе рассматривать как отделившиеся и обособившиеся разветвления одного и того же растения, как последствия его быстрого и своеобразного разрастания. Казалось бы, этих и подобных им способов так называемого *растительного* размножения вполне достаточно для того, чтобы обеспечить жизнь одного существа на безгранично долгое время. Оказывается, что нет; оказывается, что растительная жизнь не может тянуться беспредельно в одном непрерывном направлении; время от времени она должна прерывать свое течение, восходить вновь к своим истокам для того, чтобы, начиная с самого начала, с первой клеточки, вновь пролагать тот же путь, в том же порядке последовательности. Одним словом, в жизни растений, как и в жизни животных, мы замечаем необходимую смену поколений, неизменное чередование различных ступеней развития, которые мы называем возрастом. Мало того, оказывается, что при этом периодическом обновлении в образовании нового организма должно участвовать не одно, а два существа. Это явление брака. Брак на всех ступенях органической лестницы, начиная водорослью и кончая человеком, представляет одно и то же явление: это слияние двух существований, двух жизней, в ближайшем смысле — двух клеток в одну.

В этом выводе, что для поддержания растительной жизни необходимо периодическое обновление ее путем брака, нас убеждает тот факт, что, кроме самых низших представителей растительного царства, стоящих, так сказать, на пределе организации, нам неизвестна ни одна растительная группа, которая поддерживала бы свое существование исключительно процессом растительного или, как его также называют, бесполого размножения, которая не представляла бы рядом с этим процессом и другого, то-есть процесса полового размножения, или брака.

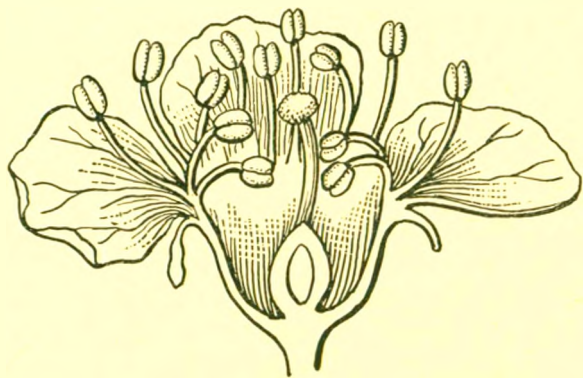
Посмотрим, в какой же форме обнаруживается это явление брака в растительном царстве.

Первоначально существование двух полов было замечено только у некоторых растений, у тех

именно, которые снабжены цветами, откуда и название *явнобрачных*, данное им в восемнадцатом столетии Линнеем, в отличие от остальных, названных им *тайнобрачными*. В настоящее время название тайнобрачных растений утратило смысл, так как явление брака найдено во всех классах растений, кроме самых простейших организмов, где его, может быть, действительно не существует.

Мысль, что в цветке должен совершаться тот процесс, который мы называем браком, и что результатом этого процесса являются плод и семя, то-есть молодое зачаточное растение, — мысль эта должна была возникнуть очень давно, но как определенное научное учение она не насчитывает еще двух веков.

На эту мысль должны были навести такие растения, у которых существуют двоякого рода цветы, размещенные на различных особях; таковы многие деревья, например наши ивы, осины, можжевельник, такова конопля, мужские растения которой получили даже особое народное название — посконь. Все эти растения приносят и такие цветы, которые дают плод и семя, и такие, которые, заключая только тычинки, не превращаются сами в плод, но необходимы для того, чтобы вызвать это образование плода в других цветах. Первым растением, обратившим на себя в этом отношении внимание человека, была, по всей вероятности, финиковая пальма; по крайней мере, повествуют, что уже на рынках Вавилона и позднее у арабов продавались мужские соцветия этой пальмы, которые покупателями развешивались между женскими соцветиями для их опыления, так как было замечено, что это способствовало более обильному сбору плодов. Женскими цветками мы, значит, называем такие, в которых заключается плодник, по отцветении превращающийся в плод; мужскими — называем такие цветы, которые заключают только тычинки, приносящие плодотворную пыль, пыльцу, или *цветень*, и по отцветении завядают. Однако далеко не у всех растений мужские и женские, тычиночные и плодниковые, цветы размещены отдельно; у многих они собраны на одном и том же растении, каковы береза, дуб, сосна, маис; наконец, у значительного большинства растений и тычинки и плодники соединены в одном



Фиг. 65.

цветке, то-есть цветки обоеполые. Таков цветок, изображенный на фигуре 65.

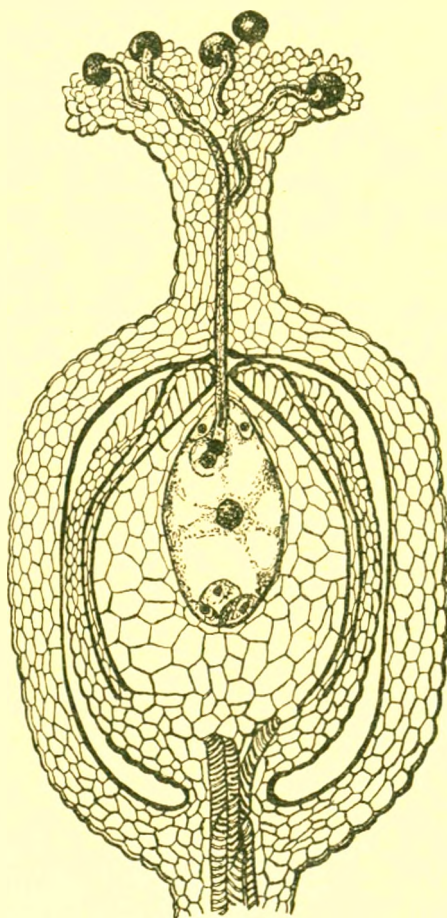
Посмотрим, чем же выражается участие тычинки в образовании плода. Тычинка, как мы уже видели в первой лекции, в наиболее совершенной своей форме представляет более или менее развитую нить, на конце которой прикреплены два продолговатых мешочка, лопающихся продольною щелью и высыпавших пыль, обыкновенно желтого цвета. Каждая такая пылинка представляет клеточку, чаще всего шаровидную, с двойной оболочкой: наружной — толстой и обыкновенно очень нарядной, и внутренней — более тонкой и простой. В наружной обыкновенно бывают отверстия или иногда места, закрытые как бы заслоночками, которые могут отскакивать.

Пестик в самой простой и правильной форме имеет вид бутылочки (фиг. 65 и 66). Его расширенная, внутри полая часть — завязь — заключает яички: одно, несколько, нередко множество, как, например, у мака. Вытянутая часть — столбик — редко содержит внутри канал, обыкновенно же он сплошной, но ткань его рыхлая, губчатая; клетки ее неплотно прикасаются, оставляя промежутки. Этот столбик оканчивается на верхушке более расширенною частью — рыльцем, имеющим форму тупой пуговки, щитка, перышка — одним словом, самую разнообразную форму. Поверхность рыльца обыкновенно покрыта короткими ворсинками и выделяет липкую жидкость. Яичко, сидящее в полости завязи, если его перерезать вдоль, представит нам

такое строение: средняя часть, так называемое ядро, окружена двумя оболочками, через которые до самого ядра проходит канал; канал этот может быть обращен или вверх, как в настоящем случае, или вниз. В верхней части ядра, то-есть ближе к каналу, обращает на себя внимание одна очень крупная клеточка, получившая название зародышевого мешочка (фиг. 66), так как в ней, как сейчас увидим, появляется и развивается зародыш растения.

Таково, в общих чертах, строение этих двух органов цветка: тычинки и пестика. Самые существенные их части — яичко, подлежащее оплодотворению, и крупинка пыльцы, вызывающая оплодотворение.

Для того чтобы состоялось оплодотворение, крупинка пыльцы должна прежде всего попасть на поверхность рыльца, где она легко удерживается его ворсинками и липкой жидкостью. Какими средствами это достигается в природе,



Фиг. 66.

мы увидим впоследствии; при искусственной же культуре, в садоводстве, нередко оказывается полезным переносить пыльцу на рыльце посредством кисточки. Что же произойдет далее? Ведь от поверхности рыльца до яичка еще далеко, каким же образом влияние цветня сообщится этому последнему? Вопрос этот давно занимал ботаников и породил сначала целый ряд более или менее неудачных догадок. Полагали, что крупинки проваливаются в завязь; полагали, что они лопаются на рыльце и выпускают свое содержимое, которое достигает яичка; полагали, наконец, что они действуют на расстоянии какими-нибудь летучими испарениями. Все эти догадки оказались бесплодными, пока наконец точное микроскопическое исследование не разрешило вопроса.

Когда крупинка цветня попадает на рыльце или в какую-нибудь подходящую жидкость, например в раствор сахара (но не в воду, где она обыкновенно лопается), то она начинает прорастать, то-есть через отверстие наружной оболочки выпускает внутреннюю, в виде трубки. В эту трубку переливается содержимое, и она продолжает расти на вершине, достигая, таким образом, значительной длины. Вырастая с переднего конца, она нередко отмирает с заднего. Эти так называемые *цветневые трубочки* пролагают себе путь в рыхлой ткани столбика, путь иногда довольно длинный, как, например, у кактуса, у которого столбик имеет несколько дюймов в длину. Проникнув в полость завязи, они попадают на входное отверстие яичка, через канал пробиваются до ядра и прикладываются к зародышевому мешочку. Цветневые трубочки попадают в канал яичка, конечно, почти случайно, но эта случайность встречается очень часто, так как число цветневых трубочек, проникающих в завязь, обыкновенно значительно. Существуют, впрочем, наблюдения, будто цветневые трубочки, прорастая под микроскопом, направляются к кусочкам ткани рыльца или столбика, помещенным по соседству с ними. Эта ткань действует, повидимому, и тогда, когда была предварительно умерщвлена кипячением. Новые исследования показывают, что такое же притяжение на трубочки могут оказывать и некоторые

вещества, как, например, комочки диастаза, так что в этом притяжении нет повода видеть что-нибудь таинственное. В ядре между тем произошло следующее. В верхней части зародышевого мешка из его протоплазмы образуются обыкновенно три клеточки. Клеточки эти лишены оболочки из клетчатки и, следовательно, представляют нам только шарообразные комки густой протоплазмы с ядром; одну из них называют зародышевым пузырьком или яйцеклеткой, так как это действительно первое начало будущего зародыша растения, это, следовательно, та искомая первая клеточка, из которой, как мы сказали, состоит вначале всякое растение, не только споровое, но и семенное¹. Зародышевый пузырек помещается в самой верхней части зародышевого мешка, так что кончик цветневой трубочки, проникшей через канал яичка до его ядра, приходит в тесное соприкосновение с пузырьком.

Исследования последних лет показали, что самый акт оплодотворения заключается в том, что ядро, образующееся в конце цветневой трубочки, через ее размягченную или растворенную стенку проскальзывает в зародышевый мешочек (стенка которого также размягчается или растворяется) и сливается с ядром зародышевого пузырька, причем крайне любопытно, что на образование ядер — как мужского, так и женского — идет половина хроматинного вещества, то-есть половинное число палочек, так что образующееся через их слияние первое ядро зародыша состоит наполовину из хроматина отцовского, наполовину из хроматина материнского организма. У простейших — не цветковых — растений, как вскоре увидим, мы в состоянии еще легче непосредственно убедиться в этом слиянии вещества мужской и женской клеточек. Сущность же этого явления, химизм этого процесса для нас почти неизвестен. В содержимом крупинки цветня открыт фермент, и, сверх того, известно, что в эпоху опыления в цветах проявляется уси-

¹ См. первую лекцию. Значение двух клеточек, сопровождающих зародышевый пузырек, еще не выяснено удовлетворительным образом. Зародышевый пузырек теперь чаще называют яйцеклеткой или даже яйцом; но тогда выходило бы, что яйцо заключено в яичке, — во избежание этого неудобства я предпочитаю сохранить старый термин, более согласный с первоначальным представлением, что зародыш заключен в яйце.

ленная химическая деятельность, они жадно поглощают кислород, выдыхают углекислоту, и это дыхание сопровождается заметным повышением температуры всего цветка, в особенности же тычинок.

Как бы то ни было, результатом этого слияния является пробуждение образовательной деятельности в зародышевой клетке. Она облекается оболочкой из клетчатки, получает перегородку, превращаясь из одной в две клеточки. За первую перегородкой следует вторая, третья и так далее — образуется многоклеточное тело, которое, разрастаясь, превращается в зачаточ-

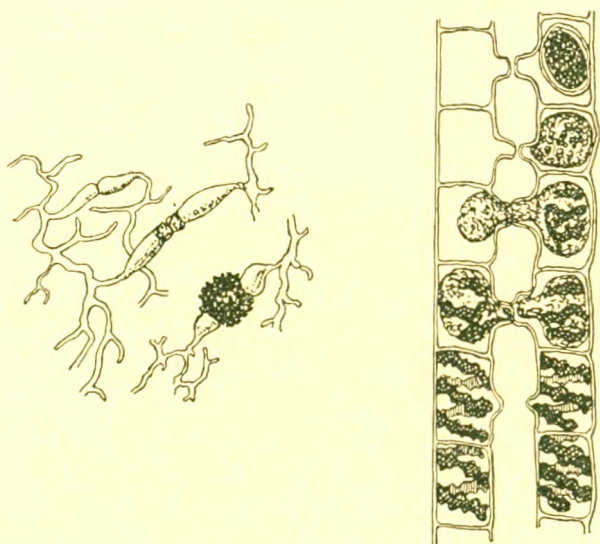
белком¹. Белок, как запас пищи, может быть всосан зародышем или во время нахождения семени при материнском растении, и тогда зрелое семя уже не содержит белка, оно будет безбелковое, каковы семена гороха, бобов, или же большая часть белка сохраняется в зрелом семени, как, например, у злаков гречихи, мака и проч.

Развитием зародыша, превращением яичка в семя, не ограничивается влияние оплодотворения — оно распространяется и на плодник; развиваясь и разрастаясь, он превращается в плод.

Такова в самых общих чертах форменная, морфологическая, единственная нам до сих пор известная сторона этого явления оплодотворения. Для дополнения картины посмотрим, как совершается этот процесс на другом полюсе растительного царства, у самых простейших растений — у водорослей, например, или у плесени.

Вот микроскопическая водоросль, уже нам знакомая спирогира, с ее характеристическими спиральными лентами хлорофилла (фиг. 67, справа). В известный момент развития этого организма составляющие его нити принимают параллельное положение, как это видно на рисунке. В некоторых клетках содержимое собирается в круглые или овальные клубки, и в то же время на двух смежных клеточках образуются вздутия стенки. Эти бугорки растут навстречу, сталкиваются, разделяющую их перегородка всасывается, исчезает, и тогда содержимое двух клеточек сливается в одну массу, причем совершенно безразлично, перельется ли содержимое из левой нити в правую или наоборот. Образовавшаяся таким образом округлая масса получает оболочку и превращается в спору, которая, освободившись, может прорасти и дать начало новому организму, новой нити спирогиры.

Здесь мы, следовательно, встречаем процесс оплодотворения в крайне простой форме: две клетки сливаются, чтобы дать начало одной, которая и служит для воспроизведения организма. В еще простейшей форме встречаем мы это явление в следующем микроскопическом грибе — плесени. Он состоит из одной тонкой, очень разветвленной трубочки (фиг. 67, слева),



Фиг. 67.

ное растение, в зародыш, с которым мы познакомились уже в первой беседе, говоря о семени. Иногда в семени является несколько зародышей. Последний случай сравнительно редок. Несколько зародышей находится, например, в семенах апельсина, но происходят они, повидимому, совершенно особым образом, на описании чего здесь было бы излишне останавливаться. Одновременно с развитием зародыша в других частях яичка, в зародышевом мешочке и ядре, отлагается запас питательных веществ; это будет та часть семени, которую мы назвали

¹ См. третью лекцию.

в которой нигде мы не замечаем поперечных перегородок — значит, весь организм состоит из одной клетки. В некоторых местах этой клетки появляются короткие ветви, вытягивающиеся навстречу друг другу. Когда они прикоснутся, конец каждой ветви отделяется перегородкой и вздувается, перегородка, разделяющая их между собою, исчезает, и содержимое, сливаясь, образует одну клетку — спору.

Таким образом, простейшие споровые растения, так же как и цветковые, показывают, что явление оплодотворения заключается в соединении содержимого двух клеточек, и даже у споровых растений это явление обнаруживается с большою очевидностью, так как мы непосредственным наблюдением легко убеждаемся в этом слиянии двух клеточек. В описанных простейших случаях мужская и женская клеточки с виду несколько не отличались, хотя при более тщательном изучении их строения удалось подметить и в них различия, но в других, более сложных случаях у споровых растений мужская клеточка отличается совершенно и по виду и по свойствам от женской. Между тем как женская неподвижна, мужская движется наподобие какого-нибудь микроскопического животного, проникает в орган, заключающий женскую клеточку, и, сливаясь с нею, как бы растворяясь в ней, вызывает ее оплодотворение¹.

Экспериментальным путем мы еще более убеждаемся в действии цветневой пыли на яичко. Во-первых, мы знаем, что если рыльце не будет опылено, то цветок завянет, не принеся ни семян, ни плода; далее, заставляя непосредственно под микроскопом цветневые трубочки действовать на вынутые из завязи яички, можно было заметить, что только в том случае, когда первые приходили в соприкосновение с последними, обнаруживалось последствие оплодотворения. Наконец, всего убедительнее доказывают участие мужского элемента опыты искусственного получения помесей. Если пестики какого-нибудь цветка опылять цветнем, взятым не из того же самого цветка, а из другого, отличающегося от

него, например, окраской лепестков, то можно получить растение с цветами пестрыми, то-есть представляющими и цвет лепестков того цветка, пестик которого оплодотворен, и цвет лепестков того цветка, из которого взята цветочная пыль. Очевидно, влияние мужской клеточки отразилось на происшедшем вследствие оплодотворения растении.

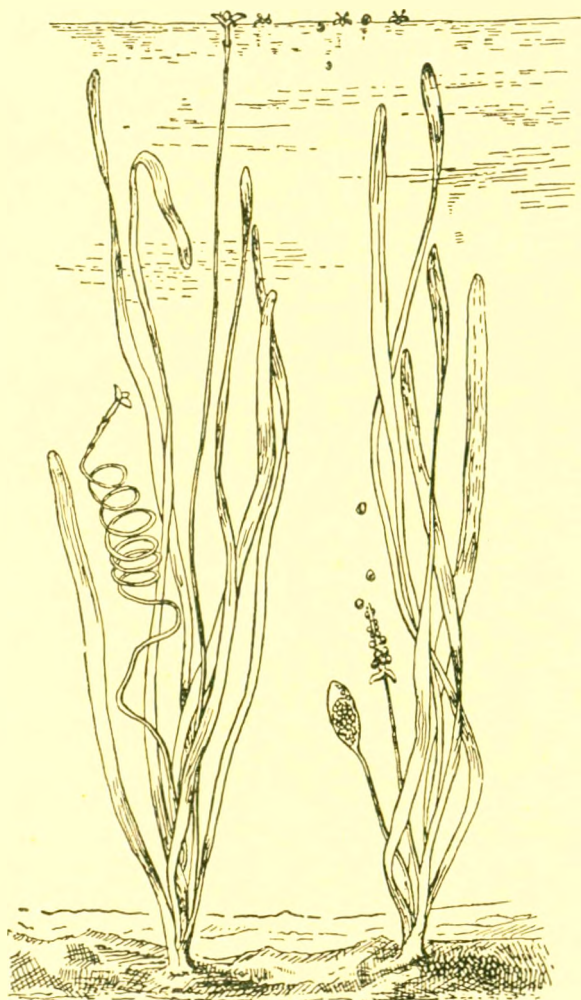
Для осуществления необходимого опыления растения снабжены множеством любопытнейших приспособлений. Остановимся на нескольких примерах. Вот одно незамечательное по своей внешности растение (*Pilea*), разводимое в наших оранжереях ради следующей любопытной особенности. Когда оно цветет и усеяно множеством своих маленьких, невзрачных цветков, стоит его вспрыснуть водой, чтобы заметить странное явление: на поверхности растения то там, то сям, как бы вследствие небольших взрывов, начнут взвиваться небольшие облачка пыли. Явление это объясняется так: тычинки этого растения, закрученные внутрь цветка и очень гигроскопические, быстро, как пружины, расправляются и выбрасывают пыль из своих лопнувших пыльников. Таким образом разбрасываемая во все стороны пыль легко попадает и на рыльце. Приведем еще пример, но на этот раз остановимся на растении, живущем в совсем другой среде, — на растении водяном. Всем любителям комнатных аквариумов знакома самая обычная обитательница их — валлиснерия; у этой валлиснерии тычинки и пестики находятся в разных цветках, а эти последние размещены на различных растениях (фиг. 68). Как мужские, так и женские цветки развиваются под водой. Но оплодотворение под водой невозможно; садовники, например, знают, что дождь во время цветения препятствует оплодотворению, так что при таких условиях не завязывается плод, получается пустоцвет. Для того чтобы оплодотворение валлиснерии могло совершаться на воздухе, это растение снабжено следующим довольно замысловатым приспособлением. Женские цветки (слева) сидят почти на дне на очень длинных, закрученных тесною спиралью ножках. Ко времени цветения эти ножки начинают раскручиваться и расти и таким образом выносят жен-

¹ В 1897 году такие подвижные клеточки найдены и в цветневых трубочках семенных растений. (См. приложение «Единство растительного мира». Ред.)

ские цветки на поверхность воды. К этому же времени и мужские цветки (справа), также развивающиеся на дне, отрываются от своих стебельков и всплывают на поверхность воды. Плавающая между женскими цветами, они раскрывают свои пыльники и рассыпают по ветру свою пыль, причем часть ее, конечно, попадает и на рыльца. Когда миновал период цветения, цветочная ножка женского цветка вновь закручивается, увлекая оплодотворенный цветок на дно, где и происходит дальнейшее развитие плода.

Для нас теперь вполне понятно значение в жизни растения главных частей цветка — крупинки цветня и яичка; понятны и только что описанные приспособления, клонящиеся к тому, чтобы способствовать взаимодействию этих ор-

ганов. Но затем рождается вопрос: какое же значение имеют остальные части цветка? К чему служат чашечки? К чему этот плодник, только затрудняющий доступ цветня к яичкам? К чему яркие, нередко причудливой формы лепестки? К чему этот аромат, распространяемый цветами, и, наконец, эта сладкая, похожая на мед жидкость, которую выделяют на дне своих венчиков знакомые нам с детства кашка, глухая крапива и множество других цветков? Постараемся найти ответы на все вопросы. Понятнее всех значение чашечки и плодника. Первая, подобно наружным чешуйкам листовых почек, охраняет во время развития внутренние, более важные органы цветка, второй — играет такую же роль по отношению к заключенным в нем яичкам. В только что упомянутых опытах оплодотворения яичек, освобожденных от завязи, исследователь встречал значительное затруднение в борьбе с мелкими паразитными организмами, этими бактериями, о которых приходится слышать так много страшного по поводу причиняемых ими заразных болезней. Но какое же средство употребляем мы, когда желаем сохранить органические вещества от гниения, от заражения бактериями? Мы сохраняем их в герметически закрытых сосудах или, по крайней мере, ограждаем их от доступа зародышей этих организмов, носящихся в воздухе, затыкая горлышко сосудов ватой. Полость завязи и предоставляет нам именно такой, со всех сторон глухой сосуд, в котором яичко и семя развиваются вполне сохранно от носящихся в воздухе зародышей паразитных грибков. Можно возразить: если крупинки цветка, попадая на поверхность рыльца, прорастают и их трубки достигают яичка, то почему бы и бактериям, носящимся в воздухе, не развиться на рыльце и не достигнуть яичка? Тот же наблюдатель, которому мы обязаны только что приведенным объяснением значения завязи, объяснил и специальное значение рыльца. Крупинки цветня, развиваясь вне цветка (под микроскопом), так же как яички, страдают от бактерий; для того чтобы отделаться от их нападений, он попробовал слегка подкислять ту жидкость, в которой прорастал цветень. Оказалось, что эта слабокислая реакция, безвредная для крупинки цветня, препятствовала развитию бак-

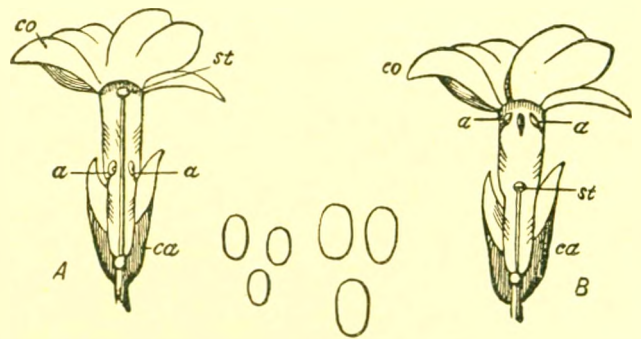


Фиг. 68.

терий. Испытав реакцию рылец, он нашел, что она кислая. Таким образом, рыльце, пропуская цветневые трубочки, повидимому, устраняет доступ в завязь бактериям.

Но для чего служат растению его яркие лепестки, его запах и медоносные железы? С первого взгляда значение их исключительно эстетическое. В былое время, когда человек считал себя центром мироздания, когда даже солнце ходило вокруг него, конечно не затруднялись допустить, что все это существует для услаждения его взоров, его обоняния и вкуса. Но с развитием естествознания подобная точка зрения все более и более утрачивала свое значение. С другой стороны, ботаники, не усматривая непосредственной пользы во всех этих частях, давно привыкли называть их несущественными и, прибегая к поэтической метафоре, видели в них только брачный наряд растений. Оказалось, что и то и другое воззрение одинаково неверно. Оказалось, во-первых, что все эти органы существуют не для человека, а для насекомых и прежде всего для самого растения; а во-вторых, что они очень существенны, часто даже необходимы для растения, что без них и так называемые существенные части не достигали бы часто своего назначения и, наконец, что они полезны постольку именно, поскольку они ярки, пахучи, сладки, то есть поскольку они могут служить приманкой для насекомых. Объясним, в чем дело.

Нравы и законы, как церковные, так и гражданские, большей части народов, кроме находящихся на низшей ступени развития, осуждают, запрещают, даже преследуют браки в близких степенях родства. Медики и физиологи пытались доказать справедливость этого распространенного воззрения статистическими данными, и, действительно, существует немало фактов, доказывающих, что близкое родство между родителями вредно отражается на здоровье детей. В настоящее время мы почти не нуждаемся в подобных доказательствах, так как целый ряд исследований доказывает, что этот закон имеет более широкое приложение, что он касается не одного человека, не одного животного царства, но равно и растительного, что это — закон общий для всего органического мира, и нигде не



Фиг. 69.

убеждаемся мы в нем с такою наглядностью, как именно над растением.

Нам известны несомненные факты, указывающие, что оплодотворение пестика цветнем, взятым из того же цветка, оказывается менее удачным, дает менее здоровое потомство, чем оплодотворение цветнем из другого цветка. Мало того, существуют растения, у которых самоопыление абсолютно бесплодно; такова, например, хохлатка (*Corydalis*) — одно из наших ранних весенних растений. Существуют некоторые растения с двоякого или троякого рода цветками; таковы: первоцвет (фиг. 69), дербенник, различные виды льна и проч. У этих цветков пестики и тычинки представляют различную величину, и притом длинные пестики встречаются в одном цветке с короткими тычинками (фиг. 69, A), и наоборот (B). Оказывается, что для успешного оплодотворения нужно перенести на рыльце пыль из тычинки соответственной величины, следовательно всегда из другого цветка¹. Существуют растения, у которых оплодотворение цветнем другой породы, даже другого вида, оказывается плодотворнее самоопыления. Наконец, наблюдатели, заслуживающие полного доверия, описывают случаи, в которых самоопыление действует ядовито, поражая пестик: рыльце представляется как бы спаленным, и цветок завядает, не принося плода, между тем как цветень, взятый из других цветков, вызывает оплодотворение. Таким образом, многочисленные факты убеждают нас, правда только эмпирически, в су-

¹ В середине изображены крупинки цветня формы A и B; они оказываются различной величины.

существовании общего закона, по которому перекрестное оплодотворение полезно, самооплодотворение сравнительно вредно для организма.

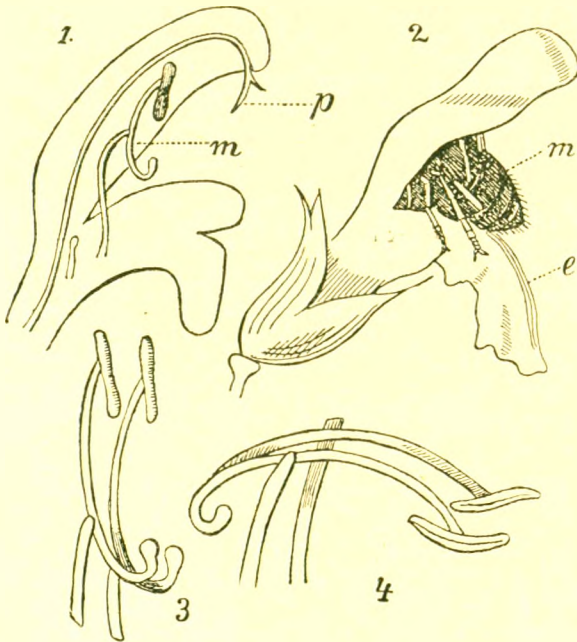
Раз мы допустим существование этого закона, для нас тотчас станет ясно значение множества особенностей в строении цветка, иначе непонятных. Число фактов, накопившихся в ботанической литературе, в подтверждение того положения, что строение цветков приспособлено к их перекрестному оплодотворению, в особенности при посредстве насекомых, чрезвычайно велико. Остановимся здесь только на самых выдающихся чертах этого учения.

В доказательство справедливости взгляда, что яркие покровы, запах и медоносные железки имеют целью привлечение насекомых, которые, перелетая с цветка на цветок, способствуют перекрестному оплодотворению, можно привести следующие соображения. Во-первых, все эти части существуют только в период опыления и потом исчезают. Во-вторых, мы отличаем такие растения, у которых опыление совершается при посредстве ветра, и такие, у которых оно совершается при посредстве насекомых. У первых цветы всегда мелки, невзрачны, не имеют ни ярких покровов, ни запаха, ни меда. Такова боль-

шая часть древесных растений: сосна, береза, осина и проч. Зато они образуют громадную массу цветня; облака этой желтой пыли, падая на землю или поверхность воды, породили даже суеверные поверья о серных дождях. Замечательно также, что подобные растения цветут обыкновенно ранней весной, когда неразвившиеся листья не могут препятствовать распространению цветневой пыли.

Но понятно, что такая трата, по всей вероятности, дорого стоящего растению материала, неизбежная при опылении при посредстве ветра, должна быть крайне невыгодна для растения. Для него, очевидно, выгоднее производить менее пыли и вернее обеспечить ее перенесение на рыльца других растений. Эта экономическая цель, очевидно, осуществляется при содействии насекомых. Побудительной причиной, приманкой для посещения цветков служат насекомым медоносные железки, так называемые нектарники; средством для привлечения — яркая окраска, размеры цветка и его запах. Доказано, что пчелы обладают способностью различать цвета и что, смазывая медом различно окрашенные поверхности, можно приучить этих насекомых к ассоциации впечатлений известного цвета с присутствием меда. Перекрестное оплодотворение достигается разделением полов в цветке, причем тычиночные и пестичные цветки могут быть распределены на одном и том же растении или на различных; в цветах же обоеполых это достигается неодновременным развитием тычинок и пестиков, причем самооплодотворение становится невозможным. Но особенно убедительны те многочисленные случаи, в которых все части цветка по своему устройству и расположению оказываются прилаженными к форме и ухваткам посещающего насекомого, так что оно, перелетая с цветка на цветок, неизбежным образом должно в одном прикоснуться к пыльнику, а в другом — тем же самым местом к рыльцу. Ограничимся несколькими примерами.

Многие цветы вместо обыкновенного, правильного, лучистого расположения своих частей представляют так называемое симметрическое, то-есть такое, при котором мы отличаем правую и левую сторону, верх и низ. Примером этого

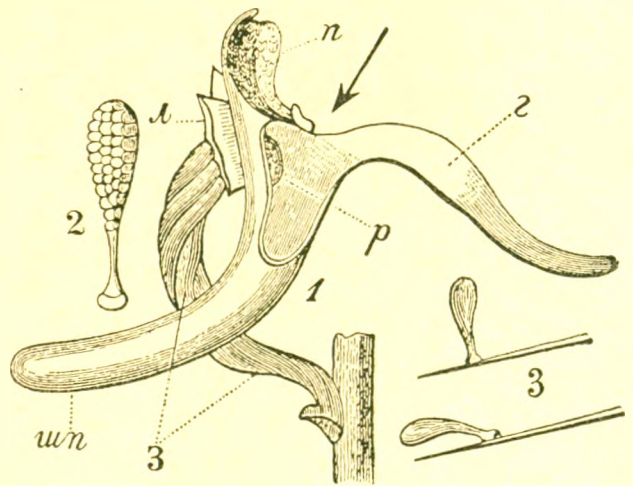


Фиг. 70.

могут служить так называемые двугубые цветы (фиг. 70, 2). Эта форма, очевидно, удобна для насекомых; нижняя губа служит как бы платформой или балкончиком, на который оно удобно садится, когда желает запустить свой хоботок в трубку венчика, на дне которой находится сладкая жидкость. Но при этом оно трется спинкой о пыльники (фиг. 70, 1 и 2, *m*), а перелетая на другой цветок, опыленную спинкой трется о рыльце (*p*). Самоопыление в этом случае невозможно, потому что рыльце развивается позже тычинок, следовательно может получить цветень только из другого цветка. Этого еще мало; у одного губоцветного растения, у обыкновенного шалфея, мы встречаем еще следующее замысловатое приспособление (его цветок изображен на фиг. 70, 1). Тычинки его представляют ту особенность, что пыльник прикреплен на оконечности длинной поперечной части, которая подвижно соединена с нитью (на фиг. 70, 1 изображен цветок, расколотый по длине, и в нем одна тычинка *m*, на фиг. 70, 3 — отдельно обе тычинки). Нижние концы этих поперечных частей загораживают вход в трубку венчика, на дне которой заключается, как уже сказано, сладкая жидкость. Как только насекомое просунет в трубку свой хоботок, оно толкнет эти нижние концы поперечных перекладин, которые, как рычаги, придут из положения 3 (фиг. 70) в положение 4, при этом пыльники ударяются о спинку насекомого (фиг. 70, 2, *m*) и осыпают его своим цветнем.

Еще замечательнее способ оплодотворения в группе так называемых орхидных растений, у которых оплодотворение без участия насекомых было бы в большей части случаев невозможно и их цветы были бы обречены на постоянное бесплодие. Цветы у этого семейства отличаются своими причудливыми формами, почему его экзотические представители и разводятся так охотно в оранжереях. Из наших дикорастущих представителей этого семейства достаточно упомянуть о *ночной фиалке* (*Platanthera*), белые, сильно пахучие цветы которой в июне месяце носят у нас везде по улицам. Представим себе подобный цветок, у которого ошипаны все лепестки (фиг. 71), кроме одного нижнего, имеющего форму

губы и при основании вытянутого в глухую трубочку, так называемый шпорец (фиг. 71, *шп*)¹. Пестик и тычинки этого цветка также совершенно своеобразны: пестик состоит из длинной, закрученной завязи (*з*), наверху которой прямо, без столбика, сидит рыльце, имеющее форму липкого пятна у самого входа в трубку шпорца (*p*). Тычинка не имеет нити, а состоит из одного пыльника (*n*), сидящего непосредственно по соседству с рыльцем. Этим не ограничиваются особенности этого растения. Цветень не имеет формы рассыпчатой пыли, а собран в каждой из двух долей пыльника в комочек, вытянутый в ножку, снабженную на конце очень липкой пуговочкой (фиг. 71, 2). Вследствие того, что цветень сам не рассыпается, понятно, что, несмотря на близкое соседство, он без посторонней помощи не мог бы попасть даже на рыльце того же цветка, не говоря уже о других. Эту помощь и оказывает насекомое. Садясь на губу (*г*), оно запускает хоботок в трубку шпорца, на дне которого обыкновенно, как это особенно хорошо видно у ночной фиалки, выделяется сладкая жидкость; при этом насекомое неизбежно прикасается к липкой пуговичке, выставленной из пыльника, и, улетая с цветка, уносит с собою всю пыльцевую массу. Это устройство цветка до того точно и действует так безошибочно,



Фиг. 71.

¹ Фигура 71 представляет цветок орхидеи, у которого удалены все лепестки, кроме губы, которая расколота пополам, чтобы показать вход в шпорец и положение рыльца.



Фиг. 72.

бочно, что нельзя просунуть в шпорец иголку или щетинку по направлению, показанному стрелкой (фиг. 71, 1), не вынеся на ней пыльцевую массу, как показано на фиг. 71, 3. Первоначально эта масса пыли имеет вертикальное положение, но через несколько минут наклоняется вперед (фиг. 71, 3). То же самое должно происходить и с пыльцевой массой, прильнувшей к насекомому. Перелетев на другой цветок, повторив там тот же прием, оно должно упереться пыльцевой массой как раз в липкую поверхность рыльца (*p*) и оставить там часть цветня. Доказательством тому, что в действительности все происходит, как описано, служат насекомые, пойманные во время посещения ими цветов, на хоботке или головке которых оказываются прильнувшие массы цветня. Иногда в значительном числе. Значит, оплодотворение подобных цветов будет совершаться не иначе, как при

содействии насекомых, и будет всегда полезное для растения перекрестное оплодотворение; понятно, какое значение имеет для жизни растения именно такая, а не иная форма всех частей его цветка.

Приведем еще один разительный пример, в котором все части цветка также, повидимому, приспособлены к той же цели: к перекрестному оплодотворению при содействии насекомых. Это растение — кирказон (*Aristolochia*). Его бледно-желтые цветы представляют трубчатый, при основании шарообразно вздутый, на вершине несколько расширенный и наискось срезанный венчик (фиг. 72). Длинная, заключающая множество яичек завязь (фиг. 72) непосредственно, без столбика, переходит в сидячее, лопастное рыльце. Под самым рыльцем, сросшись с пестиком, расположились тычинки, также сидячие, то есть лишенные нитей. Узкая трубка венчика усеяна жесткими волосками, обращенными, как показано на рисунке, вершиной внутрь (72, верхний разрез) и напоминающими устройство мышеловок. Благодаря такому положению волосков насекомое легко заползает во внутренность цветка, но уже не в состоянии выползти — цветок оказывается для него западней, в которой оно находит уже развившиеся, готовые для оплодотворения рыльца и еще неразвившиеся тычинки. Если насекомое прилетело с другого цветка, то оно оставляет на рыльце пыль. После некоторого времени созревают и лопаются пыльники, насекомые беспокойно снуют взад и вперед в своей тюрьме (72, верхний разрез), обсыпаясь пылью, но эта пыль, попадая на рыльце, не вызывает самооплодотворения, так как рыльце уже завяло. Вскоре завядают и опадают волоски венчика (72, нижний разрез), двери его тюрьмы раскрываются, и насекомое, напудренное цветном, вылетает для того, чтобы на следующем цветке попасть в такую же западню. Затем наружная лопасть венчика, завядая, закрывает входное отверстие (72, нижний разрез), и весь цветок, прежде имевший вертикальное положение, поникает (72, верхний рисунок). Таким образом насекомые избавляются от бесполезного посещения уже оплодотворенных цветов. И это приспособление действует так же успешно, как и механизм оплодотворения орхидных, так что

по внешнему виду цветка можно почти безошибочно сказать, найдешь ли в нем захваченных в плен насекомых или нет. Число этих насекомых, подвергающихся временному аресту в одном цветке, бывает нередко значительно.

Следовательно, в яркой окраске венчика, в его своеобразных формах, в медоносных железах — этих так называемых несущественных частях цветка — мы несомненно должны видеть очень совершенные приспособления цветка к указанным потребностям растения. Для того же, по всей вероятности, служит и запах; подобно цвету, он способствует привлечению насекомых. Замечено даже, что цветы, распространяющие особенно сильный аромат ночью, посещаются ночными насекомыми. Впрочем, выделение летучих ароматических веществ может иметь и другое значение для растения. С одной стороны, известно, что для цветения растения нуждаются в более или менее высокой температуре, что отчасти достигается упомянутым выше повышением температуры вследствие дыхания, но, с другой стороны, известно, что в ясные, тихие ночи растения подвергаются значительному охлаждению вследствие сильного лучеиспускания. Для устранения подобного охлаждения достаточно покрывать растения стеклянным колпаком, который, задерживая испускаемые растением лучи, препятствует излишнему охлаждению. Но совершенно таким же свойством, как стекло, обладают и все летучие тела, подобные цветочным испарениям; они сильно задерживают лучистую теплоту. Для того чтобы убедиться, как значительна эта атмосфера летучих, так называемых эфирных масел, окружающих пахучие растения, стоит в тихий летний вечер поднести зажженную спичку к сильно пахучему цветку *Dictamnus*, и мы с удивлением заметим, как сначала этот цветок, а вслед за ним и весь усыпанный цветами кустарник охватится синеватым пламенем. Это горят пары пахучего эфирного масла, выделяемого железами, которыми покрыты цветочные органы этого растения. Следовательно, в тихие, ясные летние ночи, то есть именно тогда, когда грозит опасность от охлаждения вследствие лучеиспускания, цветы бывают окружены как бы прозрачным облачком, атмосферой этих испарений, которые, перехватывая излучаемую цветами теплоту, наподобие сте-

клянного колпака охраняют их от излишнего охлаждения¹.

Итак, к ряду разочарований, которые естествознание принесло самолюбию человека с той минуты, когда оно доказало, что не солнце вращается вокруг него, а он — вокруг солнца, присоединяется еще новый удар: этот пестрый ковер цветов, блещущих всеми красками радуги, разливающих тончайшие ароматы, существует не для него, царя природы, а для каких-то мошек и букашек, и прежде всего — для самого растения.

Но, расставаясь со своими неоправдавшимися притязаниями, человек с каждым новым успехом науки только выигрывал в действительном значении. Так и в настоящем случае: если он должен сознаться, что цветы созданы не для него, то он справедливо может утешаться мыслью, что они в значительной степени созданы им самим. Довольно сравнить растения наших садов, огородов, полей с растениями дикорастущими, чтобы согласиться с этим выводом. Довольно взглянуть на любое культурное растение, любой садовый цветок, любой огородный овощ, чтоб увидеть в них направляющую руку и мысль человека. Естественные тела под влиянием предъявляемых им требований, иногда только под давлением мимолетной прихоти моды, изменяются сообразно этим потребностям и прихотям. Прихотливые люди требуют, например, чтобы мелкий, бледнотрехцветный, неправильный цветок анютиных глазок сделался крупным, одноцветным, почти черным и почти круглым, и вот на наших глазах, словно каким-то волшебством, с каждым годом он становится крупнее, темнее, круглее. Спрашивается: каким же путем достиг человек этого результата, как заставил он природу способствовать его целям, послушно следовать его указаниям?

Путь этот очень прост, и человек давно уже ему следовал, не отдавая сам себе в том отчета, но только в недавнее сравнительно время наука, завладев теми сокровищами знания, которые веками накапливала практика, выставила в настоя-

¹ Известно, что можно успешно охранять растения от ночного охлаждения, разводя по соседству огня, так, чтобы над растениями расстилалось облако дыма, ограждающее их от излишней потери тепла через лучеиспускание.

шем свете простоту и всеобщность употребляемого приема. Путь этот следующий. Из семян, полученных от одного растения, взятых из одной коробочки, никогда не выходит двух абсолютно схожих растений, непременно оказываются различия. Если оставить все эти растения расти и размножаться вместе, то различия, вследствие скрещивания, легко ступаются, и выработается постоянная, средняя, типическая форма. Совершенно иной результат получится, если форму, отличающуюся чем-нибудь от остальных, удалить, уединить; тогда в большей части случаев ее особенности передаются ее потомству. Уединяя и в этом потомстве те экземпляры, которые представляют в особенно резкой форме привлекавший наше внимание признак, мы с каждым поколением усиливаем и закрепляем его. Это прием так называемого *отбора*.

В садоводстве этот процесс отбора нередко применяется в самой простой и в то же время действительной форме: он состоит в истреблении, в уничтожении всех растений каждого поколения, не соответствующих имеющимся в виду целям. Повторяя операцию отбора в каждом последующем поколении и сохраняя едва уловимые мельчайшие достоинства, человек как бы лепит, черта за чертой, новую форму, осуществляет заранее предназначенный идеал. Достоинно замечания, что, выводя этим путем все свои усовершенствованные породы растений и животных, человек и по отношению к себе применял эти начала отбора, к сожалению, только в обратном смысле. С давних пор он имеет обыкновение отбирать лучших в физическом смысле своих представителей для того, чтобы обрекать их на более или менее верную смерть, и этот опыт человечества служит доказательством, хотя и отрицательным, успешности применения этого начала отбора. Таков был, например, один из результатов деятельности Наполеона I: его бесконечные войны имели последствием уменьшение среднего роста жителей Франции.

Итак, в начале отбора человек имеет могучее средство для улучшения, для усовершенствования организмов, и простейшее применение этого начала заключается в истреблении организмов, не соответствующих его целям. Запомним этот вывод, так как он послужит нам впоследствии

ключом для объяснения явлений, совершающихся в природе.

Подводим итог фактам, приобретенным по отношению к цветку. В основе органической природы лежит закон, на основании которого клеточка, способная давать начало таким гигантам, каковы веллингтонии и баобабы, считающие свое существование тысячелетиями, неспособна, однако, повидимому, к беспредельному размножению подобным растительным путем. Для поддержания растительных форм необходимо, чтобы они от времени до времени обновлялись посредством процесса слияния двух отдельных клеточек. Значение, смысл, необходимость этого закона существования двух полов для нас совершенно темны: это — только эмпирический закон, основанный на совокупном свидетельстве всех нам известных фактов¹.

Быть может, мы вправе видеть в этом законе только одно из проявлений более общего закона — закона пользы физиологического разделения труда, выражающегося в том, что отправления, исполняемые у простейших организмов одной клеточкой, по мере усложнения организации распределяются между различными клетками. Быть может, клеточка неспособна в длинном ряде поколений успешно воспроизводить себя во всех своих частях, и этот труд распределяется между двумя клеточками, из которых каждая вырабатывает только известную часть будущего организма и, взятая в отдельности, уже неспособна к дальнейшему развитию. Но в чем заключается различие между этими двумя клеточками, какой элемент развития вносит с собою каждая — все это вопросы будущего. Одно только вытекает из фактов: что с усложнением организации возрастают внешние различия и степень родства между половыми клеточками. Повторяю, по отношению к вопросу

¹ Достоинно замечания, что морские водоросли представляют один любопытный, не имеющий аналогии во всей остальной органической природе пример полового акта не между двумя, а между тремя клеточками, так что одна из них, играющая роль оплодотворяемого элемента по отношению к другой, играет роль оплодотворяющего элемента по отношению к третьей. Этот хотя совершенно одиноко стоящий, но тем не менее вполне достоверный факт, а равно и отсутствие полов у самых простых организмов, должен нас удерживать от слишком широких обобщений, от метафизических теорий о существовании какой-то органической полярности и т. п.



Мангровые заросли. С деревьев падают уже проросшие семена прямо в ил и там укореняются (к стр. 158).

о значении полов мы еще ходим во мраке, и лучше воздержаться от всякого объяснения, чем вдаваться в туманные, не имеющие под собою фактической почвы гипотезы.

Деятельность цветка главным образом сводится к образованию семени, то-есть зародыша, заключенного в измененное и разросшееся яичко. Однако этим образованием семени дело ограничивается только у небольшого числа семенных растений, например у наших хвойных и у тропических саговиков, листья которых, под названием пальм, часто кладут вместе с венками на могилы. Если мы растреплем шишку ели или сосны, то в углу каждой чешуйки найдем семечко, снабженное летучкой; это хорошо известно белкам, которые очень ловко их добывают, отламывая и отбрасывая чешуйки и остающийся сухой стержень шишки. Эти растения ботаники так и называют *голосемянными* и считают их простейшими из цветковых растений, так как у них нет ни завязи, ни цветочных покровов, что и подтверждается геологией, показывающей, что

эти *голосемянные* древнее более совершенных *покрытосемянных*. Тот орган, в котором, как мы знаем (лекция I), обыкновенно заключены яички, — пестик или плодник. Когда оплодотворенные яички превращаются в семена, плодник превращается в новый орган — плод. Плодник, как мы также видели (лекция I), состоит из плодолистиков — одного (как у пиона, фиг. 6) или нескольких. Эти плодолистики, в свою очередь, — не что иное, как особым образом изменившиеся листья, по краям которых сидят яички. Иногда в состав плода входит не один плодник, но и смежные части цветка.

Плоды поражают, пожалуй, еще большим разнообразием, чем цветы. Они могут содержать одно или много семян, могут быть сухие, образованные одним или многими плодолистиками, растрескивающимися самыми разнообразными способами для того, чтобы рассеять семена. Могут они быть и сочными, мясистыми, созревающими вместе с семенами. Те и другие могут не только опадать, но и обладать особыми при-

способностями для разбрасывания. Могут они, сверх того, не только разбрасываться, но и далеко разноситься, причем двигателем, их переносящим, могут служить ветер, вода или животные.

Все это наблюдается в тех случаях, когда растение размножается семенами, которых в известном смысле можно уподобить яйцам животных, но бывают — правда, очень редкие — случаи, когда растения являются, так сказать, живородящими, то-есть зародыши их развиваются на материнском растении и, отделяясь от него, без перерыва продолжают свое независимое существование.

В этих случаях значение плода самое незначительное. Примером могут служить *мангровые* растения, о которых уже было упомянуто в третьей лекции. Растения эти любопытны по своему совершенно исключительному образу жизни. Они опоясывают почти все удобные в почвенном отношении берега континентов и островов тропического пояса, в полосе морского прилива. При таких условиях осыпающиеся обычным образом семена уносились бы первым отливом в море. Эта опасность устраняется следующим образом. Плод и семя почти не развиваются, а служат как бы коротким промежуточным органом между производящим растением и быстро развивающимся зародышем. Особенно быстро разрастается часть, лежащая ниже семенодолей; она прободает стенку плода (табл. I, фиг. 1) и разрастается в длинный, тяжелый, на конце заостренный орган, который легко отламывается от остающихся в плоде семенодолей и, падая, вонзается в мягкий ил. Через несколько часов он уже пускает корни и выпускает бывшее защемленным между семенодолями перышко. Таким образом, его дальнейшее существование при таких, казалось бы, неблагоприятных условиях оказывается сразу обеспеченным, и жизнь зародыша продолжается без малейшего перерыва.

Как и при описании цветка, мы можем здесь ограничиться только несколькими примерами разнообразнейших форм плода и его приспособлений, обеспечивающих дальнейшее существование зародыша.

Едва ли не самые невзрачные плоды встречаем мы у наших злаков; их зерна люди, незнакомые с ботаникой, принимают за семена, и действительно представляется немалый труд отличить, что в их кожуре принадлежит семени, что плоду. Только присматриваясь внимательно в лупу, можем узнать на их вершине остатки рылец. Зерновки злаков нередко также являются живородящими. Это обнаруживается как постоянное явление у одной обыкновенной *Poa* — так и названной *Poa vivipara*, то-есть живородящая — и как исключение встречается в сырую погоду и у наших возделываемых злаков.

Гораздо сложнее формы плодов, заключающие многочисленные семена: это будут так называемые

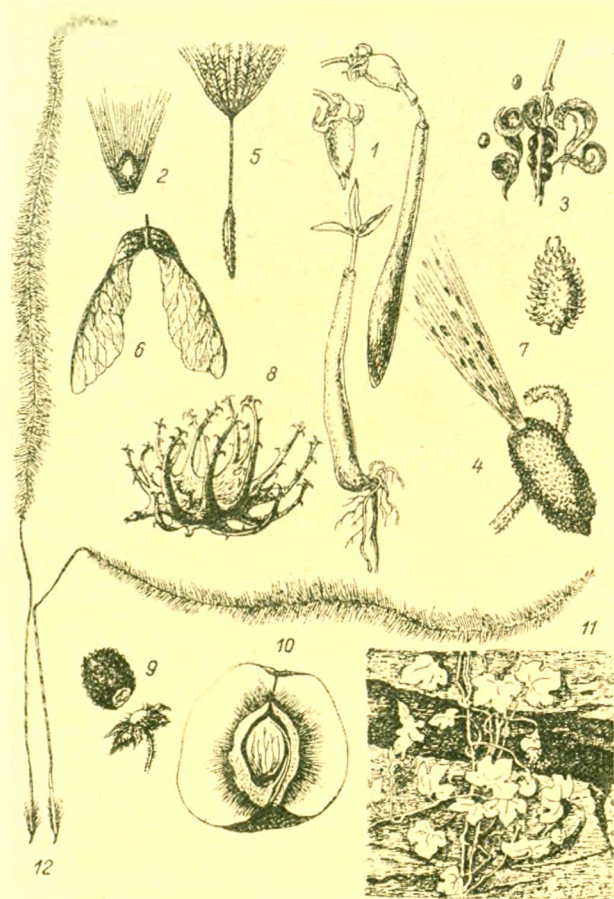


Таблица I

1 — живородящий плод мангрового дерева; 2 — летучее семя тополя; 3 — растрескивающийся плод недотроги; 4 — лопающийся плод бешеного огурца; 5 — хохолок козлобородника; 6 — крылатка клена; 7 — цепкий плод ксантума; 8 — цепкий плод гарпагофитона; 9 — мясистый сборный плод земляники; 10 — мясистый плод персика; 11 — рассыпание семян у линарии цимбаларии; 12 — зарывание в почву плода ковыля.

мые листовки (как у пиона, фиг. 6, стр. 37), образуемые одним плодолистиком, или самые разнообразные коробочки, образуемые несколькими плодолистиками и различным образом раскрывающиеся, чтобы рассыпать семена. Чаще всего они лопаются по швам, которыми срослись плодолистики, но существует и много других способов раскрытия: крышечками, порами (как, например, у мака) и т. д. Иногда семена просто высыпаются, иногда они, в свою очередь, снабжены волосками, способствующими подхватыванию их ветром (как у осины, тополя и т. д., табл. I, фиг. 2, стр. 158). Особенно любопытны случаи, когда плод не только открывается для рассыпания семян, но и сам их механически разбрасывает. Простейший случай этого явления представляют бобы (обыкновенно неправильно называемые стручками) обыкновенной садовой (также неправильно), так называемой желтой акации. Их две створки не только распадаются, но и скручиваются со всем знакомым легким треском и выбрасывают уже созревшие семена. Особенно любопытный механизм разбрасывания представляет часто встречающаяся у нас в тенистых местах *недотрога*. Отметим это растение, бросающееся в глаза своими изящными, покачивающимися на тонких ножках светложелтыми цветами в форме рога изобилия, и вернемся к нему через несколько недель, когда оно уже образовало свои продолговатые, на концах заостренные зеленые плоды. Зажав быстро в кулак такой плодник, в первый раз невольно отдернешь руку — покажется, что поймал какое-нибудь очень сильное насекомое, которое делает отчаянные усилия, чтобы освободиться. Раскрываем руку и увидим пять отдельных скрутившихся створок и разбросанные семена. В другой раз осторожно отщипнем только носик плода и увидим, как плод весь разлетится вдребезги, далеко разметав семена (табл. I, фиг. 3). Это один из наглядных примеров того взаимного напряжения тканей, с которым мы познакомились, говоря о росте (лекция VII). Наружная ткань уже успела потерять часть своей воды, между тем как внутренняя ее еще переполнена, каждая створка стремится изогнуться кнаружи или даже закручивается винтом, причем семена с силою разбрасываются. На Кавказе встречается другое расте-

ние, так называемый *бешеный огурец*. Его зрелые плоды при малейшем толчке отскакивают от своей ножки и выпрыскивают из образовавшегося отверстия на значительное расстояние свое жидкое содержимое вместе с семенами (табл. I, фиг. 4). Механизм здесь тот же самый: напряженная наружная ткань давит на внутренность плода, как оболочка надутого каучукового воздушного шара, когда мы ее проткнем.

Внешним фактором для разноски плодов, как уже сказано, служат ветер, вода и содействие животных. Примером разноски ветром лучше всего могут служить всем известный *одуванчик* и *козлобородник* (табл. I, фиг. 5). При разрастании их плодов на верхушке вырастает особый придаток — *хохолок*, который легко подхватывается ветром и далеко разносит эти плоды — семечки. Сходные приспособления представляют нам *крылатки* клена (табл. I, фиг. 6), *ясеня*, *березы*, но они более приспособлены для плодов, падающих с высоты, и встречаются исключительно на деревьях, между тем как *хохолки* и сходные с ними волоски встречаются и у низкорослых растений.

Вода играет роль при перемещении не только водяных растений, но и сухопутных и, что замечательно, самых крупных известных нам плодов — орехов некоторых пальм, например *кокосовой* и еще более крупных орехов пальмы *лододендрона*. Орехи этой последней служат украшением ботанических музеев, и рассказывают, что первый подобный плод император Рудольф наполнил червонцами и высыпал их привезшему его путешественнику. Орехи этих пальм, падая в море с прибрежных деревьев, разносятся далеко по окраинам островов и материка. В кокосовых плодах замечательны следующие особенности. Наружная кожа непроницаема для морской воды, а толстый волокнисто-мочалистый слой содержит воздух, что и поддерживает орех на поверхности моря. Далее следует очень твердая скорлупа и большая полость, наполненная водянистой жидкостью — кокосовым молоком. Эта жидкость составляет большой запас пресной воды для потребностей зародыша в течение его далекого морского плавания, совершенно так, как это делают моряки для дальних экспедиций.

Третий способ разноски плодов на далекое расстояние — содействие животных. Здесь следует различать два различных способа. Или плод цепляется за наружные покровы животных, главным образом за их шерсть, и вместе с ними перемещается на далекие расстояния, чтобы так же случайно отстать от них, как и пристал. Таким образом многие растения также проникают в новые страны вместе с вывозимой туда шерстью животных. Вообще в этом способе переноса плодов животные прямо не заинтересованы; мало того, он нередко становится для них роковым. Простейший случай — когда цепкие плоды своими колючками (или крючочками, как, например, фиг. 7 на табл. I) прицепляются к животным и, задевая за другие предметы, в другом месте отпадают. Но бывают и гораздо более сложные случаи; таковы, например, зерновки *ковыля*, не перистого, а другого вида, так называемой *тырсы*; они в нижней части очень заострены, колются, как игла, а в верхней несут длинные, не пушистые, а просто нитевидные ости, которые, засыхая, крутятся, обхватывая своими петлями и узлами все, с чем приходят в соприкосновение. Попав в волну (шерсть.—Ред.) овцы, они крепко запутываются в ней, а острым своим концом прокалывают кожу несчастному животному, причиняя ему, очевидно, большие страдания. Где овцы пасутся на пастбищах, изобилующих этим растением, овчинки их теряют свою ценность, так как оказываются пробуранными отверстиями, и бракуются, как негодные для выделки кож. Сложнее плоды одного растения, *гарпагофитона* (табл. I, фиг. 8), встречающегося в Южной Африке. По свидетельству Луббока, они цепляются за гриву львов и, когда те неосторожно пытаются их выкусывать, впиываются своими ужасными колючками в рот, так что несчастное животное, не будучи в состоянии освободиться от них, нередко умирает голодной смертью. Едва ли эти сложные формы, причиняющие такие страдания животным, служат для разноски плодов; скорее они служат для защиты от животных.

Гораздо безобиднее для животных и полезнее для растения другой способ использования плодами животных как двигательной силы. Как и при использовании насекомых цветами, он осно-

вывается на обоюдной пользе, на привлечении животных известными частями плода, годными в пищу. Таковы сочные и мясистые плоды, например, земляники (табл. I, фиг. 9) или косточковые плоды вишни, черемухи, персика (табл. I, фиг. 10), малины и т. д. Этот способ разноски основан на том, что птицы или звери употребляют эти плоды в пищу и разносят на далекие расстояния, разбрасывая с своими экскрементами. Для того чтобы это было возможно, необходимо, чтобы мякоть плода привлекала животное как лакомая пища и бросалась ему в глаза и в то же время чтобы семена были защищены так, чтобы могли проходить без вреда через пищевой канал животного. Это осуществляется таким образом: пока семена развиваются и еще не образовали толстой, защищающей их оболочки, вкус плодов своим изобилием кислот и разных терпких, вяжущих веществ не привлекает животных, да к тому же они мало заметны, так как не отличаются цветом от листьев. Но когда семена созрели и получили защищающую их оболочку, в плодах накапливаются сахаристые, крахмалистые и другие питательные вещества, и окраска плодов бросается в глаза. Особенно распространен яркий красный или желтый цвет. Этот способ разнесения семян вместе с экскрементами животных выгоден для растения еще и тем, что почва в ближайшем соседстве оказывается богато удобренной. Известно, что даже агрономы предлагали разбрасывать семена, предварительно вымачивая их в навозной жиже и обволакивая минеральными удобрениями, находя такой способ распределения удобрения наиболее экономичным. Очевидно, растение предвосхитило эту мысль. У некоторых растений это прохождение плодов через пищеварительный тракт животных оказывается необходимым в связи с совершенно особым их образом жизни. Такова, например, *омела*; это — чужеродное растение, которое встречается у нас на юге и иногда даже приносит большой вред плодовым деревьям; она может попасть в удобное условие для прорастания только при следующих условиях. Ее бросающиеся в глаза белые плоды пожираются птицами, которые, садясь на ветви соседних растений, разносят семена с своими экскрементами. Семена *омелы* оказываются покрытыми крайне липким

веществом (так называемым птичьим клеем), вследствие чего они плотно прилипают к стволу и, прорастая, пускают в него корни, продолжая свой обычный чужеродный образ жизни.

Но всякий знает, что человек обыкновенно не ограничивается одним разбрасыванием семян, нужно еще позаботиться об их заделке в почву. Познакомимся с двумя случаями, показывающими, как справляется растение и с этой задачей. Известно одно ползучее растение (*линария цимбалария* — табл. I, фиг. 11), которое растет на отвесных скалах и стенах. Плоды его имеют вид сухих коробочек, которые, лопаясь, рассыпают сухие мелкие семена. При таких условиях, казалось бы, нет никакой возможности достигнуть того, чтобы семена пристали к твердой отвесной породе. Но плоды ухищряются, прежде чем рассыпать семена, забиться в расщелины стен, где семена находят безопасное убежище. Объясняется это очень просто: ножки плодов обладают тем, что мы, говоря о росте, называли *отрицательным гелиотропизмом*. Это легко доказать, выращивая растение в горшках; тогда мы заметим, что при боковом освещении цветочные головки загибаются к свету, а плодовые — от него. При такой обстановке это не имеет для растения никакого значения, но когда оно растет на отвесной стене, то каждый раз, когда плодовые ножки будут перемещаться через щель, они будут заггибаться в нее и т. д.

Наконец, едва ли не самое замечательное явление представляет механизм зарывания в землю зерновок настоящего, перистого *ковыля*, этой красоты наших южных степей. Они продолжают на вершине в длинную ость, на конце переходящую в красивое перо (табл. I, фиг. 12), которое легко подхватывается ветром и несет плод далеко по степи. Нижний конец снабжен очень острым крючковатым, вонзающимся в землю придатком. Затем пускается в ход следующий сложный механизм. Очень гигроскопическая в нижней, голой своей части ость изгибается двумя коленами, благодаря чему перо очень скоро принимает почти горизонтальное положение. Только тогда, но не ранее, обнаруживается другое движение — скручивание вертикальной нижней части ости. Вращаясь вокруг вертикальной оси, перо рано или поздно упирается в какую-нибудь

соломинку или стебель окружающей травы, и тогда дальнейшее скручивание ости, получившей точку опоры, начинает ввинчивать острую зерновку, как пробочник, в землю, причем покрывающие плод жесткие волоски, торчащие вверх и немного в сторону, еще более закрепляют зерно, как на якоре. Можно было бы подумать, что при наступлении влажного состояния окружающей атмосферы зерно будет тем же порядком вывинчиваться обратно из почвы, но так как оба процесса повторяются в той же последовательности, то перо прежде высвободится, станет вертикально и затем начнет вращаться на своей оси, не увлекая в этом движении зарывшуюся зерновку. Другими словами, зерновка будет ввинчиваться при закручивании, но не будет вывинчиваться при раскручивании и мало-помалу зароется глубоко в землю. Успех этого процесса, очевидно, зависит от порядка последовательности двух движений: изгиба ости и ее вращения. Едва ли во всей деятельности растения найдется какое-нибудь явление, носящее такую печать разумности, предусмотрительности или, как философы любят говорить, целесообразности.

В последнее время появилась целая школа таких ботаников-философов, утверждающих на основании подобных случаев в жизни растения, что мы должны приписать ему сознательную деятельность, признать, что оно чувствует и даже рассуждает и соответственно с этим направляет свою деятельность¹. На это можно ответить: вот вам пример наиболее разумного действия, но происходящего в органе, заведомо мертвом — сухом. Очевидно, разумность эта только кажущаяся, и для нее нужно искать другого объяснения, помимо воображаемой сознательности растения, его будто бы сходства с животным или даже человеком. Какое объяснение дает современная строгая наука таким фактам, мы увидим в последней главе, а пока займемся вопросом, в чем заключается действительное, а не выдуманное сходство растения и животного и в чем их различие.

¹ В Германии она представлена ботаником Франсе, изложившим свое учение о душе растения в двух объемистых, роскошно иллюстрированных томах, у нас — академиками Фаминцыным и Бородиным и в особенности профессором Половцевым, пытающимся в своем учебнике внушить ученикам, что растение чувствует и мыслит.

IX

РАСТЕНИЕ И ЖИВОТНОЕ

Ходячие понятия о различии между растением и животным. — Способность растения к движению. — Движения микроскопические: протоплазмы, зооспор, живчиков. — Движения органов высших растений под влиянием внешних условий (теплоты, света). — Раздражительные органы. — Механизм этих движений. — Самопроизвольно движущиеся органы. — Польза различных движений для растения. — Внутреннее сходство процессов движения у растений и у животных. — Сходство процессов питания. — Сходство процесса дыхания. — Дыхание и брожение. — Сходство явлений раздражительности и анестезии у животных и растений. — Обладает ли растение сознанием? — Различие между животным и растением не качественное, а количественное, не категорическое, а типическое. — Итоги опытной физиологии не исчерпывают задач этой науки

В предшествовавших лекциях мы ознакомились с тремя отправлениями растительного организма: питанием, ростом и воспроизведением, которое с известной точки зрения можно рассматривать как частный случай роста. При поверхностном взгляде на природу, имея в виду только те формы и те явления, которые встречаются на каждом шагу, мы легко можем притти к заключению, что этими тремя отправлениями исчерпывается вся жизненная деятельность растения. Эта мысль выразилась в том определении растительной жизни, которое сложилось, вероятно, с незапамятных времен: *растение живет* (то-есть растет, питается), *но лишено движения*; иногда еще поясняют: *произвольного движения*. В этом отсутствии движения, самостоятельности, мы видим существенную черту, отличающую растение от животного; недаром и обратно — о человеке, жизнь которого ограничивается чисто растительными процессами, мы говорим, что он прозябает. Но справедливо ли такое общее суждение о растении? Более широкий взгляд на растительное царство, более близкое знакомство с растением вскоре убеждают нас в поспешности такого обобщения; мы с удивлением открываем, что явления движения не только не отсутствуют, но даже очень распространены в растительном мире.

Прежде всего обратимся за показаниями к микроскопу. Будем наблюдать при его помощи целую, неповрежденную клеточку в эпоху ее полного развития и при возможно естественных условиях. Для этого выберем волоски, покрывающие в виде пушка поверхность стеблей и листьев или молодых корней и состоящие из одной клетки или одного ряда клеток, или же осторожно вырежем острой бритвой ломтик из листа или стебля водяного растения, например валлиснерии¹, такой тонкий, чтобы он был прозрачен, но чтобы при всем том рассматриваемые клеточки не были поранены. Водяные растения удобны именно потому, что все наблюдения под микроскопом производятся в воде, следовательно клеточка остается в естественной среде. Если все условия соблюдены, температура не слишком низка и клеточки не повреждены, через несколько минут на наших глазах обнаружится одно из самых любопытных явлений, какое может представить органический мир. Сок клеточки или, вернее, та составная часть ее содержимого, которую мы называли протоплазмой² и которая в виде

¹ Растение, которого узкие тесьмовидные листья можно видеть в любом комнатном аквариуме, а цветы в период оплодотворения представляют любопытные явления, описанные в предшествовавшей лекции (фиг. 68).

² См. вторую лекцию.



Слизистый гриб на поверхности гниющего пня.

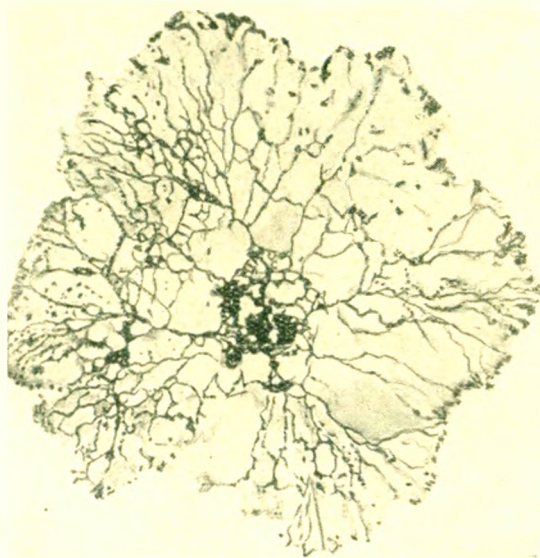
слоя густой жидкости выстилает внутреннюю поверхность стенок или же в виде струек перебрасывается через полость клетки, наполненную более жидким соком, эта протоплазма сначала медленно, затем быстрее и быстрее начинает двигаться в каждой клеточке¹. Движение это особенно ясно заметно в тех случаях (как у валлиснерии), где в протоплазме плавают ярко-зеленые зернышки хлорофилла; можно видеть, как эти зернышки, увлекаемые быстрым током протоплазмы, несутся вдоль одной продольной стенки клеточки, заворачивают по поперечной стенке, спускаются по другой продольной, вновь заворачивают по другой поперечной стенке, чтобы вернуться к точке своего отправления, и затем вновь и вновь повторяют свое круговое странствие. Это быстрое вращательное движение протоплазмы можно наблюдать в одной и той же клеточке по целым часам и даже дням. В таких клеточках, в которых протоплазма образует общую сеть струек, движение не ограничивается круговым током вдоль стенок, а замечается и в тонких струйках, пересекающих полость клетки: такое движение можно заметить в любом волоске, в знакомых нам волосках традесканции (см. фиг. 15), в жгучих волосках крапивы, а также в клеточках мякоти плодов, как, например, в тех крупных, свободных, видимых простым глазом клеточках, из которых состоят самые зрелые, рассыпчатые части арбуза. Стоит взять иглой несколько таких клеточек — и, положив их под микроскоп, в каждой из них увидим это любопытное явление струйчатого движения протоплазмы. Таким образом, протоплазма описанных клеточек находится в постоянном движении, и движении притом самостоятельном, так как оно не вызывается никакими внешними физическими деятелями, хотя эти деятели, как, например, теплота, электричество, могут изменять, то-есть ускорять или замедлять, или даже вовсе прекращать его. Нам известно так много примеров этого движения и в таких разнообразных случаях, что становится в высшей степени вероятным, что движение

свойственно протоплазме всех клеточек, по крайней мере в известный период их существования.

Это движение протоплазмы иногда обнаруживается в еще более любопытной форме и в таких размерах, что становится видимым даже невооруженному глазу. Есть группа организмов до того своеобразных, что долгое время не знали, куда их причислить — к растениям или к животным; да и теперь еще некоторые ученые помещают их в особое третье царство не растений и не животных, но справедливее их отнести к простейшим растениям, именно к грибам. Они называются *слизистыми* грибами, потому что в течение значительной доли своей жизни представляют не что иное, как накопление протоплазмы без всякого строения, без клеточных оболочек, следовательно имеют вид слизи, бесцветной, буроватой или яркожелтого цвета. Организмы эти появляются на поверхности гниющего дерева, глеющих листьев и т. д.; особенно хорошо известен один подобный организм, появляющийся и на кучах корья на кожевенных заводах. Как видно на акварелях А. Н. Строганова¹, это небольшие массы желтого цвета, не имеющие никакой определенной формы, а пронизывающие гниющий пенёк в виде тонких прожилок или собирающиеся на поверхности в виде разнообразно ветвящихся струек или более сплошных, округло-бугорчатых с поверхности скоплений. Стоит прикоснуться к ним пальцем, чтобы убедиться, что это только густая жидкость, вроде сметаны. А если чем-нибудь отметить положение и запомнить форму этих полужидких масс (так называемых плазмодиев), то, к немалому удивлению, заметим по прошествии небольшого промежутка времени, что они значительно переместились и изменили свое очертание. Приглядываясь пристальнее к одному тонкому разветвлению плазмодия или, еще лучше, наблю-

¹ Не следует упускать из виду, что движение это увеличено микроскопом; в действительности оно очень медленно, обыкновенно не скорее движения минутной стрелки обыкновенных карманных часов.

¹ Любопытно сравнить эти художественные акварели с акварелью Франсе, о которой упоминалось в предшествовавшей лекции. На первой таблице гербового тома своей пресловутой, изданной с необыкновенной роскошью книги «Das Leben der Pflanzen» он так сам изображает слизистый гриб: на вывороченном корне дерева виднеется какое-то пятно, величиною с добрую половину тут же пробегающей лисицы и окрашенное в *серо-зеленый* цвет! Невольно закрадывается сомнение, не принял ли ученый автор лишайник за слизистый гриб. Видно, разглагольствовать о душе плазмодия гораздо легче, чем изобразить его тело.



Фиг. 73.

дая его под микроскопом, мы непосредственно убеждаемся в его движении. Эти веточки или струйки выпускают из себя отростки, в которые переливается протоплазма из соседних частей; образовавшийся отросток вскоре втягивается обратно в общую массу, появляется другой, протоплазма приливает к нему; таким образом, то стягиваясь, то расплываясь, плазмодий ползет во все стороны (фиг. 73 и 74, внизу), но преимущественно по одному какому-нибудь направлению, весь переползает с места на место на значительное расстояние, выползает на свет, всплывает вверх на встречающиеся предметы, например на подставленную ему бумагу или стекло, — словом, странствует до тех пор, пока не наступит для него период размножения. Тогда он превращается в неопределенной формы лепешки, величиной иногда в целую ладонь. Эти лепешки снабжены тонкой, очень хрупкой, легко проламывающейся коркой, под которой оказывается тончайшая пыль, напоминающая пыль, которая поднимается из-под ног, когда раздавишь зрелый дождевик. Пыль эта в обоих случаях состоит главным образом из мельчайших клеточек, служащих для размножения этих грибов, — это их споры. Споры нашего слизистого гриба, прорастая, сбрасывают оболочку и вскоре обра-

щаются в микроскопические массы, постоянно меняющиеся в своей форме, — в комочки протоплазмы (фиг. 74), которые представляют в малых размерах то же ползучее переливчатое движение, которое только что описано у целых плазмодиев, что и понятно, так как сами плазмодии, то-есть заметные для невооруженного глаза сгущения протоплазмы, образуются через слияние громадного числа микроскопически малых комочков, происшедших из спор (фиг. 74).

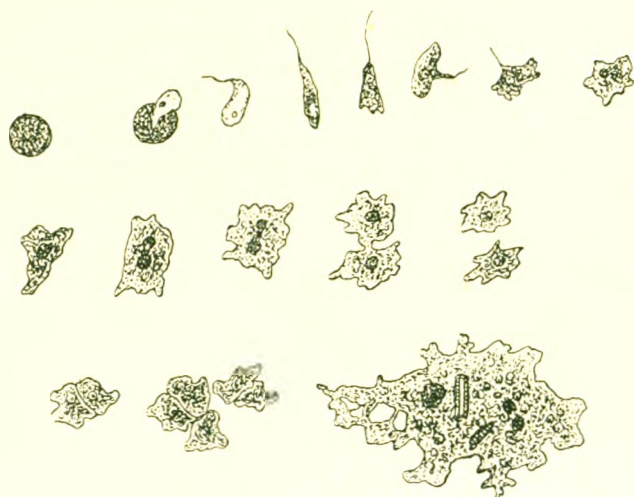
Мы видим, следовательно, что протоплазме, этой основе всякой клеточки, растительной или животной, присуще своеобразное, пока еще недостаточно объясненное движение, и притом независимо от того, будет ли она заключена в оболочке или будет совершенно свободна, как в плазмодиях слизистых грибов¹.

Описанными случаями не исчерпываются явления движения, проявляемые растительной клеточкой. Мы до сих пор познакомились с одним родом движения — текучим движением бесформенных масс; познакомимся теперь с быстрыми поступательными движениями целых клеточек. Споровые растения представляют нам бесчисленные примеры подобного явления. Выберем наудачу несколько примеров, останавливаясь преимущественно на растениях, попадающихся на каждом шагу. Подберем, например, мертвую муху и бросим ее в стакан с водой. Не пройдет двух-трех дней, как мы заметим тончайший белый пушок, образующий как бы сияние вокруг всего тела мухи (фиг. 75). Это плесень, то-есть микроскопический грибок. Рассматривая под микроскопом лучисто расположенные веточки его, мы на концах многих из них замечаем продолговатые мешочки, наполненные бесцветными крупинками (фиг. 75). Если оставить в капле воды под микроскопом несколько подобных мешочков и от времени до времени заглядывать в микроскоп, то почти наверно уловим момент, когда один из них у нас на глазах лопнет при своей верхушке и выпустит наружу находящиеся в нем крупинки.

¹ Существует вполне удовлетворительная попытка физического объяснения этих движений. Мы, к сожалению, не можем остановиться на ней, так как для этого потребовалось бы длинное отступление в область физики; скажем только, что, смешивая две жидкости, можно получить под микроскопом совершенно такие же формы и движения.



Слизистый гриб на поверхности куска гниющего дерева.

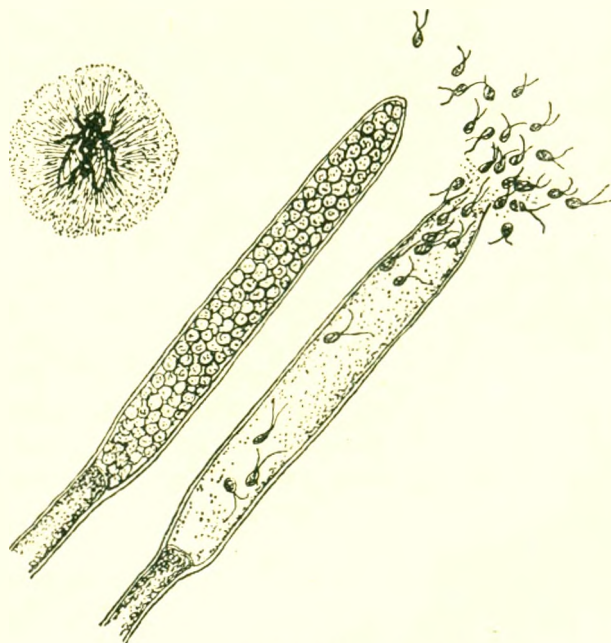


Фиг. 74.

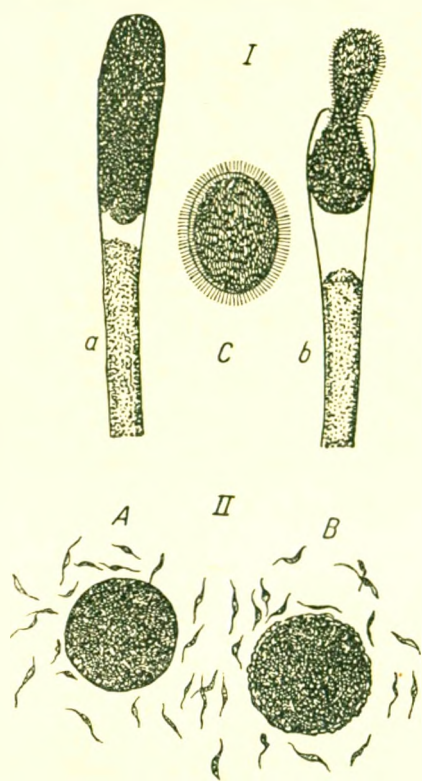
Крупинки эти столпятся у отверстия; тогда можно заметить, что на переднем приостренном конце у каждой находятся две реснички. Но пройдет несколько мгновений, и вся кучка дрогнет, сначала некоторые, а затем одна за другой и все крупинки закопошатся, закрутятся и разбегутся во все стороны, потрясая своими ресничками, которые теперь уже трудно заметить; и долго еще потом они суетятся, пробегают через все поле микроскопа, сталкиваются, толкаются о встречные предметы или, отскакивая от них, уносятся в другом направлении.

Движение это невозможно отличить от движения инфузорий; оно до того противоречит ходячим понятиям о неподвижности растения, что первые наблюдатели подобных явлений отказывались верить своим глазам, что это тела растительного происхождения, и полагали, что это животные, развившиеся в растении. Эти подвижные клеточки по прошествии некоторого времени останавливаются, прорастают и дают начало новому организму, — это, следовательно, споры. Для того чтобы напомнить их сходство с животными, их так и называют *зооспорами*, то есть *животно-спорами* или, лучше, подвижными, блуждающими спорами. Познакомимся еще с одним примером *зооспор* из другого класса растений — из класса водорослей. На подводных предметах, в прудах, речках и канавах, а иногда на поверхности очень сырой почвы попадаетея яркозеле-

ная водоросль, состоящая из одной трубчатой, очень сильно ветвящейся клеточки. Если летом оставить такую водоросль в стакане с водой, то каждое утро заметим любопытное явление: на поверхности воды, на краю стакана, обращенном к окну, к свету, появится узкая яркозеленая полоска. Если стакан повернуть так, чтобы зеленый край был обращен от света, то заметим, что зеленая полоска исчезает и вскоре появляется снова со стороны, обращенной к свету; можно повторять опыт несколько раз с одинаковым успехом; ясно, что это зеленое вещество способно двигаться и движется по направлению к свету. Посмотрим, из чего же состоит это зеленое вещество и откуда оно взялось. Положив каплю воды с этим зеленым веществом под микроскоп, увидим, что она кишит снующими по всем направлениям зелеными клеточками (фиг. 76, 1, вверху). Клеточки эти лишены оболочки, они состоят из комка протоплазмы, усеянного на всей поверхности мерцающими ресничками. Обратимся теперь к самой водоросли и посмотрим, какое отношение имеет она к этим движущимся зеленым клеточкам. На концах ее зеленых трубочек мы заметим булавовидные вздутия, наполненные более темной и густой зеле-



Фиг. 75.



Фиг. 76.

ною массой (фиг. 76, I). Если будем следить несколько времени за таким вздутием (нужно только наблюдать рано утром, так как позднее, днем, этого явления уже не происходит), то увидим, что зеленая масса собирается в круглый или, вернее, эллиптический комок, выползает из раскрывающегося на вершине мешочка и начинает двигаться (76, I). Это, следовательно, крупная зооспора, образовавшаяся из протоплазмы нашей водоросли.

Движение, которое нам представляют споровые растения, не ограничивается зооспорами. В предшествовавшей лекции мы видели, что у этих растений встречается ясное различие полов, но для примера, ради простоты, мы нарочно выбрали такие случаи, в которых и мужские и женские клетки неподвижны и приходят в соприкосновение посредством срастания. Но в громадном большинстве случаев мужская клеточка обладает подвижностью и, таким образом, проникает до женской, заключенной в особом органе. В сравнительно редких случаях и мужская и женская клеточки подвижны подобно описан-

ным зооспорам: при своих движениях они сливаются, слипаются и наконец сливаются в одну общую массу, в одну клеточку, в спору. Вообще же у водорослей, мхов, у папоротников, хвощей и плаунов подвижность свойственна только мужской клеточке, которая притом принимает своеобразную форму, чаще всего форму спирально закрученного волоска или змейки, снабженной иногда ресничками. Эти так называемые живчики, или антерозоиды, одарены двойным движением: они быстро подвигаются в поступательном направлении и в то же время вращаются вокруг своей оси. Таким образом, оплодотворение, обеспеченное у семенных растений сложными приспособлениями, способствующими перенесению неподвижной цветочной пыли на рыльце, здесь достигается подвижностью самих клеточек, живчиков¹. Увидать живчиков всего легче у мхов. Если весной сорвать стебелек так называемого кукушкина льна, то-есть того крупного мха, который образует круглые, мягкие, как подушки, зеленые кочки в наших лесах и болотах, и подавить невзрачные буроватые шишечки, которые в это время можно заметить на конце многих стебельков, то заметим небольшие беловатые капли; в каждой такой капле кишат миллионы живчиков. На прилагаемом рисунке (фиг. 76, II) изображено оплодотворение женской клеточки одной морской водоросли, встречающейся и в Балтийском море, так называемого фукуса. Эта клеточка сама по себе неподвижна, но вокруг нее кишат живчики, которые нередко облепляют ее сплошным слоем и тогда увлекают ее в своем движении.

Итак, растительный мир, наблюдаемый в микроскоп, оказывается полон движения: движется протоплазма в бесчисленных, хрустящих у нас на зубах клеточках арбуза; движутся мириады зооспор, кишашие в каждой зацветшей луже; движутся в каплях ночной росы живчики мхов и папоротников, пролагающие себе путь к женской клеточке, чтобы оплодотворить ее. Но не встречаем ли мы явлений движения и в более заметной форме в тех органах и у тех ра-

¹ Как было замечено в предшествовавшей беседе, в цветневых трубках некоторых растений найдены живчики; важное значение этого факта мы будем в состоянии оценить в следующей беседе.

стений, которые мы можем наблюдать невооруженным глазом и которые невольно представляются уму, когда мы произносим слово «растение»? Нетрудно убедиться в существовании и подобных явлений, хотя они более редки, чем явления первой категории. Они особенно ясно выступают у растений, обитающих в теплых странах или в наших теплицах, и это понятно — всякого рода движения растений ускоряются с повышением температуры: так например, движение протоплазмы можно по произволу ускорять или останавливать, подвергая наблюдаемые клетки нагреванию или охлаждению.

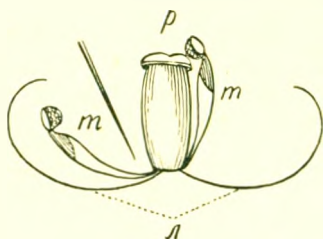
Говоря о движениях органов высших растений, должно ясно различать двоякого рода движения: одни — медленные, постепенные, которые, подобно росту, мы замечаем только по их последствиям и которые обыкновенно зависят от влияния изменяющихся внешних условий, и другие — быстрые, порывистые, как движения животных, вызываемые, как эти последние, внешним раздражением или происходящие без всякого раздражения, будто самопроизвольно.

К первой категории относятся явления так называемого сна растений, то-есть те изменения в положении листьев и частей цветка в различные часы дня и ночи, которые в большей или меньшей степени обнаруживаются почти у всех растений, но у некоторых проявляются в особенно резкой форме. Если вы взглянете на поле, засеянное красным или пурпуровым клевером, днем и вечером, в сумерки, то заметите, что оно представит совершенно различный вид: днем его поверхность будет гораздо ровнее, потому что тройчатые листочки лежат почти горизонтально и всю свою обращенную к небу поверхностью улавливают падающий на растение свет; напротив, в сумерки вся поверхность поля представляется как бы взъерошенной, и, присматриваясь к отдельным листочкам, мы видим, что все три лопасти листа приподняты кверху и обращают к небу уже не плоскость, а ребра; две боковые лопасти прижаты одна к другой, а третья — к их ребру. Листья других растений при ночном положении опускают свои пластинки, и тогда можно, пожалуй, подумать, что они поникли, как у завядающих растений; здесь же они, напротив, приподняты; следовательно, ясно, что мы

имеем дело не с завяданием, а с совершенно особым механическим явлением.

В еще более резкой форме обнаруживается явление сна в органах цветочных. Так например, рано утром или под вечер мы не замечаем тех желтых головок одуванчика, которыми так пестрят днем наши садовые лужайки. Это зависит от того, что головки эти открываются днем под влиянием света; в очень пасмурную погоду они и днем могут оставаться закрытыми. Другие цветы, напротив, закрываются днем; таково, например, очень обыкновенное у нас растение — козлородник, с похожими на одуванчик, но более крупными желтыми цветочными головками; они открываются рано утром, а часам к 10—11 уже вновь закрываются. Эти явления очень занимали ботаников в прошлом столетии; предлагали даже составить так называемые часы флоры, то-есть определять время дня по раскрытию и закрыванию различных цветов. Нетрудно убедиться, что явления эти зависят от действия света и теплоты. Особенно удобны для этого цветы так называемого крокуса, которые в таком изобилии можно видеть в цветниках и в комнатах. Его крупные цветы открываются днем, закрываются ночью, но то же самое явление можно вызвать попеременно, затемняя или освещая их или перенося из теплого помещения в холодное и обратно. Перемена температуры в 5—10° заставляет их открываться и закрываться через несколько минут. Объяснить все подобного рода явления мы можем неравномерным ростом или напряжением тканей верхней и нижней или наружной и внутренней части движущегося органа. Мы видели, например, что свет задерживает рост — следовательно, под его влиянием наружные части будут задержаны в росте, внутренние их обгонят и будут стремиться выгнуться наружу, цветок раскроется; но теперь большему освещению будут подвергаться эти внутренние (или верхние) части; наружные (или нижние), затененные в свою очередь, опережат их в росте, цветок закроется. Сходные с этими рассуждения можно применить и к влиянию колебаний температуры.

Такова сущность этих явлений; в конечном результате они могут быть сведены к неравномерному росту, и, действительно, они обыкновенно



Фиг. 77.

венно наблюдаются в органах, еще не завершивших своего роста¹. Не таковы движения другой категории, которые происходят быстро, почти моментально вслед за вызвавшим их раздражением или даже без всякого внешнего толчка, как бы самопроизвольно. Познакомимся с несколькими примерами подобных явлений. Начнем с самого обыкновенного случая, наблюдаемого у растения всем знакомого, у барбариса. В середине желтых, несколько напоминающих маленькие розы цветков этого растения помещается пестик с сидячим рыльцем (фиг. 77, *р*)², окруженный шестью тычинками. Тычинки в спокойном состоянии имеют положение, как показано при *т* слева. Но стоит только прикоснуться иглой к основанию нити (как это показано на фигуре), и тычинка мгновенно приходит в движение и принимает положение *т* справа, то-есть прикладывается пыльником к рыльцу. В таком положении она остается несколько времени, но потом мало-помалу возвращается в нормальное положение, для того чтобы при малейшем раздражении снова приложиться к рыльцу. Движение при раздражении, хотя в несколько иной форме, свойственно также тычинкам василька, чертополоха, артишока и других растений. Описанные движения касаются если не микроскопических, то все же довольно мелких органов и потому не производят такого поразжающего впечатления, как движение раздражительных листьев

¹ Некоторые случаи этих явлений, впрочем, более сходны с явлениями следующей категории, то-есть зависят от присутствия особой ткани, в которой изменяется содержание воды, а следовательно, и напряжение клеточек. В этих случаях, понятно, явление наблюдается и на вполне выросших растениях. Таковы, например, явления на листьях.

² Фигура 77 изображает схематический разрез цветка барбариса: *л* обозначает положение лепестков, *т* и *т* — тычинки, *р* — пестик с сидячим рыльцем.

разводимой в оранжереях недотроги — мимозы. Нужно видеть озадаченный вид человека, ничего не слышавшего об этом растении, когда он увидит в первый раз, как при малейшем раздражении оно начинает складывать и опускать свои листья, чтобы вполне понять, как глубоко коренится в нас основанное на ежедневном опыте убеждение, что растению несвойственно движение. В спокойном состоянии лист мимозы имеет вид, показанный на фигуре 78, слева. Это так называемый сложный лист; его главный черешок несет четыре веерообразно растопыренных черешка, из которых каждый, в свою очередь, несет значительное число попарно расположенных листочков. Стоит только прикоснуться к такому листу или как-нибудь иначе раздражить его, и в нем немедленно обнаружится движение. Листочки начнут попарно приподыматься и складываться, как крылья спокойно сидящей бабочки; растопыренные четыре черешка сомкнутся, и, наконец, главный черешок поникнет, упадет, как подсеченный; весь лист получает вид, изображенный на фигуре 78, справа. Чем выше окружающая температура, тем быстрее совершается это движение. По миновании раздражения лист мало-помалу принимает прежнее положение, но при новом раздражении повторяются те же явления.

Здесь мы уже, очевидно, имеем пред собою стремительное движение, вызываемое внешним импульсом и поразительно напоминающее движение животного, старающегося уклониться от беспокоящего его внешнего прикосновения. Можем ли мы дать какое-нибудь объяснение этому явлению? И да и нет. Мы в состоянии указать на ближайший механизм движения, но мы пока еще не в состоянии объяснить сущность возбуждения, вызываемого раздражением и, в свою очередь, вызывающего движение. Движение это совершается в тех местах, где листочки примыкают к черешкам, где черешки примыкают к общему черешку и, наконец, где этот последний примыкает к стеблю. Во всех этих местах, так называемых сочленениях, находятся особые утолщения, или подушечки. Эти подушечки образованы тканью очень сочной; клеточки ее переполнены соками, и вследствие этого части эти находятся в напряженном состоянии. В момент

раздражения они вдруг теряют напряженность или даже обнаруживают ее в обратном направлении. Так например, напряжение ткани нижней половины подушечки, образующей основание главного черешка, поддерживает его в горизонтальном или даже в несколько приподнятом положении (как на фиг. 78, слева). Но в момент раздражения эта половина подушечки утрачивает свою напряженность, делается вялой, неупругой; она не в состоянии уже поддерживать черешка, и он падает или даже, вернее, пригибается книзу сохранившей свою упругость верхней половиной подушечки. Таким образом, верхняя и нижняя половинки подушечки находятся в постоянном антагонизме. В спокойном состоянии напряжение нижней половины берет верх — черешок приподнимается; в момент раздражения, когда напряжение нижней половины утрачивается, перевес оказывается на стороне верхней половины, и она пригибает лист вниз. В тех местах, где отдельные листочки прикрепляются к черешкам, происходит обратное явление: верхняя часть подушечки (представляющаяся здесь в виде беловатого бугорка величиной с просыное зерно) всегда более напряжена, чем нижняя, вследствие этого листья оттопырены горизонтально или даже слегка пригнуты вниз. Но в момент раздражения эта верхняя половина утрачивает свое напряжение, листочки, остающиеся только под влиянием напряженной нижней половины, приподнимаются и попарно прижимаются друг к другу. Итак, причина движения заключается в быстрой, почти мгновенной утрате напряжения в ткани одной из половин подушечки: из упругой она вдруг делается вялой, вследствие чего нарушается равновесие между двумя половинами органа, находящимися в антагонизме, и часть листа движется в соответствующем направлении. Но как объяснить себе эту внезапно наступающую вялость, эту утрату напряжения? Микроскоп обнаруживает, что ткань, обладающая этой странной способностью утрачивать свое напряжение, состоит из клеточек со стенками более тонкими, чем стенки клеточек той части органа, которая находится с ней в антагонизме, и притом клеточки этой раздражительной ткани чередуются с промежутками, наполненными воздухом. В момент раздражения промежутки



Фиг. 78.

эти наполняются жидкостью, в чем весьма легко убедиться. Стоит только не спускать глаз с утолщенной подушечки при основании черешка, и мы увидим, как в самый момент движения словно какая-то тень пробежит по этому месту — оно делается вдруг заметно темнее. То же самое, и еще резче, обнаруживается, если осторожно вдруг схватить обеими руками несколько пар листочков так, чтобы раздражить их, но не дать им захлопнуться; тогда мы заметим, что утолщенные подушечки, которые мы только что сравнили с просыными зернами, лежащие у основания каждого листочка, изменятся в цвете: из матово-белых сделаются прозрачно-зеленоватыми. Как только мы отпустим пальцы, листочки захлопнутся. От чего же происходит это мгновенное изменение цвета? От той же причины, по которой на белой поверхности снега, пропускной бумаги или матового стекла появляется темное пятно, когда мы плеснем на них водой. Белизна во всех этих случаях зависит от отражения света бесчисленными мелкими, граничащими с воздухом, поверхностями, но как только воздух заменится водой, такого отражения уже не происходит, тела становятся более прозрачными и потому менее светлыми. Впрочем, прямой опыт подтверждает справедливость такого объяснения: стоит сделать легкий надрез на нижней стороне подушечки главного черешка, и мы заметим, что в момент движения из надреза выступит капля. Если сделать такой же надрез на листе, уже поникшем вследствие раздражения, то капля воды не выступит. Эта вода, выжимаемая из клеточек и занимающая межклеточные пространства ткани, со временем всасывается или испаряется, клеточки вновь переполняются водой, ткань

вновь становится напряженной, впредь до первого раздражения.

Итак, в конечном анализе причина занимающего нас явления сводится к быстрому выталкиванию воды из переполненных ею тонкостенных клеточек раздражительной ткани, вследствие чего эта ткань также быстро утрачивает свое напряжение. Но почему же раздражение имеет следствием выталкивание воды и какая сила заставляет клеточки переполняться водой? На этот вопрос мы пока еще не в состоянии дать ответа, но весьма возможно, как увидим далее, что мы имеем здесь дело с явлениями электрическими.

Переходим к другому примеру. В болотах Северной Америки в конце прошлого столетия найдено растение, представляющее явление движения в еще более поразительной форме. Это так называемая мухоловка (фиг. 79). Верхняя часть листа имеет форму и исполняет роль капкана. Стоит прикоснуться чем-нибудь к тем во-

лоскам, которые торчат на его поверхности, стоит какому-нибудь насекомому забрести или неосторожно опуститься на такой лист, и обе половинки капкана почти мгновенно захлопываются и уже не выпускают своей жертвы. Чем более беспокоится пойманное животное, тем крепче сжимаются стенки его тюрьмы. Исход этой борьбы между растением и животным всегда один — смерть животного.

В мимозе, и особенно в мухоловке, мы видим примеры растений, способных обнаруживать движения при самом незначительном внешнем раздражении; но вот еще растение, в котором движения совершаются как будто помимо всякого внешнего раздражения¹. Это *десмодиум*, или *гедизарум*, — растение родом из Ост-Индии, принадлежащее к так называемым мотыльковым, следовательно сродни нашему гороху, клеверу и другим. Представим себе, что из трех листочков, составляющих тройчатый лист клевера, один верхушечный очень вытянулся в длину, а два боковых очень плохо развились, так что они гораздо мельче третьего, — таков будет лист десмодиума, изображенный на фигуре 80. Остановимся в жаркий, ясный день против этого растения, нередкого в наших теплицах. Не простояв мы и минуты, как уже заметим то там, то сям между его листьями как бы легкое вздрагивание. Сосредотачиваем свое внимание на первом любом листочке, который привлек наше внимание этим неожиданным движением, и немедленно убеждаемся в действительности одного из самых поразительных явлений, представляемых растительным миром. Положим, первоначально оба маленьких листочка имели горизонтальное положение; вдруг один из них быстрым движением, как бы скачком, изменяет его — он уже не горизонтален, а образует значительный угол с горизонтом; еще и еще порывистое движение — и вот он приподнялся и стоит вертикально. Между тем противоположный листочек таким же рядом порывистых движений, как бы внутренних толчков, опустил вниз. Затем роли их меняются: поднявшийся вверх таким же образом начинает

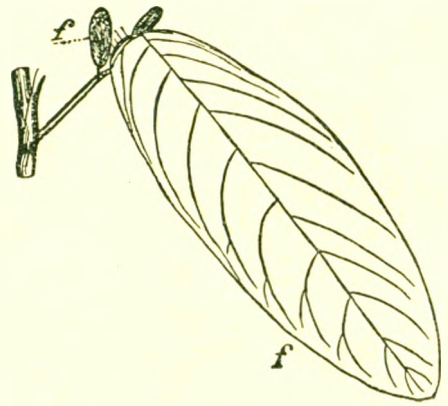


Фиг. 79.

¹ Так думали до самого недавнего времени, и защитникам учения о душе растения эти произвольные, волевые движения доставляли большое утешение, но теперь и это утешение у них отнято одним физиком-индусом.

опускаться, а опустившийся — подниматься. Это движение длится неизменно, точно под влиянием какой-то внутренней пульсации, пока растению достаточно светло и тепло; понизится температура — промежутки между каждым движением станут длиннее, и наконец движение уже не будет порывистое, а медленное, непрерывное, так что, только обращая внимание на взаимное положение листочков, можно заметить, что оно постоянно изменяется. Наконец, если температура понизится примерно до 20°C , движение вовсе прекратится, растение окоченеет; но стоит его пригреть, и оно снова пойдет махать своими маленькими листочками.

При изучении всех этих явлений движения невольно представляется вопрос: какое же значение имеют они для растения? Очевидно, что значение чуть не в каждом случае будет различное. Значение движения спор и живчиков, движения тычинок барбариса и т. д. понятно: оно необходимо или только полезно для оплодотворения и расселения растений. Сон цветов, то есть смыкание их покровов на ночь, вероятно, сохраняет их от вредного ночного охлаждения; в таком же смысле, вероятно, влияет и сон листьев. Складываясь или обращаясь вверх ребром, листья в положении сна представляют сравнительно малую поверхность излучения и таким образом избегают излишнего охлаждения, становятся менее подвержены так называемым утренникам, при которых нередко случается, что растения замерзают (именно вследствие лучеиспускания), несмотря на то что термометр еще не опускается до 0° . Польза от движений листа мухоловки очевидна — она выражается самым названием, так как мы увидим далее, что это растение и еще многие другие действительно питаются пойманными насекомыми. Польза движений раздражительных листьев мимозы менее понятна, да, кажется, никто и не задавался вопросом разъяснить себе эту пользу. В этом отношении можно предложить разве только более или менее вероятные догадки. Кому случалось видеть действия сильных ливней и града, тот, конечно, видел, как иногда они обивают листву на наших деревьях. Тем более должны были бы страдать такие нежные органы, как листья мимозы, от тропических гроз, если бы первые же



Фиг. 80.

выпавшие капли не заставляли их собирать свои растопыренные листочки и прижимать их к стеблю. Таким образом, эти листья поступают подобно тростнику в басне, сносящему бури, которые срывают дуб. Повторяю, это только догадка, справедливость которой можно проверить лишь наблюдением на месте произрастания этих любопытных растений. Еще труднее объяснить себе значение постоянного движения листочков десмодиума; разве допустить, что этим они отпугивают вредных насекомых, которые польстились бы на их лакомую, сочную листву¹. В таком случае оказалось бы, что своею способностью к движению растение воспользовалось для двух совершенно противоположных целей: или для того, чтобы отделяться от врагов, или для того, чтобы ловить и пожирать их.

Оставим пока в стороне эти догадки² и займемся вопросом: вправе ли мы видеть в описанных движениях растений явления, сходные с движением животных, или между этими двумя категориями явлений можно установить какое-нибудь существенное различие? Что касается движения протоплазмы, то оно не представляет решительно никакого различия в обоих царствах

¹ То же объяснение, быть может, справедливо и для мимоз; по крайней мере, мне случалось наблюдать, что мимозы в наших теплицах, прежде чем успеют пожелтеть, погибают от каких-то белых вшей, поселяющихся при самых сочленениях листа, что возможно, конечно, только тогда, когда лист утратил раздражительность. Ткань сочленений должна служить особенной приманкой для насекомых, так как она богата сахаристыми веществами.

² Почти все объяснения, которые я высказывал сорок лет тому назад, как догадки, подтверждены позднейшими исследованиями и приняты почти всеми ботаниками.

природы. То же можно сказать и относительно движения зооспор и живчиков: и здесь между движением организмов растительных и животных нельзя указать никакой разницы — доказательство, что первые наблюдатели отказывались верить своим глазам и принимали подвижные органы растений за животных.

Иначе представляется дело, когда мы сравниваем движения высших растений и животных. Во всяком случае, в растении мы не встречаем той специально служащей для движения ткани, не встречаем способного к сокращению мышечного волокна. Но едва ли на этом различии в строении можно основывать коренное различие в самых явлениях. Сличение ближайших условий, определяющих и сопровождающих движения высших растений и животных, скорее указывает на сходство, чем на различие этих явлений. Мы знаем, например, что у животных процесс движения тесно связан с дыханием; сокращающийся мускул поглощает более кислорода, выделяет более углекислоты, чем мускул покоящийся, и в этом окислительном процессе мы должны, вероятно, видеть главный источник той энергии, которая затрачивается при мускульной деятельности. Представляет ли нам растение явления, сходные с дыханием животных? Мы уже неоднократно имели случай в том убедиться. При прорастании семян, при развитии почек, особенно во время цветения, растительные органы жадно поглощают кислород, выделяют углекислоту, причем температура их заметно повышается. И в течение всей своей жизни все части растения представляют это явление, но только зеленые части при действии света гораздо энергичнее разлагают углекислоту, выделяют кислород, так что этот процесс скрывает, маскирует одновременно совершающееся дыхание¹.

Но находится ли это дыхание в связи с движением? Опыт показывает, что находится, хотя природа этой связи еще для нас неясна. Если мы прекратим доступ кислорода к растению, то с этим прекратятся и все явления движения — протоплазма перестанет двигаться, тычинки барбариса, листья мимозы утратят свою раздражительность, и только более или менее долгое пре-

бывание в атмосфере, содержащей кислород, вновь вызовет эти явления. Следовательно, движения растений и движения животных находятся в связи с дыханием.

Продолжаем далее наше сравнение. Мускул в момент сокращения нагревается; его температура повышается хотя на незначительную, но тем не менее измеримую величину; то же замечено относительно растения. Прикладывая к подушечке листового черешка мимозы очень чувствительный термометр, так называемый термоэлектрический столбик, можно было показать, что в момент движения температура повышается. В мускулах как в состоянии покоя, так и в состоянии напряжения наблюдается присутствие электрического тока. Если цепь, в которую входит чувствительный гальванометр, замкнуть (соблюдая предосторожности) мускулом лягушки, то заметим, что стрелка гальванометра отклонится, в цепи обнаружится ток. Такой же ток, только более слабый, обнаружится, если вместо мускула ввести в цепь лист мухоловки. Этим еще не ограничивается сходство. Если мускул заставить сократиться, то в момент сокращения замечается ослабевание тока, стрелка гальванометра откатнется назад: это так называемое *отрицательное колебание* тока. То же явление повторяется и с мухоловкой: в момент движения, в момент захлопывания половинок листа ток ослабевает, обнаруживается отрицательное колебание. Далее в мускуле, между моментом раздражения и моментом сокращения, проходит очень малый, но измеримый промежуток времени: это так называемый период скрытого возбуждения; такой же промежуток, только более значительный, замечается между моментом раздражения и моментом движения листа¹.

Итак, движения мухоловки не только по внешним проявлениям, но и по внутренним, совершающимся при этом процессам сходны с движениями животного. Правда, движения растительных органов, как мы видели, в наилучше изученных случаях сводятся к выталкиванию воды из переполненных ею клеточек раздражи-

¹ Любопытно, что наши ученые (Фаминцын и др.), защищающие учение о душе растения, это самое любопытное сходство между растениями и животными проглядели.

¹ См. пятую лекцию.



Насекомоядное растение росянка на моховом болоте.

тельной ткани, между тем как движение животного является результатом сокращения, изменения формы самого мускула; но ведь сокращение мускула не есть элементарное явление; не сведется ли оно в конечном результате к перемене во взаимном расположении элементарных твердых частиц и жидкостей, образующих вещество мышцы? ¹

Таким образом, падает эта главная преграда, отделяющая животный мир от растительного; движение не есть исключительный удел животного, оно встречается и у растения. Но если это различие не выдерживает критики, то нельзя ли найти какое-нибудь другое? Переберем последовательно все те особенности жизни организмов, в которых полагали видеть исключительный признак представителей того или другого царства.

Начнем со способа питания. Обыкновенно говорят: растение питается простыми неорганическими веществами—углекислотой, водой, солями; животное питается сложными органическими соединениями. Говоря вообще, это верно, но тем не менее правило представляет многие исключения. Например, весь обширный класс грибов представляет растения, могущие питаться только сложными органическими соединениями, потому эти организмы и могут жить только на почве, богатой перегноем, разлагающимся органическим веществом, или, наконец, как паразиты на других организмах. Но не одни только грибы питаются готовой органической пищей; есть чужеродные растения и между высшими представителями растительного царства; иные из них, лишленные зеленого цвета, как, например, повилика (*Cuscuta*), присасывающаяся к нашим полевым растениям, к хмелю и проч., живут исключительно на счет своей жертвы; другие, как омела, нападающая на дубы, фруктовые и другие деревья, хотя и способны к самостоятельному выработыванию пищи, но, по всей вероятности, пользуются в значительной степени и веществами, выра-

ботанными растением, на котором живут. Мало того, исследования последних лет, в особенности же труды Дарвина, познакомили нас с целым рядом растений, снабженных зелеными органами, но в то же время питающихся животной пищей и притом принимающих ее совершенно так же, как животные. Это так называемые *насекомоядные растения*. Познакомимся с несколькими примерами; знакомая нам мухоловка представляет один из самых разительных. Если лист мухоловки поймал насекомое, то он обыкновенно не раскрывается прежде, чем высосет из насекомого все, что может, оставив только нерастворимый остов. Тот же опыт можно повторить, заменив муху куском мяса, сырого или жареного, или круто сваренным яичным белком; листочек тотчас плотно захлопнется, и, когда откроется, от доставленной ему пищи не останется и следа. Мухоловка, как мы сказали, водится в болотах Северной Америки, но и в наших болотах встречается растение, которое сродни мухоловке, но достигает того же результата, то-есть питается насекомыми, благодаря несколько иному приспособлению. Это так называемая *росянка* (*Drosera*); ее маленькие листочки покрыты особого рода волосками, выделяющими на своей верхушке капли густой липкой жидкости, которые обыкновенно принимались за росу, откуда и название растения. Насекомое, неосторожно опустившееся на лист, прилипает к нему, и тогда в листе обнаруживается в высшей степени любопытное явление движения: со всех сторон волоски наклоняются в одну точку, где лежит попавшееся в западню насекомое; при этом железки, находящиеся на концах волосков, начинают обильно выделять свой сок, который способствует растворению твердых питательных веществ и переводит их в такое состояние, в котором они могут легко всосаться клеточками волосков. Когда вся пища всосана, волоски расправляются и вновь готовы оказать такой же прием новому пришельцу. Не менее любопытны крупные своеобразные листья *Nepenthes*, *Saracenia*, *Cephalotus*, обитающих в более низких широтах, и мелкие листочки пузырчатки (*Utricularia*), встречающейся в наших реках и прудах. У первых трех часть листа превращается в большой кувшинчатый орган. у *Cephalotus* еще прикрытый крышеч-

¹ Это мое предположение теперь высказывается и у физиологов. Возможно, что переполнение клеточек водой, ее внезапное выталкивание, присутствие тока и его колебание — что все эти частности процесса движения растительных органов найдут себе общее объяснение в явлениях электродиффузии. Здесь, конечно, не место вдаваться в подробности.

кой, у пузырчатки же мелко рассеченные подводные листья снабжены подобными же маленькими органами. Давно уже было замечено, что кувшинчатые органы содержат жидкость, но прежде полагали, что это вода, и только в последнее время убедились, что эта жидкость имеет свойство растворять твердые органические вещества, служащие для питания. Более внимательное исследование кувшинчатых органов обнаружило в них весьма сложные приспособления для улавливания насекомых; в них есть и части, выделяющие лакомый для них сок и, следовательно, служащие для приманки, и гладкие поверхности, по которым насекомое невольно скользит в свою западню, и, наконец, жесткие волоски, обращенные, как проволоки в мышеловке, острием внутрь и препятствующие насекомому выбраться из этой западни. Но какого же рода будет это вещество, выделяемое растением, как совершается это растворение твердой пищи и представляет ли оно что-либо общее с тем, что мы на обыкновенном языке называем *перевариванием* пищи в животном организме? Тщательные исследования обнаружили, как мы уже отчасти видели это и ранее¹, поразительное сходство между этими двумя процессами.

Как в желудочном соке животного растворение белковых веществ происходит под влиянием особого фермента — *пепсина*, так и здесь во всех выделяемых насекомоядными растениями жидкостях исследователи обнаружили присутствие такого же фермента; как там *пепсин* действует только в присутствии небольшого количества свободной кислоты, так и здесь в момент раздражения можно ясно обнаружить появление кислой реакции сока².

Итак, в процессе питания мы не можем найти верного критерия для отличия растения от жи-

вотного: грибы, паразиты и в особенности насекомоядные растения представляют нам полную аналогию с питанием животных. В самом деле, если бы, сопоставив все, что нам известно об этих последних, мы описали воображаемый организм, ловящий своими щупальцами насекомых, проводящий их во внутреннюю полость своего тела, покрытую железистым слоем; если бы мы сказали далее, что этот железистый слой выделяет сок, растворяющий белковые вещества, и затем всасывает эту пищу, то всякий, конечно, подумал бы, что мы имеем в виду гидру или полипа, и, однако, все черты этого описания заимствованы у самых несомненных типических растений.

Но если питание растений бывает сходно с питанием животных, то, может быть, наоборот, питание животных никогда не представит нам явления питания на счет неорганических веществ, которое свойственно растениям. И этого нельзя утверждать, так как способность разлагать углекислоту, как мы видели, присуща известному органу — *хлорофилловому зерну*, а можно указать на несколько несомненно животных организмов, содержащих хлорофилл¹.

Переходим к другому различию, основанному на процессе дыхания. Когда газовый обмен, совершающийся в растении и имеющий результатом разложение углекислоты и накопление углерода, несправедливо сравнивали с дыханием, тогда выставляли на вид такую антитезу: дыхание животного заключается в поглощении кислорода и выделении углекислоты, дыхание растения — в поглощении углекислоты и выделении кислорода. Но мы уже знаем, что разложение углекислоты нельзя сравнивать с дыханием, что это питание — своеобразное питание воздухом; знаем также, что рядом с этим процессом совершается и другой — настоящее дыхание, но что заметить этот последний процесс можно, только наблюдая или незеленые органы, или зеленые органы в отсутствии света, когда обратного процесса разложения не происходит. Конечно, этот процесс дыхания растений покажется нам очень неэнергичным, если мы сравним его с дыха-

¹ См. третью лекцию.

² В последнее время начали высказываться сомнения, действительно ли это всасывание органических веществ может служить в пользу растению. Посетив истекшим летом Дарвина, я имел случай видеть некоторые, еще не опубликованные опыты знаменитого ученого, доказывающие значение описанного процесса как питания. Большая дерновина росянки воспитывалась им под стеклянным колпаком для устранения насекомых и притом так, что половина растений получала мясо, а другая — нет. В то время, когда я их видел (в июле), растения, получавшие мясо, были уже значительно крупнее и здоровее на вид. (Примечание к первому изданию.)

¹ Впрочем, этот хлорофилл принадлежит, по всей вероятности, поселившимся в животном организме водорослям.



Паразитное растение повилика на крапиве.

нием млекопитающего или птицы. У последних количество выделяемой углекислоты очень велико, и результат этого процесса — повышение температуры над температурой среды — очень заметен, тогда как растение по большей части пассивно принимает температуру окружающей среды. Но если мы сравним дыхание растения с дыханием так называемого холоднокровного животного, например лягушки, или даже с дыханием млекопитающего, находящегося в состоянии оцепенения (например во время зимней спячки), то увидим, что дыхание в том и другом случае ни по количеству газового обмена, ни по избытку температуры организма над температурой среды не будет уже так резко отличаться от дыхания растения.

Здесь сам собою представляется вопрос: принадлежит ли вообще дыхание к числу безусловно необходимых отправлений растительного организма? Мы видели, что все явления движения прекращаются при отсутствии кислорода; долгое время предполагали, что и рост клеток невозможен без кислорода, но потом оказалось, что на смену дыханию может появляться другой химический процесс, сходный с ним по своим результатам. Процесс этот называется брожением и состоит в распадении сахара — глюкозы — на спирт и углекислоту. Существованием этого процесса обуславливается производство спиртных напитков, то-есть виноделие, пивоварение, винокурение и проч. Во всех этих случаях брожение происходит вследствие развития в бродящих жидкостях особого микроскопического организма — бродильного, или дрожжевого, грибка, или, попросту, дрожжей. Клеточки дрожжей растут и размножаются и без кислорода. Процесс брожения, существенно отличающийся от дыхания тем, что при нем не происходит поглощения кислорода, сходен с ним в том отношении, что в обоих случаях происходит выделение углекислоты и теплоты¹. Эта теплота, вероятно, и доставляет организму необходимую для его развития энергию. Брожение является как бы *суррогатом* ды-

хания. Но процесс этот далеко не так выгоден для растения, как дыхание, так как при той же трате сахаристого вещества освобождает гораздо менее тепловой энергии. Первоначально процесс брожения считался исключительно свойственным дрожжевому грибку, но позднее оказалось, что любое растение, любой растительный орган, заключенный в атмосферу, не содержащую кислорода, начинает выделять углекислоту, не поглощая кислорода, а в то же время образует спирт, то-есть начинает разлагать свои запасы сахаристых веществ — начинает бродить. Понятно, что для дрожжевого грибка, бродящего на счет сахаристых веществ, находящихся в той же жидкости, в которой он развивается, брожение не может быть так вредно, как для высших растений, которые при брожении непродолжительно разрушают свое собственное вещество. Этим обстоятельством, а также накоплением спирта в клеточках (дрожжи выделяют его в окружающую жидкость), вероятно, объясняется, почему высшие растения не могут поддерживать свою жизнь процессом брожения; при отсутствии кислорода в них прекращаются все движения и самый рост, а если они будут долго выдержаны в этой атмосфере, то окончательно погибают.

Следовательно, брожением можно поддерживать существование только низших организмов, и то не надолго, так как и они, оказывается, от времени до времени нуждаются в дыхании; организмы же высшие не выдерживают брожения и на самый короткий срок. По счастью, при естественных условиях, в природе, они и не подвергаются этой опасности. Они начинают бродить только тогда, когда будут помещены в искусственную спертую атмосферу, когда будут, например, заключены под стеклянный колпак, из-под которого удален кислород, — словом, когда начинают задыхаться. Организму нельзя просто сказать: не живи. Он или живет, или умирает, но пока он не умер, он цепляется за жизнь и, не находя необходимого условия существования в окружающей среде, обращает свои силы на себя самого и в этой внутренней ломке истощается и погибает. Но устранив только эту удушающую атмосферу, дайте ему вздохнуть свободно, снимите во-время этот колпак, и бро-

¹ Только при дыхании углекислота образуется на счет кислорода воздуха, а при брожении — на счет кислорода, заключенного в самом сахаре. Здесь происходит нечто подобное горению трута или пороха: и тот и другой, как известно, могут гореть без воздуха — на счет кислорода селитры, входящей в их состав.

жение прекратится само собой; патологический процесс брожения сменится физиологическим процессом дыхания, работа разрушения заменится работой созидания; здоровая, нормальная жизнь вступит в свои законные права, а с нею явятся и ее неизменные спутники — движение и развитие.

Значит, дыхание представляет необходимое условие существования организмов как животных, так и растений. О невозможности установить различие между двумя царствами на основании присутствия или отсутствия движения уже достаточно говорено, остается обсудить еще один вопрос: способно ли растение к произвольному движению? Прежде чем ответить на этот вопрос, следует условиться, что разуметь под выражением *произвольное* движение или вообще произвольное явление. Если разуметь под ним явление *беспричинное*, то таких явлений наука не может допустить и в сфере животной жизни; если же разуметь явление, вызванное внутренними, скрытыми, неизвестными причинами, то в таком смысле мы должны пока назвать произвольными движения протоплазмы, живчиков, листьев десмодиума, так как все эти движения происходят без видимого внешнего побуждения, под влиянием внутренних, присущих организму сил¹. Но если растение способно двигаться, то не может ли оно и чувствовать? Если под чувствительностью разуметь отзывчивость к раздражению, то-есть раздражительность, возбудимость, то мы должны признать эту способность и за растением. В самом деле, если человек, которого мы колем, щиплем, щекочем, никаким движением не отзываясь на эти раздражения, мы заключаем, что он *лишился чувств*; но как только он начинает отвечать какими-нибудь движениями на эти инсульты, мы говорим: он *пришел в чувство*². Если руководиться этим признаком, то очевидно, что мимоза, мухоловка и др. одарены чувствительностью, так как они отзываются на всевозможные раздражения, будет ли то укол или легкое прикосновение, ожог, электрическое сотрясение или химическое дей-

ствие. Особенно замечательны случаи, где растение отзываясь не на все раздражения в одинаковой степени, а как бы с разбором; так например, от прикосновения азотистых органических веществ движения волосков росянки совершаются быстрее и выделение растворяющего сока энергичнее, чем от прикосновения частиц неорганического вещества, не могущего служить пищей. Если бы это было животное, мы бы сказали: у него текут слюны, оно жадно набрасывается на лакомый кусок. Если растение обладает чувствительностью, то, быть может, мы в состоянии лишать его этого свойства, делать его бесчувственным ко всякому раздражению? Опыт показывает, что мы, действительно, в состоянии это сделать; мало того, мы достигаем этого при помощи тех же средств, которыми приводим в бесчувственное состояние человека. Заставляя растение вдыхать пары эфира или хлороформа, мы можем анестезировать его точно так же, как анестезируем человека во время тяжелой хирургической операции. Для этого стоит только горшок с мимозой покрыть стеклянным колпаком и под этот колпак положить губку, смоченную эфиром или хлороформом. Пробыв несколько времени под колпаком, мимоза утратит способность к движению; как бы мы ее ни раздражали, она не станет складывать своих листочков, но, простояв несколько времени на воздухе, не зараженном вредными парами, она вновь приобретает свою чувствительность, свою раздражительность. Чтобы опыт удался, нужно только не оставлять растение слишком долго под влиянием анестезирующего вещества, иначе оно более уже не поправится, а погибнет безвозвратно. Но то же оправдывается и над человеческим организмом; к сожалению, нередко случаи смерти от неосторожного применения хлороформа. Часто указывали на присутствие нервной системы как атрибут животного, но ведь она встречается не у всех животных, а с другой стороны, если у растений подтвердится (предполагаемое некоторыми учеными) существование известных путей, по которым раздражение сообщается быстрее, чем по другим, то и в них придется признать нечто, по крайней мере физиологически, соответствующее нервам. Так например, у мимозы раздражение передается особой системой трубок пу-

¹ См. на стр. 170 примечание о движении десмодиума.

² Известно, впрочем, что обратное заключение неверно: действием некоторых ядов можно отнять у животного способность реагировать движением на раздражение, не лишая его способности чувствовать.

тем гидростатического давления¹. Такой аппарат всего лучше можно уподобить воздушному звонку. Понятно, что в действительности здесь нет никакого сходства с нервной системой.

Еще один последний вопрос: обладает ли растение сознанием? Но на этот вопрос мы ответим вопросом же: обладают ли им все животные? Если мы не откажем в нем всем животным, то почему же откажем в нем растению? А если мы откажем в нем простейшему животному, то скажите, где же, на какой ступени органической лестницы, лежит этот *порог* сознания? Где та грань, за которой объект становится субъектом? Как выбраться из этой дилеммы? Не допустить ли, что сознание разлито в природе, что оно глухо тлеет в низших существах и только яркой искрой вспыхивает в разуме человека? Или, лучше, не остановиться ли там, где порывается руководящая нить положительного знания, на том рубеже, за которым расстилается вечно влекущий в свою заманчивую даль, вечно убегающий от пытливого взора беспредельный простор умозрения?²

Итак, ни в жизни животного, ни в жизни растения мы не могли найти ни одной черты, исключительно свойственной тому или другому, ни одного признака, по которому любой организм можно было бы отнести к тому или другому царству. Значит, между растением и животным не существует различия?

И, однако, это различие слишком очевидно, оно слишком вкоренилось в нашем уме, чтобы от него можно было так легко отказаться. Здравый рассудок, опирающийся на ежедневный опыт, стоит на своем. Что бы ни говорили, а

¹ Новейшие исследования показывают, что это явление сложнее.

² В последнее время несколько ботаников (у нас академики Коржинский и Фаминцын) выступили сторонниками учения о психической деятельности растений. Замечу только, что в защиту этого воззрения не выставлено ни одного фактического довода. В пользу его, как и четверть века тому назад, когда я высказывал эти мысли, можно приводить только соображения метафизического, но не научного характера. Замечу также, что объяснять сравнительно немногосложные явления растительной жизни простым уподоблением их несравненно более сложным явлениям психической жизни животных и человека — значит извращать тот логический ход, которым до сих пор двигались наука, всякое знание. (Примечание к пятому изданию.) См. заключение восьмой лекции, стр. 161, а также мою брошюру *Столетние итоги физиологии растений*, стр. 46—52. (Примечание к девятому изданию.)

12 К. А. Тимирязев

дерево останется деревом и лошадь — лошадью, между ними лежит целая бездна.

Как согласовать это противоречие: то есть очевидное различие, то его нет? Выход прост, и противоречие понятно. Оно основано на логической ошибке, вследствие которой отвлеченной идее, созданию своего ума, человек придает реальное существование. Ошибка эта, к сожалению, очень распространена и немало вредила успехам естествознания. Дело в том, что нет ни растения, ни животного, а есть один нераздельный органический мир. Растение и животное — только средние величины, только типические представления, которые мы слагаем, отвлекаясь от известных признаков организмов, придавая исключительное значение одним, пренебрегая другими, почти забывая о них. К тому же эти понятия сложились в такое время, когда были известны только самые крайние, резкие представители этих групп. Пока сравнение касалось дерева и лошади, никакого недоразумения не было возможно, но дело представилось в совершенно ином свете, когда пришлось принять во внимание всю совокупность живых существ. Тогда пришлось убедиться в единстве органического мира, пришлось убедиться, что все наши рамки или деления — только произведение нашего ума, правда, одно из величайших его произведений, без которого он никогда не справился бы с хаосом единичных форм. Пользуясь этим логическим приемом, мы не должны, однако, забывать его настоящую цену, не должны отождествлять отвлеченные понятия, типы, с реальной действительностью.

Но если в органической природе и не существует такого дуализма, если мы не видим более в растении и животном двух абсолютно между собой различных категорий существ, а только два типических представления, тем не менее, раз в уме нашем сложились эти два типа, мы должны постараться дать их характеристику, указать на те признаки, которым мы даем предпочтение, которые связываем с понятием о растении.

Едва ли и в настоящее время можно предложить более краткую и удачную характеристику, чем та, которая выразилась в старом изречении, что «растение растет, но лишено произвольного

движения». Посмотрим, какой более определенный смысл должны мы придавать этому изречению. Движение животного, как и всякое движение, подчиняется общим механическим законам. Особенность животного заключается в том, что очаг действующих в нем сил лежит в нем самом; отсюда его независимость от внешних условий. Источник этих сил, как известно, кроется в том процессе окисления, который, совершаясь повсеместно в его теле, обнаруживается в дыхании и является причиной того тепла и движения, которые в общей сложности характеризуют животное в отличие от растения. Я говорю «в общей сложности», потому что мы только что видели достаточно доказательств, что эти процессы встречаются и в растении, но только в нем они отступают на второй план, совершенно заслоняются другими, преобладающими процессами. Мы видели еще ранее¹, что под влиянием света в зеленых частях растений постоянно совершается явление, обратное окислению, именно: разложение углекислоты, сопровождающееся накоплением углерода. Этот процесс почти в двадцать раз энергичнее дыхания растения, так что, например, на один фунт сгорающего в растении углерода вновь образуется двадцать фунтов: растение тратит на свои потребности примерно только одну двадцатую всего отлагающегося в нем углерода, отсюда — то накопление вещества, то громадное увеличение массы, которое нас поражает в явлениях роста. Тогда как в животном, достигшем полного развития, устанавливается известное равновесие между приходом и расходом вещества, у растения рост, то-есть накопление вещества, идет почти вплоть до смерти². Но это накопление вещества вполне зависит от солнца, отсюда — полная зависимость растения от внешних условий, его страдательная роль, так резко отличающая его от самостоятельной деятельности животного.

Различие растения и животного, следовательно, не качественное, а только количественное; в обоих совершаются те же процессы, но в од-

ном преобладают одни, в другом — другие. Если в результате, в итоге, оказывается окисление, трата вещества и проявление энергии, мы имеем перед собой тип животного; если, наоборот, в итоге оказывается раскисление, накопление вещества, поглощение энергии, мы имеем перед собой тип растения. Животное и растение разделили между собою труд: животное расходует то вещество и ту энергию, которые запасаются растением; в свою очередь, растение необходимую для него энергию получает от солнца. Животное зависит от растения, растение зависит от солнца.

Таким образом, мы восходим до самого общего представления о жизни растения, до понятия о его значении, о его роли в органическом мире. Это роль посредника между солнцем и животным миром. Растение или, вернее, самый типичный его орган — хлорофилловое зерно — представляет то звено, которое связывает деятельность всего органического мира, все то, что мы называем жизнью, с центральным очагом энергии в нашей планетной системе. Такова *космическая роль растения*.

Когда нашему воображению представляется тип зеленого дуба, летом шумящего своей роскошной листвой, зимой обнаженного, окоченевшего, страдательно переносящего все колебания внешней температуры, — дуба, год за годом в течение веков увеличивающего свою органическую массу, но в то же время неподвижно прикованного к одному месту; когда вслед за тем нам представляется картина стрелой мчащегося рыскака, от которого среди зимы столбом валит пар, но который зато зимой и летом истребляет массы сена и зерна; когда мы узнаем далее, что эти противоположные внешние явления только необходимые последствия преобладающих в том и в другом случае химических процессов, — тогда для нас становится ясна антитеза между животным и растением. Но когда вслед за тем мы пожелаем окинуть одним общим взглядом не только типичных представителей, но все растения, всех животных, во всех их отправлениях, то невольно убеждаемся в неверности подобной антитезы. Это противоречие исчезает, все вновь становится понятным, как только мы допустим, что поток органической жизни, когда-то, во

¹ См. пятую лекцию.

² Сравнение это, впрочем, не вполне точно. За особь в растении правильнее считать отдельный побег, который имеет ограниченный рост; целое же растение, например дерево, представляет сложный организм, подобный, например, кораллу, растущему неопределенное время.

тьме времен, пролагавший себе путь по одному широкому руслу, затем разбился на две ветви, так что теперь, стоя при их устьях, мы видим как бы два независимых течения и, только восходя к их отдаленному истоку, только стараясь обнять одним взглядом оба течения на всем их протяжении, приходим к убеждению, что это только два рукава одного общего могучего потока жизни.

Этим завершается наш обзор жизненных отправления растения. Мы познакомились со строением разных органов его, узнали их значение и, таким образом, разрешили двоякую задачу, постоянно представляющуюся физиологу: дан орган — найти его отправление; дано отправление — найти соответствующий ему орган. Мы убедились, в каком совершенстве каждый отдельный орган исполняет свое отправление, как приспособлен он к своей среде, как необходимо и согласно взаимодействие различных органов, имеющее результатом общую жизнь растения, как поразительно взаимодействие некоторых организмов, даже принадлежащих к различным царствам органической природы, как гармонично, наконец, взаимодействие этих двух царств природы, взятых в целом. Познакомившись со всеми этими фактами, мы, кажется, вправе заключить, что дошли до конца своего

пути. Но тут-то именно, на этом кажущемся пределе, физиолог начинает смутно сознавать, что его задача не исчерпана, что из-за всех этих частных вопросов всплывает один общий, всеобъемлющий вопрос: почему все эти органы, все эти существа так совершенно, так изумительно приспособлены к своей среде и отправлению? Чем поразительнее факт, чем совершеннее организм, тем неотвязчивее вопрос: да почему же он так совершенен? Как, каким путем достиг он этого совершенства? Неужели стоило сделать такой длинный путь, для того чтобы в конце его услышать лаконический ответ: не знаю, не понимаю и никогда не пойму. Правда, естествоиспытатель охотно, быть может охотнее и откровеннее других исследователей, всегда готов сказать: *не знаю*; но зато тем настойчивее хватается он за первую возможность объяснения, тем ревнивее охраняет он те области знания, куда успел уже проникнуть хотя бы слабый луч света.

В какой степени наука может в настоящем случае удовлетворить естественную пытливость ума, какой ключ может предложить современное естествознание для объяснения этого основного свойства органического мира — его совершенства, его гармонии или целесообразности, — этими вопросами мы займемся в следующей и последней лекции.

Х

ОБРАЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ФОРМ

Целесообразность органических форм может быть объяснена только историческим процессом их образования. — Палеонтология, морфология и эмбриология согласно свидетельствуют о родовой связи организмов. — Противоречие этого заключения с господствовавшим убеждением в постоянстве видов. — Точно ли виды неизменчивы? — Логическая ошибка, в которой коренится это убеждение. — Почему исторический процесс ведет к совершенствованию? — Теория Дарвина. — Борьба за существование и естественный отбор. — Как объясняется отсутствие переходных форм. — Чем приходится довольствоваться при объяснении частных случаев целесообразного приспособления. — Аналитический и синтетический путь, пройденный читателем. — Общее заключение и цель всего курса

В конце последней лекции мы пришли к заключению, что каждый мыслящий человек, рассматривающий явления органической природы, а тем более естествоиспытатель, вникающий в них глубже, выносит убеждение, что органический мир в целом и в частностях представляет одну общую черту, которую мы стараемся выразить словами: совершенство, гармония, целесообразность и т. д. В свою очередь, это убеждение влечет за собою невольное желание, непреодолимую потребность — найти объяснение для этой наиболее выдающейся особенности живых существ. В былое время естествоиспытатель, достигнув в своем исследовании природы этой стадии, считал, что его путь окончен, что самый факт этого совершенства, этой гармонии есть явление первичное, элементарное, не подчиняющееся дальнейшему анализу науки, и, смотря по складу своего ума, или смолкал, или предавался лирическим излияниям на эту благодарную тему. Но рядом с подобным воззрением большинства уже давно раздавались в науке одинокие и смелые голоса, требовавшие, чтобы и к этому общему свойству органических существ наука отнеслась так же, как она отно-

сится к частным явлениям: не довольствуясь простым засвидетельствованием факта, но стараясь дать этому факту рациональное объяснение, вывести его как частный случай из других, более общих законов; не довольствуясь эмпирическим знанием, что таков он есть, но стремясь к дедуктивному заключению, что таковым он должен быть. Какие же могут быть эти общие законы, исходя из которых мы в состоянии вывести как необходимый результат поражающее нас совершенство органического мира? Разъяснению этого вопроса мы посвятим эту последнюю, заключительную беседу.

До сих пор при объяснении частных явлений растительной жизни мы всегда старались свести их к более общим, более нам понятным физическим и химическим законам, и в большей части случаев нам это удавалось вполне или отчасти. Ни разу не приходилось нам прибегать к той таинственной *жизненной силе*, на применение которой были так тороваты физиологи былых времен; мы не доказывали несостоятельности этой *жизненной силы* с ее неопределенными атрибутами и неуловимой сферой деятельности; мы даже не пытались опровергать ее существо-

вание — для нее просто не нашлось места в нашем изложении, — и мы ни разу не имели повода в том раскаиваться.

Но теперь рождается вопрос: приложим ли этот способ объяснения ко всем фактам растительной жизни? В состоянии ли мы, например, одним влиянием физических сил объяснить возникновение тех поразительно целесообразных форм, с которыми мы познакомились, особенно в двух последних лекциях? Можем ли мы, например, какими бы то ни было комбинациями действующих в данный момент физических сил объяснить себе образование цветка шалфея, так изумительно во всех своих подробностях приспособленного к тому, чтобы посещающие его насекомые содействовали полезному для растения перекрестному оплодотворению? Или можем ли мы влиянием тех же деятелей объяснить, почему листья мухоловки или росянки обладают всеми необходимыми механическими и химическими свойствами, делающими их такими совершенными орудиями для ловли и пожирания насекомых? Очевидно, нет. Очевидно, все эти формы, или, вернее, именно их целесообразность, никаким образом не могут быть объяснены как необходимый результат взаимодействия тех веществ и сил, под влиянием которых сложился рассматриваемый организм. Но если мы не можем объяснить этих форм, исходя из условий их существования, то не в состоянии ли мы найти объяснение каким иным путем?

Когда историк или публицист, изучая жизнь какого-нибудь народа, встречается в известный момент его существования с каким-нибудь явлением, которое прямо не вытекает ни из современных нравов, ни из современных условий быта, или когда он встречается с очень совершенными, выработанными формами правления или общежития — он прибегает для объяснения их к причинам историческим. Не находя готового объяснения в настоящем, он ищет его в прошлом. Спрашивается: не вправе ли мы применить тот же прием к объяснению явлений, совершающихся в природе? Когда нам представляется орган, поразительно прилаженный к своему управлению, когда мы видим организм, поразительно гармонирующий с окружающей средой, и когда мы не в состоянии объяснить их возник-

новение действующими на каждый единичный организм современными причинами, то не вправе ли мы допустить, что это совершенство осуществилось не вдруг, а достигнуто медленным процессом исторического развития, причем деятелями этого изменения были такие же физические силы, как и те, которые действуют и в настоящий момент? Не вправе ли мы допустить, что физические деятели, которые не могут целесообразно изменить известный единичный организм, в состоянии вызвать это явление, действуя на длинный ряд поколений?

Для того чтобы допустить такое толкование природы, мы, очевидно, должны доказать два положения: во-первых, что органический мир имеет историю и, во-вторых, что этот исторический процесс неуклонно, неминуемо, роковым образом ведет к совершенствованию. Если это нам удастся, если мы успеем убедиться в справедливости этих двух положений, тогда, очевидно, мы получим искомый общий ключ, объясняющий совершенство органических существ.

Имеет ли растение историю? Мы уже неоднократно, мимоходом, высказывались за положительное разрешение этого вопроса, но еще не имели случая взвесить всю совокупность доводов, говорящих в пользу подобного разрешения. Ответ на этот вопрос, конечно, прежде всего принадлежит геологии. В первой лекции мы уже видели, что растительность земного шара теперь не такова, какова она была в предшествовавшие геологические эпохи, и что притом чем древнее, чем отдаленнее от нас рассматриваемая эпоха, тем проще организованы ее представители. Раньше появляются хвощи, папоротники, плауны — всё растения споровые; позднее выступают и семенные растения, а из них сначала более простые — хвойные и позднее всех самые сложные, самые совершенные по организации — двудольные, которые теперь преобладают на нашей планете. Следовательно, с течением времени к типам, уже существовавшим, присоединялись новые типы растений, осиливавшие их своей многочисленностью, и притом к простейшим — более сложные.

Как мы уже видели в первой лекции, этот основной геологический факт может быть объяс-

нен двумя противоположными гипотезами: или новые типы создались заново, совершенно независимо от прежде существовавших, или они произошли от них путем изменения и, следовательно, находятся в прямом, кровном родстве с ними. Я называю эти оба воззрения гипотезами, и этого нельзя достаточно часто повторять ввиду того, что защитники первого взгляда с замечательной самоуверенностью и настойчивостью прилагают это выражение только ко второму воззрению, забывая, что и защищаемый ими взгляд — такая же гипотеза, толкование, даже совершенно произвольное толкование, а не простое заявление факта.

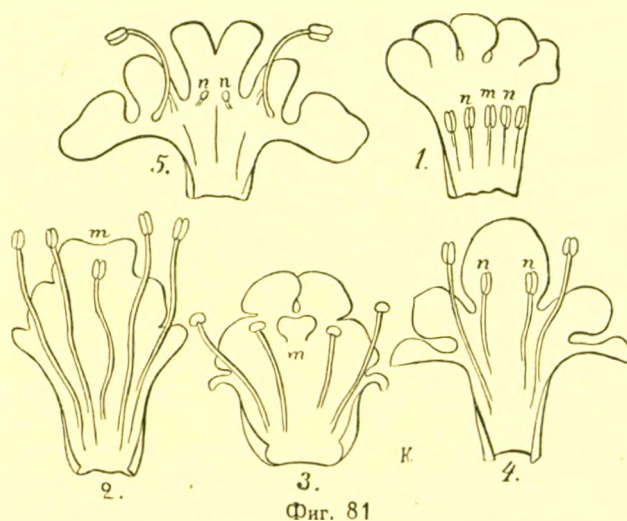
Постараемся оценить относительное достоинство этих двух гипотез, посмотрим, которая из них более согласна с действительностью, объясняет большее число фактов, встречает менее противоречий — одним словом, более удовлетворяет тем условиям, которые мы должны предъявлять всякой научной гипотезе.

С первого взгляда, мысль, что одно растение могло произойти от другого, дуб от березы, роза от лилии, представляется чем-то странным, чем-то таким, что ум нелегко схватывает. Но не страннее ли еще должна показаться мысль, что семенодоль, лепесток, тычинка, пестик произошли из так мало схожего с ними листа? А тем не менее в первой лекции, говоря об учении о метаморфозе, мы должны были притти к заключению, что все эти органы, столь разнообразные по форме, строению и отправлению, не более как результаты превращения одного основного органа — листа. И пришли мы к этому выводу на основании следующих соображений. Во-первых, на основании существования нечувствительных переходов: так, например, в цветке кувшинки мы видели целый ряд органов — не то лепестков, не то тычинок, но примыкающих с одной стороны к лепесткам, а с другой — к тычинкам, так что решительно нет возможности сказать, где кончается один орган, где начинается другой. Вторым доводом, говорящим в пользу взаимного превращения одних органов в другие, служат так называемые уродливости, то-есть такие случаи, где один орган случайно принимает форму другого — так, например, пестик пиона, появляющийся в виде красного лепестка с сидя-

щими по краям яичками; особенно убедительны те случаи, когда это превращение вызывают искусственно, как, например, в махровых цветах, у которых тычинки превращены в добавочные лепестки, или в опытах над превращением наружных чешуек листовых почек в настоящие листья. Но если подобные соображения вынуждают нас допустить возможность превращения одного органа в другой, совершенно с ним несходный, то тем скорее мы должны допустить возможность таких переходов между одинаковыми органами различных растений; если мы допускаем, что тычинка произошла из листа, то уже гораздо легче допустить, что лист одного растения мог произойти из листа другого растения, цветок одного — из цветка другого; и вынуждают нас к тому те же самые доводы — существование переходов и так называемые уродливости, то-есть внезапные отступления. Остановимся на каком-нибудь примере. Говоря о цветах, мы имели случай познакомиться с цветками аптечного шалфея, замечательного по своим приспособлениям к перекрестному опылению при помощи насекомых. Постараемся показать, какими последовательными ступенями этот замысловатый цветок шалфея мог образоваться из совершенно, повидимому, несходного с ним цветка правильной, лучистой формы. Шалфей принадлежит к семейству губоцветных растений, названных так потому, что венчик у них почти всегда более или менее двугубый; к этому семейству, например, относятся богородичная трава, мята и др. С этим семейством губоцветных во многих отношениях сходно семейство так называемых бурачниковых — таково единогласное мнение всех ботаников. Представителем этого последнего мы можем выбрать хоть, например, незабудку. Всякому известно, что голубой венчик этого цветка при основании образует короткую трубку, а на вершине — отгиб, разделяющийся на пять равных округленных зубчиков. Если мы заглянем внутрь этой трубки, то заметим пять одинаковых желтых пыльников, приросших своими нитями к этой трубке (фиг. 81, 1)¹. Спраши-

¹ Фигура 81. 1 — венчик незабудки, 2 — в. синяка, 3 — в. норичника, 4 — в. богородичной травы, 5 — в. шалфея. Все венчики расколоты вдоль нижней губы и развернуты. Венчик шалфея, сверх того, надрезан вдоль верхней губы.

вается: можем ли мы допустить, чтобы из этого правильного, звездообразного цветка незабудки, с его пятью тычинками, мог образоваться двугубый цветок шалфея, с его двумя своеобразными тычинками? Если нам удастся показать на других представителях этих двух семейств ряд промежуточных форм между взятыми крайними случаями, то мы сделаем это допущение в высшей степени вероятным. Во-первых, следует заметить, что не все цветки в семействе бурачниковых так правильны, как цветы незабудки; у синяка, например, венчик является уже несколько симметричным, то-есть в нем можно отличать верх и низ, хотя он еще не представляет ясной двугубости (фиг. 81, 2); в то же время его пять тычинок уже различаются по своей величине, особенно верхняя (фиг. 81, 2, *m*) значительно менее остальных. С другой стороны, и не все представители семейства губоцветных имеют ясно двугубый венчик; пример — мята, цветы которой почти правильны. Следовательно, переход правильного венчика в двугубый мог совершиться постепенно. Обращаемся к тычинкам: у бурачниковых их пять, у губоцветных четыре — две нижние побольше, две верхние поменьше (фиг. 81, 4, *n, n*). Что же стало с пятой? Когда в организме отсутствует орган, о существовании которого можно заключить по аналогии с другими организмами, то мы обыкновенно замечаем одно из двух явлений: или он преобразовался в другой орган, подвергся метаморфозу, или он исчез, атрофировался, а на его счет развились другие, ближайшие органы. Существование подобной компенсации, подобного соотношения в развитии частей было подмечено Гёте, которому, как мы видели, наука обязана и учением о метаморфозе. Если у губоцветных исчезла одна, именно верхняя, тычинка (та самая, которая у синяка уже менее других, фиг. 81, 2, *m*), то что же явилось ей на смену? Мы замечаем, что исчезновение этой тычинки совпадает с сильным развитием верхней губы, и можем предположить, что тычинка превратилась в лепестковидный орган, который, сросшись с двумя верхними лепестками, образовал верхнюю губу. Это не должно нас несколько удивлять, потому что превращение тычинки в лепесток и срастание частей цветка — явление очень обык-



Фиг. 81

новенное. Доводом в пользу такого объяснения может служить тот факт, что у цветков мяты, где двугубость венчика слабо выражена, действительно нередко сохраняется и пятая тычинка. Пример других растений сделает это заключение еще более убедительным. Совершенно в таком же взаимном отношении, в каком состоят бурачниковые и губоцветные растения, находятся и два других семейства, так называемые пасленовые (пример — картофель) и норичниковые (пример — мытник, дигиталис и проч.). У первых — цветок правильный, тычинок пять; у вторых — цветок двугубый, тычинок четыре. Но здесь, именно у норичника, самым несомненным образом убеждаешься, что верхняя, пятая тычинка превратилась в лепесток и срослась с двумя верхними лепестками (фиг. 81, 3, *m*). Мы можем, следовательно, себе объяснить, каким образом правильный, с пятью тычинками цветок незабудки может постепенно превратиться в двугубый цветок с четырьмя тычинками, свойственный большинству губоцветных. Но у шалфея всего две тычинки; проследим, что случилось с двумя остальными. Присматриваясь к расколотой по длине трубке венчика этого растения, мы находим несколько выше двух развитых тычинок — как раз на том месте, которое занимают две малые тычинки у остальных губоцветных — две едва заметные, выродившиеся, атрофированные тычинки (фиг. 70, фиг. 81, 5, *n, n*). На счет этих неразвившихся тычинок, со-

гласно высказанному выше правилу Гёте, остальные две приняли более значительные размеры и то своеобразное строение, с которым мы уже знакомы (фиг. 70). В свою очередь, и своеобразная форма двух тычинок представляет в различных видах шалфея различные степени усложнения, так что она была достигнута не сразу, а рядом последовательных изменений. Описание этих переходных форм потребовало бы, однако, слишком много времени и пояснительных рисунков¹. Совершенно подобным же рядом рассуждений могли бы мы объяснить, как другой, еще более причудливый цветок орхидеи мог произойти из правильного цветка, подобного, например, лилии. Морфология, или сравнительная анатомия растений, полна подобных примеров; можно сказать, она вся состоит из них.

Итак, если учение о метаморфозе поясняет, каким образом рядом нечувствительных переходов различные органы одного и того же растения могли произойти один из другого, то сравнительно-анатомическое изучение одинаковых органов различных растений приводит к подобному же заключению, что одна растительная форма могла произойти из другой, потому что какое значение придадим мы иначе этим на каждом шагу встречающимся зачаточным или, вернее, выродившимся органам, которые постоянно указывают на существование перехода между несходными формами?

Еще более утверждает нас в этом убеждении изучение организмов в зачаточном состоянии. Все данные эмбриологии свидетельствуют, что сходства, аналогии, ускользающие, неуловимые на вполне развитых организмах, становятся яс-

ными при изучении их истории развития. Так например, в растительном царстве нет более глубокого, более коренного различия, чем между растениями споровыми и семенными; казалось бы, что между этими двумя полуцарствами лежит пропасть, через которую невозможно перешагнуть. И, однако, Гофмейстеру удалось «перекинуть мост» через эту пропасть. Изучение истории развития высших споровых и низших семенных растений обнаружило существование связи между этими группами и даже указало, каким путем должен был совершиться этот переход. Мы видели ранее, что самые типические из споровых растений, например папоротники, оплодотворяются живчиками, а семенные растения — пыльцевыми трубками. На основании своих обширных исследований Гофмейстер предсказал, что у известных цветковых растений в цветневых трубочках найдутся живчики, и через двадцать лет после его смерти это предсказание блистательно оправдалось. Точные науки — астрономия, физика, химия — гордятся такими пророчествами. Пророчество Гофмейстера — самый блестящий пример в области морфологии¹. Голосеянные, куда относятся наши хвойные, образуют связующее звено между двумя полуцарствами растительного мира, у них и были найдены живчики; но мы уже видели, что геология, совершенно независимо от этого вывода истории развития и гораздо ранее его, указывала, что такова была хронологическая последовательность появления этих групп на Земле². Вспомним еще один из результатов предшествовавшей лекции: что невозможно установить физиологической границы между растением и животным; вспомним наконец, что начало всякого организма — клеточка или просто комок протоплазмы — сходно у всех живых существ, и мы необходимо приходим к заключению о единстве органического ми-

¹ Говоря о цветке, мы пришли к заключению, что все значение этого сложного тычиночного аппарата шалфея состоит в том, чтобы содействовать перекрестному оплодотворению при содействии насекомых; но это перекрестное оплодотворение, очевидно, достигалось бы еще полнее, если бы цветы сделались раздельнополыми, то есть в одних цветах заключались бы пестики, в других — тычинки. В таком случае, в женских цветах этот сложный и постепенно выработавшийся тычиночный аппарат оказался бы излишним, и действительно, не у аптечного шалфея, который нами описан, а у другого вида — у полевого шалфея — вместе с обоеполыми цветами встречаются и женские, и в них можно проследить, как этот замысловатый аппарат, ставший бесполезным, мало-помалу выродился, атрофировался, проходя в обратном порядке почти те же фазы, через которые должен был пройти при своем образовании.

¹ Тем более странно что в своем подробном изложении этого вопроса проф. Бородин («Процесс оплодотворения в растительном царстве») нашел возможным даже не упомянуть имени этого ученого.

² Недавнее открытие английского ботаника Д. Скотта подтвердило и с палеонтологической точки зрения связь между папоротниками и теми голосеяными, у которых найдены живчики, — новое торжество Гофмейстера. (Подробнее об этом см. статью К. А. Тимирязева «Единство растительного мира», помещенную в конце настоящего издания. *Ред.*)

ра, о непосредственной родственной связи всего живого на земле.

Ввиду такого согласного и разнообразного свидетельства всех отраслей биологической науки может показаться странным, даже непонятным, что заключение это могло встретить противников, еще встречает их и теперь.

Для того чтобы выяснить происхождение разногласия между учеными по этому вопросу, мы должны на время остановиться на несколько, быть может, скучных технических подробностях, без которых, однако, источник этого разногласия остался бы непонятным. Изучающий органическую природу очень скоро выносит убеждение, что организмы представляют различные степени взаимного, как принято выражаться, *сродства*. Для выражения этих степеней сродства при систематическом описании организмов их соединяют в группы все более тесные и для обозначения этих групп пользуются преимущественно терминами, которыми обозначают степени родства, каковы: семейство, колено, род и проч. Самую тесную группу, образованную существами наиболее между собой сходными, — группу, составляющую как бы собирательную единицу, из которой слагаются другие группы, Линней называл *видом*. Из видов слагаются роды, из родов семейства и т. д. Так например, фиалка и анютины глазки представляют два вида линнеевского рода *Viola*; две ольхи — черная и серая — два вида рода *Alnus*; осел и лошадь соединены в один род *Equus*, волк и собака — в один род *Canis* и т. д. Установление видовых групп было громадным успехом в науке: оно доставило возможность создать строго систематическую классификацию организмов. Но, установив эту собирательную единицу их системы, эту видовую группу систематики, не столько сам Линней, сколько его последователи стали утверждать, что вид есть действительно что-то незыблемое, не изменяющееся ни в пространстве, ни во времени, что виды всегда были и будут такими, какими мы их застаем на Земле, что не может быть и речи о превращении одного вида в другой и что, следовательно, учение о единстве происхождения всех организмов немыслимо. В самом деле, до сих пор мы указывали на данные, приобретенные учением о метаморфозе, сра-

внительной анатомией, эмбриологией, палеонтологией, свидетельствующие о возможности перехода форм одного семейства в формы другого (например бурачниковых в губоцветные), о возможности перехода между споровыми и семенными растениями, о невозможности провести границу между растительным и животным миром и т. д. Но какой же смысл могут иметь все эти факты, если справедливо, что между существами наиболее близкими, между видами одного рода, невозможен переход? Если фиалка и анютины глазки всегда были так же различны между собой, если они неспособны изменяться, если виды неизменчивы, то, конечно, все наши соображения о переходах между семействами, между отделами растительного царства, между обоими царствами разлетаются в прах. Отсюда ясно, что вопрос об единстве происхождения органических существ (а следовательно, как мы видели, и более широкий вопрос о причине их совершенства) связан с вопросом об изменчивости или вообще о происхождении видов, потому понятно, что произведшее переворот во всем естествознании сочинение Дарвина носит это сухое техническое название.

Точно ли справедливо, как это упорно утверждают некоторые естествоиспытатели, что виды неизменчивы? Во-первых, мы знаем, что в природе не существует двух безусловно сходных форм: растения, взошедшие из семян, взятых из одного плода, представляют различия — следовательно, о полном сходстве не может быть и речи, да о нем никто никогда и не помышлял. Мало того, мы очень хорошо знаем, что и в пределах вида можно найти более тесные группы существ, еще ближе между собой сходные. Таким образом, вид, который служит единицей для групп высших порядков, сам, в свою очередь, распадается на единицы низших порядков. Всякий знает, как различны породы собак, как разнообразны сорта пшеницы, как многочисленны разновидности цветов, ежегодно появляющиеся в прейскурантах садоводов. Где же это прославленное постоянство вида? На это у защитников неподвижности вида готов ответ. Они говорят: «Да, конечно, в пределах вида могут совершаться изменения, но этим изменениям есть граница; степень различия между разновидностями нико-

гда не может быть так же велика, как между видами» — другими словами, путем такого изменения, каким образуются разновидности, не могут образоваться новые виды. Таким образом, вопрос о постоянстве вида сводится, в сущности, к вопросу о пределах изменчивости или вообще о значении разновидностей. После такого категорического заявления о различии между видом и разновидностью, казалось, можно было бы ожидать, что защитники неизменяемости видов обладают точным определением того и другого и снабдят верным критерием, для того чтобы мы могли знать, когда мы имеем дело с двумя разновидностями одного вида, когда с двумя самостоятельными видами. Ничуть; этого-то они и не сделали и даже не в состоянии сделать, потому что и то и другое ускользает от определения, и мы вскоре увидим тому причину. Исходя из априористического убеждения, что вид не может происходить из другого вида, защитники его постоянства обыкновенно руководятся правилом, что две формы, связанные переходными формами, как бы они ни были различны между собой, не могут быть признаны за самостоятельные виды. Пользуясь этим правилом, их противники указывают им на примеры видов, между которыми нашлись переходные формы. Тогда они отвечают: «Значит, мы ошиблись, признав за вид то, что, в сущности, разновидность». Понятно, что, вращаясь, таким образом, в ложном круге, они остаются неуязвимыми. Утверждая, что виды неизменчивы, они каждую изменчивую форму, за отсутствием положительных признаков, отличающих вид от разновидности, всегда могут разжаловать в разновидность. Впрочем, было время, когда защитники неподвижности вида лелеяли надежду основать это различие между видом и разновидностью на положительном физиологическом признаке. Возникло убеждение, что все представители одного вида, все его разновидности, как бы они ни были между собой различны, могут скрещиваться между собой, образуя помеси, способные к дальнейшему размножению, что, напротив, виды неспособны образовать помеси, или если и образуют их, то они обречены на бесплодие. В этом будто бы неизменном законе усматривали даже какой-то умысел природы, которая, создав известное чис-

ло видовых форм, позаботилась о том, чтобы они сохранились навеки неизменными, и для этого оградила их от возможности изменяться путем образования помесей. Но, говоря об оплодотворении, мы уже познакомились с фактами, которые окончательно опровергают это мнение; мы видели, что иногда оплодотворение собственной пылью или пылью сходного растения бывает менее плодородно, чем оплодотворение пылью чужого или несходного растения, что, наконец, оплодотворение пылью другого вида бывает иногда плодороднее, чем оплодотворение пылью того же вида¹. Сознвая невозможность предложить какой-нибудь положительный критерий для отличия вида и разновидности, защитники этого учения любят ссылаться на известный «такт» или чутье, которым натуралист будто бы руководится при разрешении этого вопроса. Но как мало надежен этот пресловутый такт, можно всего лучше усмотреть из следующих цифр: оказывается, что пока род включает немного видов, ботаники согласны между собой относительно их числа, но как только род включает, например, свыше четырех видов, являются разногласия. До чего могут доходить эти разногласия, видим из одного примера: в роде *Hieracium* ботаники насчитывают кто 20, кто 300 видов. Относительно ежевики, ивы и множества других растений повторяется то же разногласие. Очевидно, одни принимают за вид то, что для других только разновидность. Ввиду этих разногласий у систематиков явилось даже выражение «хороший вид» для отличия всеми признаваемого, очевидного вида от вида сомнительного. Это обилие противоречий, несомненно, приводит к одному заключению: именно, что невозможно провести строгую логическую границу между видом и разновидностью, что невозможно всегда, во всяком случае безошибочно, прилагать эти понятия к действительности. А этот вывод невольно наводит на сомнение, не вкралась ли и в этот вопрос логическая ошибка, подобная той, которую мы указали в вопросе о различии между растением и животным. Может быть, ни

¹ Читатели, желающие подробнее ознакомиться с этим вопросом и вообще с теорией Дарвина, найдут общепонятное ее изложение в моей книге «Чарлз Дарвин и его учение».

вид, ни разновидность действительно не существуют в природе как две качественно различные категории; может быть, и они только типические представления — создания нашего ума. Постараемся пояснить примером. Мы ясно сознаем различие между ребенком и взрослым; мало того, мы различаем даже детей, отроков, юношей, мужей, старцев и т. д., и в большинстве случаев эти понятия вполне приложимы к действительности, иначе они не могли бы сложиться в нашем уме. Но из этого не следует, что они должны быть приложимы ко всякому без исключения случаю. Никому, конечно, никогда не придет в голову утверждать, что во всяком данном случае можно и должно разрешить вопрос: имеем ли мы перед собой отрока или юношу, мужа или старца и т. д., и, однако, именно над подобной задачей бьются систематики, желающие разрешить вопрос, следует ли считать такой-то сомнительный вид за вид или за разновидность. Вид и разновидность в большинстве случаев ясно различаются между собою, но из этого не следует, чтобы это были две категории, отличные по существу; напротив, различие между ними исключительно количественное; это две величины, постепенно переходящие одна в другую: с одного конца мы имеем неглубокие индивидуальные различия, затем полуразновидности, *ясные разновидности*, породы, сомнительные виды и, наконец, настоящие, *хорошие виды*¹. Одним словом, единственный логический выход из этого полного противоречия вопроса о виде и разновидности заключается в принятии формулы Дарвина: «Разновидность есть зачинающийся вид; вид — резкая разновидность», так же как дитя есть неразвившийся человек, взрослый человек — развившееся дитя, и по той же причине ни там, ни здесь невозможно провести резкой границы. Продолжим наше сравнение. Представим себе, что какое-нибудь существо, обладающее очень кратким периодом существования, могло бы задаться вопросом, происходит ли взрослый человек из ребенка или это два независимых существа. Увидать собственными гла-

зами это превращение нашему воображаемому существу не удалось бы по краткости его существования, но тем не менее, заметив, что между грудным ребенком и стариком существует целый ряд нечувствительных переходных форм, заметив далее, что все эти существа хотя и в ничтожной степени, но все же изменяются на его глазах и именно в известном только направлении, то-есть стареются, — оно пришло бы к заключению, что и дитя, которое оно видит, со временем будет стариком и старик когда-то был ребенком. Предположим далее, что на это заключение другое, подобное же воображаемое существо возразило бы: «Пока я не увижу этого превращения собственными глазами — а этому, разумеется, никогда не бывать, — до тех пор я утверждаю и буду утверждать, что взрослый человек никогда не был ребенком». Скажите, на чьей стороне была бы истина: на стороне ли того, кто всю совокупность своего опыта связывает одним строго логическим выводом, или на стороне того, кто, равно отвергая и свидетельство опыта и требования логики, упорно замыкается в какой-то псевдофилософский скептицизм? Но таково именно положение двух противоположных лагерей ученых по отношению к вопросу о виде. Жизнь не только одного человека, но и многих поколений ничтожна в сравнении с периодом времени, необходимым для образования нового вида; тем не менее те из ученых, которые отвергают постоянство вида, видя вообще изменчивость органических существ и принимая во внимание невозможность установить различие между видом и разновидностью, необходимо приходят к заключению, что виды образовались из разновидностей, что разновидности только, так сказать, последовательные стадии на пути к образованию новых видов.

Как ни убедителен подобный способ рассуждения, тем не менее не подлежит сомнению, что непосредственное наблюдение факта образования новых видов было бы, конечно, еще убедительнее. Если виды изменяются, то не могли ли они измениться за память истории настолько, чтобы дать начало другим видам? Доказать это по отношению к организмам, находящимся в естественном состоянии, невозможно, так как о них не имеется данных за достаточно долгий период.

¹ И действительно, если в былое время систематики могли оканчивать свое деление на виде, то в настоящее время уже существует до четырех общепринятых подразделений, стоящих ниже вида.

Несколько легче, хотя все же сопряжено с значительными трудностями, разрешение этого вопроса по отношению к возделываемым растениям или прирученным животным, о которых имеем исторические указания. Главное затруднение заключается в трудности найти доказательство, что различные, резко между собой отличающиеся породы животных или растений происходят действительно от одного вида, но тем не менее в некоторых случаях это удалось Дарвину вполне, в особенности относительно пород голубей. Он доказывал, что современные породы голубей, различающиеся между собой настолько, что будь они найдены в естественном состоянии, их отнесли бы не только к различным видам, но даже к различным родам, тем не менее, несомненно, произошли от одного вида голубя.

Но у защитников гипотезы постоянства видов имеется в запасе еще один, и очень веский, довод. Они говорят: допустим, что виды происходят одни от других, но куда же делись в таком случае все тончайшие переходные формы, которые должны же были существовать? Почему они исчезли? Почему виды представляют нам обыкновенно совершенно обособленные, разрозненные группы существ? Напомним мимоходом, что факт отсутствия переходов между видами во многих случаях сомнителен, так как мы видели, что стоит только обнаружить такой переход между двумя видами, и защитники неизменяемости вида скажут: значит, это не были виды. Но тем не менее для громадного большинства случаев этот довод сохраняет свою полную силу; настоящие, несомненные, хорошие виды действительно не бывают соединены переходными формами, и факт этот служил главным препятствием для всех предшествовавших попыток допустить происхождение видов путем изменения; все они разбивались об этот сокрушающий довод. Как относится к нему теория Дарвина, мы увидим ниже, когда познакомимся с главными основаниями этого учения, а пока заметим, что из этого самого грозного оружия своих противников эта теория сделала могущественное оружие своей защиты: она вполне объясняет факт отсутствия переходных форм; мало того, их существование явилось бы сильным доводом против нее. В этом заключается одно из существенных ее до-

стоинств, ее сила и преимущество перед прочими попытками такого рода.

До сих пор мы приводили доводы в защиту, а также старались отразить всевозможные возражения против допущения, что органический мир имеет историю. Согласно свидетельством всех отраслей биологической науки мы старались доказать, что то *сродство* организмов, которое допускают все без исключения естествоиспытатели, может быть объяснимо только их кровным *родством*. Значит, организмы имеют генеалогию, то-есть историю. Обращаясь ко второй половине нашей задачи, мы должны теперь доказать, что этот исторический процесс необходимо ведет к совершенствованию организмов, разумея под совершенством приспособление органа к его отправлению, организма — к обитаемой им среде.

Видя, что органический мир представляет постепенную лестницу существ, начиная с простейших, кончая более совершенными, усматривая, что это совершенствование совпадает с хронологическим порядком появления этих существ на Земле, многие естествоиспытатели видели в самом факте доказательство, что органическому миру присуще стремление к совершенствованию, полагали, что это свойство не подчиняется дальнейшему объяснению; другие хотя и пытались дать этому факту рациональное объяснение, но по большей части с малым успехом. Дарвин первый указал на ближайшие причины, на те более общие законы природы, которые имеют результатом поступательное развитие, прогресс или *эволюцию* органического мира. Для этого он употребил прием, который с первого взгляда может показаться парадоксальным и логический смысл которого до сих пор не понимают или, вернее, несмотря на разъяснения, не хотят понять многие из его противников. Для того чтобы выяснить, каким образом путем исторического развития органический мир мог притти к той степени совершенства, которую мы в нем усматриваем, Дарвин задался прежде вопросом: как достигает подобной же цели человек, как совершенствуется он свои искусственные породы растений и животных? — И пришел к тому заключению, что главным деятелем здесь является *отбор*

(Selection), состоящий, как мы видели¹, в том, что из каждого поколения отбираются на племя только те организмы, которые вполне соответствуют имеющимся в виду целям. В самой простой и совершенной форме отбор этот заключается в истреблении всех неудовлетворительных особей; когда садовник, например, желает вывести или поддержать новую разновидность растения, он ограничивается тем, что уничтожает все растения, не соответствующие его идеалу.

Далее Дарвин ставит вопрос: не подвигается ли и природа к совершенству путем такого отбора? Обыкновенно не удается даже высказать до конца это предположение, как уже из противоположного лагеря поднимаются преждевременно торжествующие возгласы, сыплются возражения вроде следующих: «Может ли быть что-нибудь общее между процессом, направляемым сознательной волей человека, и действием слепых сил природы? Вы беретесь объяснить происхождение органических форм на основании физических законов, а начинаете с того, что олицетворяете природу, приписывая ей сознательную деятельность, способность выбирать!» Не смущаясь этими возгласами, этими скороспелыми опровержениями, не идущими далее слова, познакомимся с сущностью дела и тогда легко поймем мысль великого ученого. Для того чтобы скачок не показался слишком резким, Дарвин прежде всего останавливается на тех случаях, которые он называет бессознательным отбором. Дикари в голодные годы бывают вынуждены истреблять часть своих домашних животных и, разумеется, сохраняют лучших из них; вследствие этого они невольно, не имея того в виду, улучшают породу. Они это делают даже против воли, потому что если бы была возможность, то они охотно сохранили бы и менее удовлетворительные экземпляры. Отбирая единичных животных, они с течением времени совершенствуют породу, но тем не менее по отношению к достигаемому результату действуют как слепое орудие, как бессознательная стихийная сила.

Итак, можно ли допустить в природе бессознательный отбор? Для того чтобы этот вопрос не показался слишком странным, мы можем сделать

в нем небольшую подстановку, и тогда он нам представится совершенно в ином свете. Мы видели, что в наиболее простой и действительной форме процесс отбора сводится на уничтожение неудовлетворительных форм. Значит, поставленный вопрос мы можем заменить другим: существует ли в природе истребление неудовлетворительных форм? Подобный процесс истребления был бы равносителен усовершенствованию. На этот вопрос наука дает самый решительный, положительный ответ: да, существует в колоссальных размерах и с неумолимой строгостью. Это явление основывается на одном свойстве, общем для всех органических существ. Свойство это заключается в том, что воспроизведение организмов всегда связано с их размножением. Это факт до того общий, до того постоянный, что нередко даже употребляют одно выражение вместо другого, то-есть размножение вместо воспроизведения. Действительно, мы не знаем ни одного примера органического существа, которое бы нормально, в течение всей своей жизни, производило одно только новое существо. Напротив, обыкновенно размножение идет в быстро возрастающей геометрической прогрессии. Факт этот имеет громадные последствия, значение которых было впервые оценено Дарвином. Только дав себе труд вычислить на одном каком-нибудь примере потомство, которое произведет один организм в несколько лет, мы в состоянии вполне оценить, как быстро размножаются органические существа. Так например, если бы сохранилось все потомство одного растения одуванчика, желтые цветы которого неприятно пестрят наши газоны, то через десять-двенадцать лет оно покрыло бы всю сушу на Земле. Но одуванчик еще не особенно плодovit; самая обыкновенная из наших орхидей — «кукушкины слезки», — по вычислению Дарвина, производит в год не менее 180 000 семян, так что уже правнуки одного растения покрыли бы всю сушу сплошным зеленым ковром. И это еще не предел плодovitости; есть орхидные, семена которых должно считать миллионами; вспомним, наконец, те невидимые для глаз пылинки-споры, которые образуются на изнанке листьев папоротника; каждая из них способна дать начало новому растению.

¹ См. восьмую лекцию.

Какими же последствиями должно сопровождаться это громадное размножение всех без исключения организмов, это стремление каждого из них завладеть всей землей? Результат очевиден: большинство этих существ погибает. Можно даже сказать, что та часть, которая выживает, ничтожна в сравнении с той, которая обречена на гибель. Между представителями каждого вновь нарождающегося поколения завязывается ожесточенное состязание, из которого выходят победителями лишь немногие¹. Но что же определяет сохранение этих избранников? Какое обстоятельство решает в их пользу исход борьбы? Очевидно, их собственное превосходство, совершенство их организации, разумея под совершенством, как уже сказано, приспособление органа к отправлению, организма — к среде. В чем будет заключаться это совершенство, мы в большей части случаев не в состоянии даже усмотреть, да и легко понять, как разнообразны и в различных случаях даже совершенно противоположны могут быть свойства, доставляющие перевес в жизненной борьбе. В одном случае избранным окажется растение, которое проросло ранее других, ранее их явилось на жизненный пир, успело захватить себе место; в другом случае, наоборот, окажется избранным, то-есть уцелеет, именно растение, проросшее позже остальных и, таким образом, спасшееся от поздних морозов, которые побьют его слишком поторопившихся соперников. *Борьба за существование* и ее неизбежное последствие — сохранение совершеннейшего, или, как Дарвин выражается иносказательно, *естественный отбор*, представляет необходимое логическое следствие закона быстрого размножения органических существ². И не одни только подобные дедуктивные доказательства можно привести в подтверждение факта борьбы и отбора — непосредственное наблюдение приводит к тому же выводу. Стоит, например,

¹ См. важнейшее примечание в конце этой лекции.
Ред.

² Это применение слова *отбор* в иносказательном, метафорическом смысле ввело (как мы уже упоминали об этом выше) многих критиков в заблуждение: они стали утверждать, что самое выражение «отбор» указывает, что Дарвин вынужден приписывать природе сознательную деятельность. Если с самого начала в такое заблуждение могли впасть только люди не очень сообразительные, то в настоящее время, после данных Дарвином объяснений, к такой удловке могут прибегать только люди, очень неразборчивые в выборе полемических приемов.

взять смесь каких-нибудь цветочных семян, например душистого горошка различных колеров, и, собирая каждый год все семена, высевать их на ту же грядку, для того чтобы через несколько лет заметить, что некоторые из колеров вытеснят остальные; значит, даже такой незначительный признак, как цвет (а вероятнее, какое-нибудь с ним связанное, но ускользающее от непосредственного наблюдения свойство), уже в состоянии доставить перевес в жизненной борьбе. Подобный же результат обнаруживается при опытах удобрения естественных лугов. Мы видели, что азотистые удобрения и минеральные соли, содержащие фосфорную кислоту и калий, составляют, бесспорно, полезную, необходимую пищу каждого растения; но если начать удобрять естественный луг, содержащий известный процент злаковых растений и известный процент бобовых растений, то заметим, что при употреблении исключительно азотистого удобрения злаки одолевают и начнут вытеснять бобовые растения; наоборот, при употреблении безазотистых удобрений перевес окажется на стороне бобовых. Оба удобрения полезны для обоих родов растений, но в различной степени, и под влиянием этого различия успех в жизненной борьбе выпадает на долю то одного, то другого. Наконец, как справедливо было замечено, стоит только вспомнить те усилия, которые земледелец должен делать, чтобы оградить свои поля от вторжения полчищ сорных трав, для того чтобы понять, какую борьбу должны были бы выдерживать и как неминуемо погибли бы в этой борьбе наши возделываемые растения, если бы были предоставлены своим собственным силам. Значит, факт борьбы за существование, вытекающий с очевидностью математической истины из закона геометрической прогрессии размножения живых существ, подтверждается и свидетельством непосредственного опыта. А эта борьба таким же логически неизбежным образом ведет к естественному отбору, то-есть совершенствованию, хотя бы ускользающему от наблюдения, в каждом отдельном поколении. Если мы примем во внимание свидетельство геологии о том почти неизмеримом промежутке времени, который истек со времени появления организмов на Земле, то охотно согласимся, что процесс отбора, дей-

ствующий с такою неумолимою строгостью и в такие длинные сроки, вполне может объяснить нам как разнообразие органических форм, так и совершенство их приспособления.

Итак, образование органических форм и их неуклонное приближение к совершенству может быть рассматриваемо как необходимое логическое следствие трех основных свойств, присущих организмам. Эти свойства: способность изменяться, способность передавать потомству свои изменения — наследственность — и способность размножаться, неразрывно связанная с воспроизведением¹.

Способность организмов изменяться не подлежит сомнению; мы не знаем двух существ, абсолютно между собой сходных, но причины, вызывающие изменения, и отношения этой способности к другому фактору — к отбору — нуждаются в некоторых разъяснениях. Исходной причиной, вызывающей в организме изменения, должно быть непосредственное или посредственное действие внешних условий, а затем уже действие вторичных влияний, соотношения в развитии частей, упражнения органов и т. д. Однако в большей части случаев бывает очень трудно уловить связь между изменением и вызвавшим его влиянием, — тогда мы называем его случайным. Но понятно, что случайных, в буквальном смысле слова, явлений наука не может допустить; случайным мы называем его только, пока его необходимая причина для нас скрыта. Затруднения, которые мы встречаем при попытках распутать связь между изменением и вызвавшим его влиянием, зависят главным образом от двух обстоятельств: во-первых, от того, что когда уже обнаружилось отклонение, то уже поздно доискиваться его причины, а во-вторых, от того, что внешние влияния редко оказывают прочное

действие на вполне развитый организм, а, вероятнее, гораздо чаще — на организмы зачаточные, еще развивающиеся, что само собой понятно, так как чем раньше подействует влияние, тем глубже должны быть последствия. Доказательством тому, как глубоко действуют причины, влияющие в первые моменты существования, служит, например, невозможность передачи некоторых уклонных форм иначе, как путем бесполого размножения, так как влияние другого родителя в процессе полового размножения достаточно сильно, чтобы потрясти всю организацию и воспрепятствовать передаче желаемого признака. Одну из вторичных причин изменчивости следует видеть в действии так называемого закона *соотношения развития*, состоящего в том, что чрезмерное развитие одной части влечет за собой недоразвитие другой; организм, располагая в данный момент только известным количеством питательных веществ, по выражению Гёте, «расщедрившись в одном направлении, должен соблюдать экономию в другом». Наконец, однажды сложившийся орган может, повидимому, развиваться далее в силу именно своего употребления.

Изменения, возникающие под влиянием физических условий, очевидно, сами по себе безразличны; они одинаково могут быть и полезны и вредны для организма, только борьба и отбор направляют изменчивость в одном направлении, уничтожая вредные, сохраняя полезные отклонения, так что, накапливаясь в длинном ряде поколений, едва заметные изменения принимают наконец значительные размеры. Постараемся пояснить на примере, какая доля явления должна принадлежать собственно изменчивости, какая доля — последующему действию отбора. Выше мы пытались объяснить себе происхождение симметрического цветка из правильного, указывая на целый ряд переходных форм, но, очевидно, это еще не объясняет первоначального возникновения симметрии, первоначального отклонения от правильности. С значительной степенью вероятности можно предположить, что это превращение совершилось под влиянием силы тяжести, действующей на еще развивающиеся цветки. Мы видели¹, что растущие органы изменяют направ-

¹ Реакционная школа буржуазных биологов-идеалистов — вейсманистов и морганистов — решительно отрицает возможность наследования организмами признаков, приобретенных под влиянием внешней среды. Академик Т. Д. Лысенко, основываясь на своих многочисленных опытах и работах великого преобразователя природы И. В. Мичурина, доказал всю ошибочность взглядов формальных генетиков² в вопросе наследственности.

«Материалистическая теория развития живой природы немыслима без признания необходимости наследственности приобретаемых организмом в определенных условиях его жизни индивидуальных отличий, немыслима без признания наследования приобретаемых свойств», говорит академик Т. Д. Лысенко. *Ред.*

¹ См. седьмую лекцию.

вление своего роста под влиянием силы тяжести, и это изменение зависит от неравномерного роста верхней и нижней частей органа. То же влияние проявляется и иным образом: горизонтально простирающиеся ветви представляют неравномерное развитие в верхней и нижней частях; листья, распределяющиеся на главном стебле равномерно на все стороны, на горизонтальных ветвях распределяются в одной горизонтальной плоскости и т. д.

Наконец, значительное число подобных же фактов, относящихся к цветам, повидимому, оправдывает такой взгляд. Замечено, что цветы одного и того же растения могут быть правильными или несколько симметрическими, смотря по тому, какое положение они занимают на цветочной оси. Так например, у растений с цветами правильными все боковые цветы, имеющие почти горизонтальное положение, или цветы поникшие нередко принимают несколько симметрическую форму, между тем как верхушечные цветы той же кисти или цветы прямо стоячие сохраняют вполне правильную форму. Подобное явление можно заметить у колокольчиков, у гloxинии и проч. Наоборот, у растений с цветами симметрическими, например у губоцветных, орхидных и др., нередко верхушечный цветок принимает совершенно правильную форму. Это явление падает у шалфея; все боковые цветы соцветия представляют характеристическую двугубую форму, а верхушечный цветок порой представляется совершенно правильным. Результаты этих наблюдений в последнее время удалось подтвердить и прямым опытом. Устраняя действие притяжения Земли приемами, описанными в лекции VII, удалось искусственно превращать симметрические цветы в правильные, лучистые. Итак, начальное появление продольной симметрии в цветке мы можем приписать действию силы тяжести, остальное уже будет делом отбора. Так как, с одной стороны, не подлежит сомнению, что перекрестное опыление, производимое насекомыми, полезно для растения, дает начало более могучему, здоровому поколению, а с другой стороны, очевидно, что для насекомых, посещающих цветы ради их меда, нижняя губа представляет удобную точку опоры, то понятно, что в каждом поколении будут иметь более вероятия на сохране-

ние в жизненной борьбе те именно растения, цветы которых представляют эту двугубую форму в наиболее выраженной степени. Подобным же образом, отчасти вследствие прямого влияния тяжести, отчасти же на основании высказанного выше закона соотношения развития, сначала одна, затем и все три верхние тычинки атрофируются, а две нижние получают увеличенные размеры и, под влиянием отбора, ту своеобразную, полезную для растений форму. Из этого примера мы видим, что для объяснения происхождения какой-нибудь, хотя бы очень сложной, формы достаточно показать, что первоначальное изменение могло возникнуть под влиянием физических сил (действующих редко на вполне развитый, чаще на зачаточный организм), показать далее существование постепенных переходных форм, доказать, наконец — и это главное, — полезность для организма этого превращения, и тогда станет вполне понятным, что под влиянием *естественного отбора* подобная форма могла и должна была сложиться.

Таким образом, объяснение гармонии или совершенства органического мира, предлагаемое Дарвином, не нуждается в признании за организмом а priori стремления к совершенствованию, какого-то присущего поступательного движения; напротив, по этой теории, согласно с действительностью, изменения сами по себе безразличны; они могут быть настолько же полезны, как и вредны. Но действием отбора каждое вредное изменение, именно в силу своего вреда, рано или поздно обречено на гибель, каждое полезное изменение передается в следующие поколения. Общее поступательное движение, приближение к совершенству достигается пресечением всего вредного и медленным, постепенным накоплением полезного. Таким образом, совершенство органического мира не представляется необъяснимой, непонятной целью, а вполне понятным результатом достоверных, всем известных причин.

Самым совершенным органом справедливо считают глаз, но и о нем Гельмгольц, лучший знаток этого дела и в то же время человек, не любивший пустозвонных фраз, мог выразиться, что если бы он получил от оптика прибор с

такими недостатками, то вернул бы его для исправления.

Мы видим, следовательно, что теория Дарвина объясняет нам причину совершенства, представляемого организмами, исходя из основных, всем известных и понятных свойств этих тел, не нуждаясь ни в одной произвольной, бездоказательной посылке; в этом заключается ее громадное превосходство перед всеми прежними попытками такого рода. Другое громадное ее преимущество заключается в том, что одно из самых веских возражений, против которого прежние сторонники изменчивости органических существ не могли ничего возражать, эта теория обратила в свою же пользу. Возражение это заключается в отсутствии переходных форм между настоящими, хорошими видами. В самом деле, если виды находятся в родственной связи, то между ними должны же существовать соединительные звенья, промежуточные формы. На это теория Дарвина отвечает: эти формы действительно должны были существовать, но они исчезли, и это исчезновение есть одно из необходимых последствий борьбы за существование и отбора. Прежде чем разъяснить это обстоятельство, заметим, что о переходной форме, связывающей две другие формы, нередко имеют совершенно превратное представление. Полагают, что эта форма должна быть средняя в буквальном смысле, то-есть совмещать в себе признаки двух связываемых форм, между тем как в действительности она может почти не иметь характеристических признаков ни одной из двух. Нередко можно слышать возражение вроде следующего: если береза и дуб находятся в родстве, то покажите нам организм, который был бы полуберезой, полудубом. Такой организм действительно, вероятно, никогда не существовал. Существующие теперь организмы находятся в родстве не потому, что они произошли одни от других, а потому, что они имеют общих родоначальников, и весьма возможно, что, увидев настоящее связывающее звено между двумя современными формами, то-есть форму прародителя, через которого они находятся в родстве, мы не узнали бы ее, так как эта последняя представляла бы в весьма слабой степени или даже, может быть, вовсе не представляла бы именно характеристи-

ческих отличительных признаков своих двух потомков. Поясним на примере из культурных растений. Капуста, например, отличается замечательным разнообразием в развитии своих органов: у одних пород утолщенные листья образуют кочан; у других стебель представляет реповидное вздутие; у третьих соцветия превращаются во всем известные мясистые органы; у четвертых стебель вытягивается и деревенеет, так что из него выделяют трости; наконец, у пятых листья принимают яркую окраску, и т. д. Очевидно, никому не придет в голову предположение, что родоначальник всех этих форм, следовательно, действительная соединительная переходная форма между всеми ими совмещала все эти свойства. И действительно, дикорастущая, родоначальная форма капусты не представляет ни одной из этих крайностей. Таким образом, весьма возможно, что в некоторых случаях настоящая переходная форма ускользает от нашего влияния. Но тем не менее не подлежит сомнению, что в большинстве случаев этих промежуточных форм между видами в настоящее время, действительно, не существует, и, как только что замечено, теория Дарвина видит в этом отсутствии одно из следствий естественного отбора. Для разъяснения прибегаем снова к сравнению с искусственным отбором. Когда начало выясняться несколько разновидностей капусты, то люди, их возделывавшие, очевидно, стали ценить наиболее редких, наиболее крайних представителей; специалист по цветной капусте не заботился о стебле или листьях, лишь бы соцветие было покрупнее, помясистее; специалист по декоративным сортам заботился только об окраске и форме листьев; одно и то же растение не могло давать кочан и трость, и т. д. Понятно, что все растения, не представлявшие крайнего развития одного какого-нибудь признака, а совмещавшие в менее резкой форме несколько признаков, уже не пользовались поддержкой культиваторов, даже истреблялись ими и должны были исчезнуть. Таким образом, появление более резких представителей неизбежно влечет за собою гибель представителей менее резких, вследствие чего порывается связь между крайними формами, получается ряд не связанных между собою разновидностей. Нечто подобное

должно совершаться и в естественном состоянии. В природном состоянии всякая новая форма может возникнуть только в таком случае, если она совершеннее других, а в таком случае она, очевидно, должна вытеснять, выживать эти последние. Далее Дарвин указывает, что для каждого существа полезно как можно более отличаться от себе подобных, потому что чем менее сходства в потребностях двух форм, тем менее между ними будет состязания, тем легче они могут ужить на одном месте, не вступая в борьбу. Сельским хозяевам давно известно, что нельзя долгое время производить одно и то же растение на том же поле, необходимо их сменять из года в год, — на этом отчасти основано плодосменное хозяйство. Но то же, что верно во времени, оказывается верным и в пространстве: сельским хозяевам также известно, что с данной площади можно собрать более сена в том случае, когда растительность будет разнообразная, чем в том, когда она будет однообразная. Значит, едва ли подлежит сомнению, что вновь сложившиеся формы должны теснить, выживать со света своих менее совершенных предков, а из ряда одновременно возникших форм более вероятия на сохранение должны иметь те, которые наиболее между собою различаются. Таким образом, всякая органическая форма, изменяясь, стремится распасться на подчиненные формы, причем порываются связывающие звенья, и в результате получается ряд групп, разрозненных и не представляющих непосредственных переходов, но, несмотря на то, несущих несомненно признаки то очень близкого, то более отдаленного сходства — того, что прежде обозначали неопределенным термином *сродства* и что мы теперь называем просто *родством*. Одним словом, весь современный строй органического мира, с его замкнутыми в себе видовыми, родовыми и другими более крупными группами, подчиняющимися тем не менее законам естественной классификации, является необходимым результатом происхождения организмов путем естественного отбора.

На этом мы замыкаем ту длинную цепь аргументов, которые современная биология, в лице своего гениального представителя Дарвина, может предложить для объяснения причины совер-

шенства или гармонии органического мира. Окинем беглым взглядом все, что нами было сказано по этому поводу. Если большую часть жизненных явлений мы в состоянии разложить на их простейшие физико-химические начала, можем их объяснить ныне действующими причинами, то для объяснения почти всего, что касается формы, мы вынуждены прибегать к причинам историческим. Для того чтобы объяснить этим путем совершенство организмов, мы должны, во-первых, доказать, что они действительно имеют историю, и затем — что это историческое развитие ведет их к совершенству. Согласно свидетельству всех отраслей биологической науки — систематики, сравнительной анатомии, эмбриологии, палеонтологии — убеждает в единстве происхождения органических форм. Препятствием к этому допущению служило только убеждение в постоянстве видовых форм, но критика самого понятия о виде и еще более факты, касающиеся домашних пород, возникших за память человека, устраняют это препятствие. Убедившись, что вся совокупность фактов говорит в пользу и ничто не говорит против заключения, что органический мир имеет историю, мы занялись самою сущностью этого исторического процесса. Исходя из таких несомненных, не нуждающихся даже в доказательстве свойств организмов, каковы изменчивость, наследственность и быстро возрастающая прогрессия размножения, мы вынуждены были притти к заключению, что этот исторический процесс должен необходимо вести организмы к совершенствованию, к тому, что Дарвин метко назвал «естественным отбором». Его теория, следовательно, не предлагает нам объяснения для той или другой специальной формы, для того или другого частного случая; она указывает, каким образом в любом данном случае должно искать это объяснение. Если мы в состоянии обнаружить первоначальную причину изменения и затем указать на последовательный ряд переходных форм (как мы пытались это сделать, в виде примера, по отношению к цветку шалфея), то происхождение самой сложной формы, под условием, чтоб она была полезна для самого организма, не представит нам более ничего загадочного, оно будет делом времени и отбора. Отсюда понятно, почему есте-

ствоиспытатели приветствуют в теории Дарвина учение, венчающее здание современной физиологии; оно действительно представляет искомый ключ для объяснения вопроса о происхождении организмов и причине их совершенства, разрешает тот вопрос, которым мы задались в начале этой лекции.

Поставив себе целью ознакомиться с жизнью растения, мы в первой лекции старались разложить это сложное явление на его элементы, показав, что растение состоит из органов, что эти органы состоят из простейших органов — из клеток, которые, в свою очередь, представляют агрегат известных химических тел. Согласно с этим результатом анализа мы затем в обратном, восходящем, синтетическом порядке ознакомились со свойствами этих веществ, с жизнью клеточки, с жизнью органов, с жизнью целого растения и, наконец, в этой заключительной беседе, с жизнью всего растительного мира. Этим, очевидно, исчерпывается наша задача, оканчивается путь, в котором я взялся быть вашим руководителем, — путь длинный, нередко утомительный, порою скучный, но тем не менее, позволю себе надеяться, не вполне бесплодный. Если хотя для некоторых из вас растение перестанет быть мертвым предметом, ожидающим только латинского ярлыка, или исключительно предметом эстетического наслаждения, но рядом с тем станет источником более глубокого умственного наслаждения; если, благодаря открытиям микроскопа, оно предстанет перед вами выросшим до колоссальных размеров и совершенно прозрачным, так что, заглянув в глубь его бесчисленных клеточек, вы увидите непрерывно, подобно морскому прибою, вращающуюся протоплазму, это начало всякой жизни; если теми же умственными взорами вы будете видеть схоронившийся в земле корень, сосущий и гложащий

частицы почвы, пробегающий свой многоверстный путь; если зеленый лист будет вызывать в вашем уме представление о ничтожной крупинке хлорофилла, в которой совершается величественный и далеко еще не разгаданный процесс превращения солнечного луча в ту химическую силу, которая служит источником всякого проявления жизни на нашей планете; если в цветке с толкущимися вокруг него насекомыми вы не будете видеть одну лишь затейливую форму, а невольно вспомните о чудной связи, соединяющей оба царства природы; если, наконец, заглохший уголок лесной чащи или буйная растительность полевой межи, где столпились и переплелись дикие травы, то расстилая широкую поверхность своих вырезных листьев, то просовывая свои узкие былинки, то покачивая раскидистой метелкой, то обхватывая своими кольцами и взбегая по избранной жертве для того, чтоб с ее верхушки перекинуться на другую, но везде и во всем обнаруживая одно стремление — завладеть возможно большим клочком земли, возможно большею долей воздуха и света, — если эта обычная, знакомая картина невольно пробудит в вас целый строй новых идей о тех законах, которые, управляя органическим миром, неизбежным, роковым образом направляют его к совершенству и гармонии; словом, если при одном взгляде на растение в вашем уме будет возникать нескончаемый ряд вопросов, настойчиво требующих ответа, а быть может, даже западет желание задавать эти вопросы и вымогать на них ответы у самой природы, — в таком случае, я полагаю, наше время не было потеряно, и я могу утешаться мыслью, что, доставив вам в будущем несколько минут сознательного наслаждения природой, успел хотя отчасти, хотя в слабой мере уплатить тот долг признательности, который на меня налагает ваше продолжительное снисходительное внимание.

Учение Дарвина о борьбе за существование в природе представляет собой неправильное истолкование действительных фактов в духе буржуазного учения о конкуренции между всеми природными существами и неизбежности будто бы «войны всех против всех», из которой победителями выходят только сильнейшие по самой своей природе. Все учение Дарвина о борьбе за существование — это результат рассмотрения природы глазами человека капиталистического общества, где кон-

куренция и ожесточенная борьба между членами человеческого общества считаются основой общественного развития и фундаментом для проявления личной инициативы, смекалки и талантов.

Отсюда проповедь ложных истин: «человек человеку волк», «своя рубашка ближе к телу» и т. п.

На самом деле интересы личности сами создаются только общественным развитием и удовлетворяются соответственно с развитием общества.

Так как условия существования человека (условия его жизни в обществе) создаются людьми в самом процессе работы и жизни, в котором люди становятся в определенные отношения друг с другом, а не зависят целиком от природы, как это получается с природными существами в естественной обстановке, то изменения условий существования человека зависят также от людей. Человек с самого своего появления не находит средств своего существования в природе готовыми, а должен создавать их своим общественным трудом.

Нельзя поэтому переносить временные явления общественной жизни, как конкуренцию, свойственную капиталистическому обществу, на природу, рассматривая эти явления как вечные законы природы. В этом была глубокая ошибка Дарвина, перенесшего учение буржуазного социолога Мальтуса в биологию, его «великий промах», как сказал об этом Ф. Энгельс.

В самой природе явления, отмеченные Дарвином в области отношений между существами, происходят или не так, как их видел Дарвин, или, в других случаях, не совсем так, как он их понимал.

Борьба за существование в природе, так, как ее толковал Дарвин, объединяет совершенно разнородные явления: борьбу организмов с окружающей их неживой природой, борьбу между особями различных видов и отношения между особями одного и того же вида.

О «борьбе» существ с окружающей их неживой природой можно говорить только условно, желая подчеркнуть то обстоятельство, что все живые существа не просто пассивно подвергаются изменяющему действию внешних условий, а, во-первых, по возможности сохраняют свою природу, проявляют упорство в ее изменении, и, во-вторых, изменения их природы совершаются на основе ранее накопленной наследственности, и поэтому при действии одних и тех же условий изменения разных организмов, даже в одних и тех же направлениях, будут совершаться по-разному. И, наконец, в борьбе организмов со средой основной закономерностью всегда остается приспособление организмов к изменяющимся условиям, как бы стремление живых существ при любых условиях сохранить жизнь и размножение особей себе подобных.

Отсюда в борьбе организмов с неживой природой ведущей и определяющей была и будет роль внешних условий. Не внешняя среда приспособляется к организмам, а организмы, для того чтобы жить, должны приспособиться к изменяющейся жизненной среде, к порождающей и питающей живые тела природе неживой.

Отношения между существами разных видов бывают разные: антагонистические, симбиотические и как бы нейтральные. Все виды на Земле связаны в единую цепь взаимозависимых существ. Каждый вид так или иначе, прямо или косвенно, живет за счет жизнедеятельности других видов и благодаря ей. Между видами бывает прямая и косвенная борьба, прямая и косвенная взаимопомощь. Так, травоядные животные зависят от травы, и хотя они уничтожают пригодные им растения, они не могут жить и размножаться без размножения растений. Паразиты наносят вред высшим животным и растениям, но сами без них жить не могут. Хищники уничтожают для своего прокормления травоядных и грызунов, но сами существовать без размножения своей живой пищи не могут. С другой стороны, в тех же взаимоотношениях травоядные способствуют, независимо от себя, появлению сложных приспособлений у растений, защищающих жизнь своего потомства: колючек, ядовитых веществ, способности быстро отрастать и т. п. Кроме того, животные, птицы и насекомые способствуют оплодотворению, размножению и расселению растений.

Межвидовая борьба — важный фактор совершенствования и изменения природных существ.

Совершенно иные отношения складываются между особями одного и того же вида. Между ними нет борьбы. *Если бы существовала внутривидовая борьба, тогда бы не было никаких возможностей для образования нового вида.*

В природе можно сколько угодно находить приспособлений растений и животных к межвидовой борьбе, но никто еще не смог найти приспособлений существ к борьбе внутри вида. Равно нет и взаимопомощи внутри вида.

То, что обычно принимают за внутривидовую борьбу, относится на самом деле к проявлению в различной степени процесса образования новых приспособлений существ к условиям их жизни. Так как индивиды неодинаково развивают свои наследственно обусловленные приспособления (закрепление и подавление наследственных признаков условиями жизни) в своих частных условиях существования, то отсюда делался неверный вывод о том, что разные особи по своей природе предечно неравноценны — одни избраны, другие обречены на гибель. Но особи, приспособленные к данным условиям, к данным отношениям, к данным факторам (действительным условиям среды), могут быть и бывают менее приспособлены к другим факторам той же среды. Более приспособленные к условиям данного года могут оказаться менее приспособленными к условиям другого года, и т. д.

Все это зависит от того, что развитие наследственных свойств, как это показал в своих опытах великий преобразователь природы И. В. Мичурин, не предечно, не безусловно, а зависит от сложившихся для данных особей частных их условий существования. Индивидуальные отклонения не остаются наследием только потомства данных особей, а входят в наследственное богатство всего вида благодаря постоянному или периодическому перекресту между особями. Продвижение же жизненной формы (вида, породы) вперед, на новую ступень, происходит, как это показал и сам Дарвин, не за счет единичных изменений, а за счет множества сходных изменений. Единичные изменения благодаря повторному действию сходных условий среды на сходные состояния особей становятся со временем множественными.

В создании нового важен коллектив — вид, популяция, а не одиночки. Размножение особей всех видов происходит в природе согласно геометрической прогрессии: это означает, что в той же степени, в какой размножаются потребители пищи, размножается и их пища. Иначе виды не могли бы жить.

Поэтому размножение особей видов не может вызвать закономерной, действующей как правило, нехватки пищи и других условий для всех нарождающихся существ. Чем больше особей данного вида, тем больше пищи для других видов, так как все виды прямо или косвенно связаны между собой. Поэтому же не может осуществиться безграничное размножение одуванчика или другого вида растений или животных: оно предотвращается тем, что особи данного вида, в особенности на ранних стадиях жизни, служат пищей многим другим видам.

Отсюда фактически невозможны перенаселение особями какого-нибудь одного вида и борьба между ними за недостаточные для всех них и равно необходимые всем им средства существования.

Размножение у различных видов само по себе создано историей развития этих видов — оно есть результат естественного отбора. Размножение особенно усилено у тех видов, особи которых чаще подвергаются истреблению. Не размножение приводит к борьбе, а борьба за жизнь создает усиленное или достаточное для вида медленное размножение. С другой стороны, если вызванное размножение особей становится благоприятным фактором изменчивости в разнообразных условиях, то прогресс той или иной формы возможен и при медленном размножении.

Ф. Дворянкин

РАСТЕНИЕ КАК ИСТОЧНИК СИЛЫ

Разве заронился
В туне хоть единый
Солнца луч на землю?
Или не возник он,
В ней преобразенный,
В изумрудных листьях.
Щербина

ПУБЛИЧНАЯ ЛЕКЦИЯ. ЧИТАННАЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ОБЩЕСТВЕ В С.-ПЕТЕРБУРГЕ в 1875 году

Двойное значение пищи для животного организма — как строительного материала и как источника силы. — Понятие о работе и энергии, актуальной и потенциальной. — Закон сохранения энергии. — Механическая теория теплоты. — Химическое сродство. — Животный организм, рассматриваемый как механизм. — Горение и дыхание. — Необходимость существования в природе процесса, обратного горению и дыханию. — Открытие Пристли. — Разложение углекислоты растением. — Значение этого процесса с точки зрения учения о сохранении энергии. — Роберт Майер. — Производство органического вещества растением. — Хлорофилл, его оптические свойства, объясняющие его значение в природе. — Образование крахмала и белковых веществ. — Экономическое значение процесса, совершающегося в зеленых органах растения. — Теоретический предел производительности земли. — Общий вывод

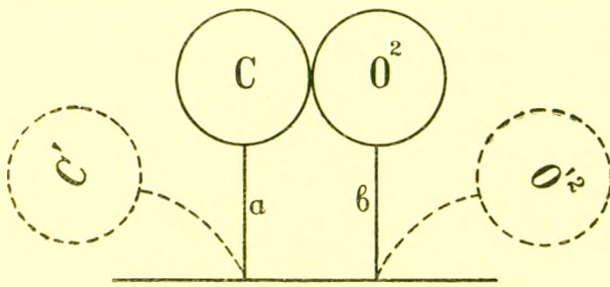
Всякому известно, и не только известно, но и вполне понятно, что если человек будет голодать, то он похудеет. Этот факт не только общеизвестен, но и общепонятен, потому что путем простейшего рассуждения легко логически связать эти два явления — исхудание с отсутствием пищи. Тело человека, как все на свете, изнашивается, расходуется; этот расход покрывается пищей. Нетрудно себе представить, что вещество пищи превращается в вещество нашего тела, хотя, быть может, пройдет еще много времени, прежде чем наука объяснит все подробности этого превращения.

Не менее известно, но уже далеко не так понятна другая сторона действия пищи, другое ее влияние на организм. Отсутствие или недостаток пищи вызывает упадок сил. Голодное животное, голодный человек бессильны. С пищей возвра-

щается и сила. Пища подкрепляет. Чем значительнее работа, которую производит организм, тем более он нуждается в пище. Всякий знает, что если лошади предстоит усиленная работа, то этому можно помочь, увеличив дачу овса. Факт общеизвестен, но для его объяснения уже недостаточно одной сообразительности.

Итак, мы видим, что пища не только служит для построения живого механизма нашего тела, но она же приводит в движение этот механизм. Питаясь, человек или животное не только поддерживает свое тело, что само собой понятно, но и свои силы, что уже требует пояснения. Спрашивается: какая сила может быть скрыта в куле овса, в куле хлеба или мяса? Ответ на этот вопрос далеко не так прост, да и самый вопрос, быть может, не всякому приходил в голову.

Чтобы получить удовлетворительный ответ на



Фиг. 82.

этот вопрос, необходимо познакомиться со свойствами растительного вещества и с условиями его происхождения. Мы говорим — растительного вещества, так как понятно, что животная пища косвенно происходит из растительной. Мясо — не что иное, как переработанная животным организмом трава или зерно.

Но прежде чем приступить к нашей задаче, необходимо условиться относительно точного значения некоторых употребленных нами выражений. Во-первых, что мы разумеем под словом «сила»? Постараемся выяснить это на нескольких примерах. Такой способ изложения научных истин, конечно, нельзя считать точным, но зато это самый легкий и скорый и потому в настоящем случае самый желательный.

Понятие о силе человек выносит из собственного опыта, из личных своих ощущений. Силой он называет сознаваемую в себе способность вызывать или останавливать движение или вообще преодолевать препятствия. Распространяя это понятие на внешнюю природу, он называет силою или силами неизвестные ему причины явлений, то-есть вообще движения. Познакомимся с несколькими примерами проявления силы, начиная с наиболее нам знакомой, с силы наших мышц.

Представим себе два шара (фиг. 82), удерживаемые в положении C и O^2 посредством двух стальных пружин, на которых они насажены.

Для того чтобы раздвинуть эти шары, привести их в положение C' , O'^2 , я должен сделать усилие, затратить силу. Преодолевая сопротивление пружин, отрывая один шар от другого, я, как выражаются в механике, произвожу *работу*. Подобную же работу я произвожу, когда, подымая тяжесть, преодолеваю ее стремление

упасть на землю, так сказать отрываю ее от поверхности земли. Поднятие тяжести представляет нам простейший пример работы; такова, например, работа крючника. Известно, что в подобной работе истрачивается тем более сил, чем более поднимаемая тяжесть и чем более высота, на которую ее нужно внести. Поднятие единицы веса (или, точнее, массы), то-есть фунта, пуда, килограмма, на единицу высоты, то-есть фут, метр и проч., служит единицей работы: пудо-фут или килограммометр будут, следовательно, единицами механической работы, с которыми мы стараемся сравнить, к которым мы приводим всякую другую работу.

Итак, раздвинув эти шары, я произвел работу и при этом затратил известное количество силы, которое измеряется производимой работой. Эти шары на пружинах представляют нечто вроде простейшего динамометра, то-есть прибора, служащего для измерения силы. Но посмотрим, что произошло с нашими шарами. Изменилось их взаимное положение, а вместе с тем в них появилась возможность притти в движение без всякой посторонней силы. Я только отнимаю руки, следовательно не делаю никакого усилия, и шары приходят в движение и, возвращаясь в прежнее свое положение, с силой ударяются друг о друга. Очевидно, в том положении, в которое я привел их своими руками, в них заключается сила, которой в первоначальном положении в них не было; она находится в скрытом состоянии и в каждый момент готова обнаружиться в виде движения.

Этот простой пример наглядно показывает нам два различных состояния, два, так сказать, типа силы: силу явную, открытую, активную, *проявляющуюся* в движении (моей руки, шаров), и силу скрытую, *покоящуюся* в виде запаса, — одним словом, силу натянутой пружины. Озираясь вокруг, мы на каждом шагу замечаем подобные же явления; сила падающей тяжести и сила тягущей, могущей упасть, сила спущенной и сила натянутой тетивы — вот примеры явной и покоящейся силы; наконец, упавшая тяжесть, свободно висящая тетива не заключают вовсе силы ни в действии, ни в виде запаса.

Но очевидно, что эти два типа силы существенно между собой отличны; во втором случае

собственно нет силы, а только возможность ее проявления. Для избежания неясности вследствие обозначения одним словом двух различных понятий лучше употреблять более общее выражение — *энергия*. Под энергией мы будем вообще разумеать способность тела произвести работу. Но этой способностью, как мы только что видели, тела обладают или вследствие своего движения, или вследствие своего положения (тяжесть на высоте, наши раздвинутые шары). Первого рода энергия, то-есть энергия движения, получила название *явной*, *действительной* энергии; энергия же, зависящая от положения тел, получила название *потенциальной*, то-есть энергии в состоянии возможности или *напряжения*. Таким образом, энергия проявляется в виде движения, таится в виде напряжения. Оба вида ее взаимно превращаются; наши шары представляют наглядный тому пример. Явная энергия, которую я затратил на разъединение шаров, не исчезла, а превратилась в потенциальную энергию, в напряжение пружин. В таком виде я могу ее запастись, сохранять и затем, когда понадобится, истрачивать, превращая обратно в явную энергию, в движение, и притом вдруг или исподволь. Подобный запас энергии мы делаем каждый день, заводя свои часы; явная энергия заводящей руки превращается в потенциальную энергию часовой пружины, которая затем исподволь в течение суток принимает форму явной в движении стрелок. Нечто подобное же производит человек, делающий запас на старость или на черный день; он превращает избыток явной энергии, механической или умственной, в потенциальную, с тем чтобы воспользоваться ею, расходовать ее, когда истощится его явная энергия. Куда бы мы ни взглянули, везде в природе мы встречаем те же явления превращения движения в напряжение, и наоборот. Имея постоянно в виду это превращение, мы вскоре убеждаемся, что энергия вообще не возникает, не исчезает, что она вечна. Другими словами, мы убеждаемся, что все количество работы, которое в каждый момент совершается и может быть совершено во вселенной силами природы, не прибывает и не убывает, а пребывает одно и то же. Это самое широкое физическое обобщение, получившее название закона «сохранения силы»

или, правильнее, «сохранения энергии», представляет едва ли не величайшее научное приобретение XIX века.

Нередко представляется случай, где, повидимому, этот закон не оправдывается; кажется, что энергия уничтожается, движение не превращается в напряжение, а исчезает бесследно. Именно такой случай мы имеем в наших шарах. Я их разъединяю и затем отпускаю руку; они ударяются, и в этом ударе, повидимому, расходуется вся энергия, сообщенная им моею рукой; нет в них более движения, нет и возможности движения, то-есть напряжения; очевидно, энергия исчезла. Но это только так кажется. В тот момент, когда шары ударились, когда исчезло движение, возникла, проявилась другая сила — теплота. Ударившись, шары нагрелись. Доказать это в настоящем частном случае было бы несколько хлопотливо, потому что повышение температуры незначительно, но в том, что тела от удара нагреваются, не может сомневаться никто, когда-либо высекавший огонь. Примеры этого перехода попадают на каждом шагу: при сверлении металла стружки сильно нагреваются; трением куска дерева о кусок дерева можно их воспалить; из-под тормоза быстро остановленного поезда сыплются искры; пуля, ударяясь о твердую преграду, отчасти сплавляется. Эти явления превращения механической силы в теплоту давно обращали на себя внимание; они побуждали, например, знаменитого Бойля более чем два века тому назад высказать мысль, получившую полное научное развитие только в настоящее время. «Когда мы вгоняем большой гвоздь в деревянную доску, — пишет Бойль, — то замечаем, что ему нужно сообщить значительное число ударов, чтобы заметно нагреть его; но когда мы его вогнали в дерево до головки, так что он не может более подаваться вперед, нескольких ударов достаточно, чтобы сделать его горячим; пока с каждым ударом молотка гвоздь уходит глубже и глубже в дерево, мы вызываем общее поступательное движение всей его массы, но когда это движение будет задержано, тогда толчок, сообщаемый ударом, не будучи в состоянии вгонять гвоздь далее или раздробить его, должен расходоваться на сильное внутреннее сотрясение частиц, а из подобного движения, как

мы видим, состоит теплота». Современная физика действительно учит, что теплота — не что иное, как весьма быстрое, невидимое, но ощущаемое нами сотрясение частиц тела. Таким образом, движение моей руки через посредство видимого движения шаров превратилось в невидимое движение частиц шаров. Это движение, то-есть теплота, сообщилось сначала ближайшим телам и затем, распространяясь далее и далее, рассеялось в пространстве. Рассеялось, но не уничтожилось. Сила, затраченная мною на разъединение шаров, не исчезла бесследно. В конечном результате, произведя эту работу, я согрел вселенную на неуловимую, неизмеримо малую величину, но все же согрел. Целый ряд исследований показал, что при этом превращении механической работы в теплоту или, наоборот, теплоты в механическую работу наблюдается постоянное строго количественное отношение. Известное количество механической работы, превращаясь, дает начало одному и тому же количеству теплоты, и наоборот. Величину, выражающую это постоянное отношение, называют механическим эквивалентом теплоты. Его определяют различными способами. Вот простейший и самый понятный, хотя и не самый точный. Он принадлежит известному французскому ученому Гирну. В общих чертах он состоит в следующем: тяжелый железный молот заставляют падать с известной высоты на наковальню, на которой лежит кусок свинца; этот кусок свинца от удара нагревается. За единицу работы, как мы видели, мы принимаем килограмметр; за единицу тепла принимают нагревание одного килограмма воды на один градус стоградусного термометра. Зная вес молота и высоту его падения, зная вес свинца и определив, насколько он нагрелся, обладая далее еще некоторыми данными, о которых здесь излишне упоминать, можно вычислить, сколько единиц работы затрачено и во сколько единиц тепла они превратились. Точные определения дают для механического эквивалента теплоты цифру 426. Эта цифра показывает то постоянное отношение, в каком теплота превращается в механическую работу, или наоборот. Она означает, что единица тепла, превращаясь в работу, дает 426 единиц механической работы, то-есть может произвести работу,

равную поднятию 426 килограммов на один метр или одного килограмма на 426 метров. Наоборот, затратив 426 единиц механической работы на нагревание воды, мы можем повысить один килограмм ее на один градус.

Мы видим много примеров превращения механической силы в теплоту; примеры обратного также часто встречаются. Паровая машина служит самым разительным тому примером. Теплота, развиваемая сгорающим топливом, превращается через посредство пара в механическую работу машины. Солнечная теплота испаряет воду с поверхности земли, заставляет ее подняться на значительную высоту и затем, падая на землю, сбегать с высот в равнины и океан, производя на пути механическую работу, например приводя в движение наши мельницы. Та же солнечная теплота, вызывая местное нагревание атмосферы, производит те ужасающие проявления механической силы, которые мы называем вихрем, ураганом и проч.

Итак, теплота превращается в механическую работу и наоборот, и при этом превращении сохраняется строго количественное отношение. Но то же справедливо и относительно других сил природы: света, электричества, химического сродства. Все они способны ко взаимному превращению непосредственно или принимая скрытую форму напряжения и затем проявляясь в ином виде. Только постоянно имея в виду эту возможность взаимного превращения сил, мы убеждаемся в общей справедливости закона сохранения энергии.

Остановимся некоторое время над соотношением между теплотой и химическим сродством, так как это нечувствительно вернет нас к поставленному нами вопросу. Современная химия учит, что атомы разнородных тел одарены притяжением друг к другу, и притом в весьма различной степени. Атомы разнородных тел стремятся друг к другу, как падающие тела стремятся к земле, как эти шары действием пружин стремятся друг к другу. Наша модель, собственно, и должна наглядно изобразить нам этот химический факт. Шар, означенный буквой *C*, представляет нам углерод, шар *O* — кислород. Атомы углерода и кислорода стремятся ко взаимному соединению и при этом образуют угле-

кислоту, в которой на один атом углерода приходится два атома кислорода (CO_2). Также атомы водорода (H_2) стремятся соединиться с атомами кислорода и образуют воду (H_2O), где на два атома водорода — один кислорода. Напротив, атомы углерода и водорода одарены сравнительно слабым притяжением друг к другу и потому, будучи соединены, при первой возможности стремятся каждый в свою сторону соединиться с кислородом, образуя углекислоту и воду.

При этом соединении атомы, так же как и эти шары, должны ударяться друг о друга. Но когда тела ударяются друг о друга, развивается теплота. То же должно оправдываться и относительно ударов атомов. Этот удар, это столкновение частиц углерода и водорода с частицами кислорода и есть то, что мы называем горением. Как при ударе стали о камень проявляются теплота и свет, так при ударе частиц кислорода воздуха о частицы углерода и водорода, из которых состоит наш светильный газ или наш керосин, развиваются теплота и свет, наблюдаемые в их пламени. Все различие состоит в том, что в первом случае мы видим движение, удар и сопровождающие его явления — свет и теплоту; во втором же только видим эти явления, о существовании же столкновения заключаем из его последствий. В самом деле, до горения мы имеем углеводород (то-есть соединение углерода с водородом), светильный газ или керосин и кислород, после горения имеем углекислоту и воду.

Следовательно, каждый атом углерода, водорода или их соединений находится по отношению к кислороду в положении шара C' относительно шара O^2 . Как эти шары, они находятся в напряженном состоянии, представляют запас скрытой, *потенциальной энергии*, которую мы и называем *химическим сродством* или *химическим напряжением*. В разрозненных атомах углерода и кислорода мы видим новый пример скрытой энергии положения, которая при столкновении их, в явлениях горения, переходит в *энергию движения* — в теплоту и свет.

Это напряженное состояние атомов или частиц углерода, это стремление их навстречу частицам кислорода не поражает нас, не бросается нам в глаза в повседневной жизни, потому что

обыкновенно для того, чтобы вызвать это соединение, необходимо сообщить им толчок. Для того чтобы сжечь кусок угля, его нужно поджечь, то-есть процесс горения должен ему сообщиться извне. Но это присущее углероду стремление соединиться с кислородом нагляднее проявляется в явлениях самовозгорания. Давно было, например, известно, что созревшее в стогах сено способно само собою загореться, но только в недавнее время один подобный случай был ближе исследован в Германии. При раскопке больших куч сена, начало самовозгорания которого обнаружилось выходящим из него дымом, оказалось, что внутри кучи оно уже совершенно обуглилось и что этот рыхлый, блестящий, наподобие графита, уголь вспыхивал при первом соприкосновении с воздухом. Затем оказалось, что подобный самовозгорающийся уголь может быть приготовлен искусственно, если обугливать сено в отсутствии воздуха, например в запаянной стеклянной трубке. Приготовленный таким образом уголь воспламеняется, как только придет в соприкосновение с воздухом. Эти и подобные примеры наглядно показывают, что горение, то-есть соединение с кислородом, может происходить само собой, то-есть без предварительного поджигания.

Углерод и водород способны каждый порознь соединяться с кислородом, развивая при этом теплоту и свет; следовательно, они представляют нам запас энергии в виде химического напряжения. Но то же справедливо и относительно соединения углерода и водорода, относительно всякого вообще тела, способного соединяться с кислородом, то-есть способного гореть. Тела, из которых состоят растения и животные, — все органические тела способны гореть, следовательно представляют запас скрытой энергии.

Этим запасом мы пользуемся, сжигая дрова или уголь в наших машинах. При этом скрытая энергия химического напряжения превращается в явную энергию, в движение частиц, то-есть теплоту, которая, в свою очередь, переходит во внешнюю механическую работу, в видимое движение масс, например в движение локомотива.

Но это столкновение атомов углерода и водорода с атомами кислорода может и не сопровождаться таким очевидным освобождением силы,

как в процессе горения; они могут соединяться, не обнаруживая света, не развивая очень высокой температуры. Это происходит, когда соединение совершается не вдруг, а медленно, исподволь. Как в том, так и в другом случае количество тепла, освобождаемого сгоранием известного количества углерода, будет одно и то же; но так как в последнем случае оно распределяется на более продолжительное время, то оно будет менее заметно; примером такого тихого горения может служить дыхание. Все, что дышит, человек или животное, медленно сгорает. В этом нетрудно убедиться; стоит только поставить под стеклянный колокол горящую свечу или посадить живую мышь или птицу, и вскоре увидим, что последствия будут одни и те же: свеча погаснет, животное умрет, а в воздухе, содержавшем прежде кислород и не содержавшем углекислоты, появится углекислота, количество кислорода соответственно уменьшится. Следовательно, углерод всякого животного организма постоянно соединяется с кислородом воздуха, сгорая в углекислоту. Мы вдыхаем кислород, выдыхаем углекислоту.

Для покрытия этого постоянного расхода своего тела человеку необходимо принимать новые количества вещества в виде пищи. Часть пищи играет в организме такую же роль, как топливо в машине, то-есть сгорает, конечно не прямо, а сначала превратившись в вещество нашего тела. То, что теряется для организма как вещество, выигрывается как сила. Мы можем, — говорит знаменитый физиолог Клод Бернар, — считать физиологической аксиомой следующее положение: *всякое проявление деятельности в живом организме необходимо связано с уничтожением части вещества организма*. В организме, как в очаге машины, часть вещества сгорает; при этом обнаруживается теплота или эта теплота превращается в механическую работу, например в работу мышц. В одном фунте пшеничного хлеба, по определению Франкланда, заключается запас скрытой энергии, равняющийся приблизительно 75 000 пудо-футов. Конечно, организм, так же как и машина, не в состоянии превратить в полезную работу весь запас энергии, предоставляемой его топливом, то-есть окисляющимися частями организма; физиологические опыты пока-

зывают, однако, что в этом отношении он далеко превосходит все паровые машины.

Мы подвинулись в разрешении поставленного нами вопроса настолько, что уже знаем, какого рода сила заключается в пище: это скрытая энергия ее углерода и водорода, всегда готовых соединиться с кислородом воздуха. Здесь на пути нашего исследования сам собой возникает новый вопрос. Дрова горят, животные горят, человек горит, все горит, а между тем не сгорает. Сжигают леса, а растительность не уничтожается; исчезают поколения, а человечество живо. Если бы все только горело, то на поверхности земли давно не было бы ни растений, ни животных, были бы только углекислота да вода.

Очевидно, в природе должно существовать явление, обратное горению, то-есть превращение веществ, вполне сгоревших, в вещества, вновь способные к горению. Рядом с образованием углекислоты должен существовать и обратный процесс разложения этой углекислоты, образованной повсеместным горением.

Первый, кого поразила логическая необходимость существования в природе подобного процесса, был ученый Пристли; но само собой понятно, что эта мысль не могла представиться ему в такой форме, с такою определенностью, с такою очевидностью, как она представляется нам, и тем более возбуждает удивление та блестящая дедукция, тот гениальный скачок мысли, которому мир обязан одним из величайших открытий, касающихся жизни органического мира. Пристли целым рядом опытов убедился, что продолжительное горение или продолжительное дыхание в ограниченном объеме воздуха делают этот воздух негодным для дальнейшего горения, для дальнейшего дыхания: свеча в нем тухнет, животное умирает. Таким образом, — рассуждал Пристли, — вся атмосфера должна была бы вскоре сделаться непригодною для горения, для жизни, а между тем сколько уже веков существует мир, а этого не заметно. Очевидно, в природе должен существовать процесс, который этот *испорченный* воздух вновь превращает в *хороший*. Не принадлежит ли эта роль растению? В 1772 году 18 августа Пристли сделал следующий опыт: под стеклянный колпак, поме-

щенный над водой, под которым потухла свеча или задохлась мышь, он ввел растение (мяту) и оставил его несколько времени; растение не только не погибло, но даже продолжало развиваться, и когда по прошествии нескольких дней под колпак была помещена мышь или горящая свеча, то оказалось, что воздух действительно изменился, получил вновь способность поддерживать горение и дыхание. Едва ли когда-либо в какой-либо области знания более простой опыт сопровождался более колоссальным результатом. Одним разом определялись самые характеристические стороны жизни растений и животных и взаимное отношение двух царств природы. Современники оценили всю важность открытия Пристли. Королевское общество присудило ему большую Коплейскую медаль, и президент общества, Прингль, в следующих красноречивых, хотя несколько витиеватых выражениях пояснил всю громадность заслуги Пристли. «Это открытие, — сказал он, — убеждает нас, что не существует бесполезных растений. Начиная с величественного дуба и кончая последнюю мелкою былинкою, все полезны для человека. Если не всегда бывает возможно усмотреть частную пользу отдельного растения, то во всяком случае, как часть общего целого, оно участвует в очищении атмосферы; в этом отношении и благоухающая роза и ядовитая волчья ягода имеют одинаковое значение; в самых отдаленных, необитаемых краях света нет ни одного луга, ни одного леса, которые не находились бы в постоянном с нами обмене; ветер постоянно уносит к ним испорченный у нас воздух, поддерживая их рост и обеспечивая нашу жизнь». Растение делает испорченный дыханием воздух вновь пригодным для дыхания — вот был вывод из опыта Пристли. Последовавшее за тем открытие кислорода и разъяснение состава углекислоты позволили выяснить природу этой связи между двумя органическими царствами. Животное поглощает кислород и выдыхает углекислоту; растение поглощает углекислоту и выдыхает кислород, удерживая углерод при себе. Растение и животное представляют химическую антитезу. Вслед за тем целый ряд исследований показал, что этот процесс разложения углекислоты, очищающий воздух, имеет еще другое, даже

более важное значение. Его следует рассматривать как процесс питания растения. Углерод, остающийся в растении, образует его органическое вещество, то-есть служит для построения его тела. Следовательно, в атмосферной углекислоте мы должны видеть главнейшую пищу растения, хотя еще долгое время эту роль продолжали приписывать черным, перегнойным веществам почвы, но несостоятельность этих воззрений доказана несомненными опытами. Пристли, однако, пришлось испытать одно из самых горьких разочарований, какое только может выпасть на долю ученого. Желая впоследствии повторить опыт, доставивший ему такую громкую и заслуженную славу, он потерпел неудачу; он не мог получить прежних результатов: растения упорно не хотели разлагать углекислоту, не выделяли из нее кислород. Хотя эти неудачи не пошатнули его собственного доверия к прежним опытам, но тем не менее стало очевидно, что от его внимания ускользнуло какое-то существенное условие опыта и потому он не мог его воспроизвести. Это условие, опущенное Пристли, было вскоре открыто Ингенгузом¹, но для того, чтобы оценить это открытие по достоинству, остановимся сначала несколько подробнее на природе самого явления.

Обратимся снова, и в последний раз, к нашим шарам. Мы сравнивали химическое соединение или горение с ударом двух шаров; теплота и свет, при этом освобождающиеся, и служат мерой сродства или напряжения, то-есть взаимного стремления этих тел (что у нас представляется натяжением пружины). Для того чтобы их вновь разъединить, разорвать связь между ними, для того чтобы привести шары в прежнее свободное положение, нужно, напротив, затратить энергию, столько же энергии, сколько освободилось при столкновении. Таким образом, становится очевидным, что явление, обратное горению, должно сопровождаться не освобождением, не развитием энергии, а напротив, поглощением, затратой энергии. Между тем как соединение, горение совершается само собою, разложение, восстановление требует участия посторонней энергии. Для

¹ Таково ходячее мнение, но более тщательное изучение истории вопроса показывает, что и эту сторону вопроса Пристли выяснил ранее Ингенгуз.

того чтобы сжечь кусок угля, его нужно только поджечь, и затем он горит уже без постороннего действия. В некоторых случаях мы видели, что уголь может даже загореться сам собой, как только придет в соприкосновение с кислородом воздуха. Напротив того, для разложения углекислоты или воды нужно подвергать их действию очень высокой температуры. Прежде даже полагали, что разложение таких прочных соединений невозможно иначе, как при содействии третьего тела, которое было бы одарено большим сродством к кислороду и отнимало бы его у водорода и углерода. Но в сравнительно недавнее время химики обратили внимание на явления разложения без участия третьего тела, на явления распада или, как их называют, диссоциации. Для того чтобы подвергнуть диссоциации углекислоту или воду, их нужно пропускать через раскаленные трубки. Под влиянием сообщаемого их частицам движения, то-есть теплоты, соединения как бы расшатываются и распадаются на свои составные начала, которые должны быть удаляемы по мере появления, иначе они могут вновь соединиться, и мы не получим полного разложения. Отношение между теплом, выделяемым при соединении, и теплом, поглощаемым при разложении, строго определенное. Сколько единиц теплоты выделяется при сгорании фунта углерода в углекислоту, ровно столько же единиц должно поглотиться при восстановлении этого фунта углерода из углекислоты.

Этим путем мы прямо приходим к заключению, что разложение углекислоты, совершающееся в растении, должно сопровождаться поглощением теплоты или вообще энергии и что мерой этого поглощения должно служить количество углерода, отлагающееся таким образом в растении. Но откуда же возьмет растение эту необходимую для него энергию? Само создать ее оно не может — энергия не создается. Очевидно, оно должно получить ее извне. Разложение углекислоты в растении может происходить только при условии постоянного притока энергии из внешнего источника. Вот это-то условие и ускользнуло от внимания Пристли; открытие этого ус-

ловия составляет заслугу Ингенгуза¹. Ингенгуз показал, что разложение углекислоты в растении происходит не иначе, как под влиянием солнечного света. Растения в первоначально не удававшихся опытах Пристли, вероятно, не получали достаточно света, потому они и не разлагали углекислоты.

Солнце, солнечный луч, и есть та сила, которая расшатывает и разъединяет частицы углерода и кислорода, когда в растении происходит разложение углекислоты. Для непривычного уха может показаться странным выражение: солнечный луч — сила. Из ежедневного опыта мы знаем только, что очень приятно погреться на солнце, что порою эта теплота становится, пожалуй, более чем приятной, но нужно длинное сцепление умозаключений и вычислений, чтобы убедить нас, что это не только сила, но и громадная сила, — мало того, что это почти единственная сила, которою человек пользуется для своих целей. В самом деле, кроме силы морского прилива, которым пользуются в нескольких портах Европы и который зависит от силы притяжения луны (и солнца), все остальные двигатели, все остальные источники силы прямо или косвенно зависят от силы солнечных лучей. Падение воды в реках, движение воздуха в атмосфере, приводящее в движение мельницы и ветрянки, обязаны своим происхождением солнцу. Скрытая энергия, представляемая топливом, как мы только что успели увидеть и увидим еще подробнее, происходит от солнца. Даже столь отдаленные, повидимому, явления, как явления электричества, которым мы пользуемся для своих практических целей, могут быть связаны с деятельностью солнца. В вольтовой дуге, получаемой при помощи гальванической батареи, нам светит солнце, и это нетрудно доказать. Электрический ток, накаливающий угли, зависит от того, что в батареях окисляется, сгорает известное количество металлического цинка. Но этот цинк не находится в природе в металлическом состоянии, он встречается в соединении с кислородом, то-есть вполне сгоревшим; для того чтобы его раскислить, сделать вновь способным к горению, нужно отнять у него кислород; этого дости-

¹ Как замечено выше, первые опыты в этом направлении сделаны также Пристли.

гают при помощи угля, который отнимает у цинковой руды кислород, а сам сгорает в углекислоту. Но этот уголь, древесный или каменный, произошел в растении из углекислоты, разложенной солнечным лучом. Вот длинный путь, соединяющий луч солнца с лучом электрического света. Явная энергия солнечного луча, потраченная на разложение углекислоты в растениях, приняла форму скрытой, потенциальной энергии, какою обладает освобожденный из углекислоты углерод; эта потенциальная энергия углерода в процессе восстановления цинковой руды перешла на цинк; углерод сгорел, но получился металлический цинк, способный гореть. В гальванической батарее цинк окислился, сгорел, и его потенциальная энергия приняла форму явной в виде электрического тока, который, накалив угли, проявился в виде света. Такова сложная цепь превращений энергии, связывающая явления, совершающиеся на Земле, с деятельностью солнца. Но мы можем составить себе более определенное понятие о значении солнечного лучеиспускания, сделав примерную оценку того количества энергии, которое доставляется нам солнцем. Мы можем определить, какое количество единиц тепла солнце посылает на известную квадратную площадь земли, а зная механический эквивалент теплоты, в состоянии выразить энергию солнечного луча в единицах механической работы. По вычислениям Мушо, солнечный свет, выпадающий в Париже в ясный день на поверхность одного квадратного метра, может в течение восьми или десяти часов производить работу, равняющуюся примерно работе одной лошадиной силы. Эриксон вычислил, что если бы можно было утилизировать всю солнечную теплоту, выпадающую на крыши филадельфийских домов, то ее было бы достаточно для 5000 паровых машин в 20 сил каждая. Вычисляя далее, какие колоссальные цифры представляет количество тепла, выпадающего на квадратную милю, он восклицает: «Архимед при помощи рычага брался поднять мир. Я же утверждаю, что, концентрируя солнечную теплоту, можно получить силу, способную остановить Землю на ходу». Мушо и Эриксон не ограничились, впрочем, только цифрами: они представили опыты, наглядно пока-

зывающие, какой запас энергии представляют солнечные лучи. Мушо сделал несколько очень простых приборов, в которых при помощи одной солнечной теплоты можно кипятить воду, варить суп и овощи, печь хлеб; наконец, он сделал несколько паровых и воздушных машин, приводимых в движение солнцем. Из всех применений солнечного света, предлагаемых Мушо, едва ли не всего интереснее солнечные насосы для орошения полей. Эти насосы не только действуют даровой силой, но и действуют вполне целесообразно, то-есть регулируются самою потребностью в воде, так как дают тем более воды, чем сильнее освещение, а следовательно — чем сильнее засуха¹.

Всего сказанного достаточно, чтоб убедить нас, что солнечный свет представляет могучий источник силы и что эта сила разлагает в растении углекислоту. Самое растение не в состоянии дать необходимую для того силу; оно служит, если можно так выразиться, только механизмом, приводом для приложения силы солнца.

Следовательно, и в физическом, как и в химическом, отношении растение представляет совершенную противоположность животному. Жизнь растения представляет постоянное превращение энергии солнечного луча в химическое напряжение; жизнь животного, наоборот, представляет превращение химического напряжения в теплоту и движение. В одном заводится пружина, которая спускается в другом.

Не следует, однако, думать, чтобы значение солнечного света стало понятно, как только Пристли и Ингенгуз открыли факт его участия в процессе разложения углекислоты. Прошло более полустолетия, прежде чем выработалось настоящее научное, механическое представление об этом процессе. Этим успехом наука главным образом обязана Майеру и Гельмгольцу. Между тем как прежде могла быть речь только о каком-то непонятном благотворном влиянии света, Майер первый ясно высказал мысль, что солнечный свет при этом не только влияет, но и в буквальном смысле затрачивается, расходуется, по-

¹ См. мою статью «Борьба растения с засухой» в сборнике «Земледелие и физиология растений», Москва, 1906 г. (Статья помещена в конце этой книги. *Ред.*)

глощается растением, что живая сила луча при этом превращается в химическое напряжение, что этим запасом солнечной энергии мы пользуемся в нашем топливе, в жизненных процессах нашего организма и т. д. Но предоставим лучше ему самому говорить своим несколько витиеватым, но красноречивым, образным языком. «Природа, — говорит он, — повидимому, поставила себе целью уловить на лету изливающийся на Землю свет и, обратив эту подвижнейшую из всех сил в неподвижную форму, в таком виде сохранить ее. Для достижения этой цели она облекла земную кору организмами, которые в течение жизни поглощают солнечный свет и на счет этой силы образуют непрерывно накапливающийся запас химического напряжения. Эти организмы — растения. Растительный мир представляет склад, в котором лучи солнца задерживаются и запасаются для дальнейшего полезного употребления. От этой экономической заботливости природы зависит физическое существование человечества, и уже один взгляд на роскошную растительность вызывает инстинктивное чувство благосостояния».

Таким образом, в разложении углекислоты и образовании органической массы растения мы имеем все условия какого-нибудь технического производства. Мы имеем двигатель — солнечный луч, машину, к которой прилагается этот двигатель, — растение, сырой материал — углекислоту, обработанный продукт — органическое вещество растения.

Рассмотрим поближе самый механизм этого процесса.

Познакомимся прежде всего с источником силы, с солнечным лучом. Известно, что луч солнечного света или какого другого белого источника неоднороден: он состоит из множества разнородных лучей, отличающихся, между прочим, своим цветом. Обыкновенно различают лучи семи цветов. Цвета эти — цвета радуги: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Это разложение белого цвета на его составные семь цветов производят всего проще при помощи стеклянной призмы. Если в оконной ставне на солнечной стороне сделать небольшое отверстие, то проникающие через него солнечные лучи дадут на полу изображение

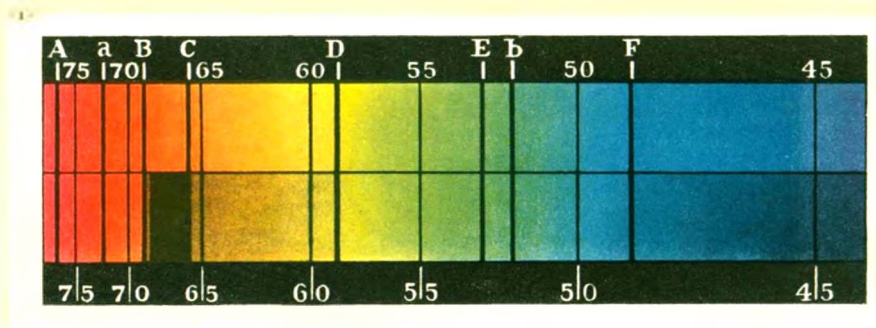
солнца в виде светлого круглого пятна; но если перед отверстием поставить призму ребром вниз, то изображение переместится на стену, и вместо круглого пятна получится полоса, окрашенная в только что перечисленные семь радужных цветов: с одного края будет красный, с другого — фиолетовый. Эта радужная полоса называется *спектром*. Когда луч белого света падает на поверхность какого-нибудь тела, он отчасти или вполне поглощается. Если все лучи будут поглощены телом, то поверхность будет черной; если все лучи будут отражены в одинаковой степени, то поверхность будет белой. Если же часть лучей будет поглощена, часть отражена, то тело будет окрашено в цвет тех лучей, которые, отражаясь от тела, попадут нам в глаз. То же справедливо и относительно прозрачных тел: если тело поглощает все лучи, оно непрозрачно, черно; если оно пропускает все лучи, оно вполне прозрачно, бесцветно, как вода или стекло. Если же тело задерживает одни лучи и пропускает другие, то оно будет окрашено в цвет тех лучей, которые оно пропускает. Если луч, отраженный от цветного тела или прошедший через цветное тело, будем разлагать призмой, то, очевидно, получим уже не полный семицветный спектр, а такой, в котором поглощенные лучи будут отсутствовать.

Подобное явление представляет нам растительность. При ярком, белом солнечном свете лес или луг представляются нам зелеными; ясно, что, получая белый свет, отражая зеленый, лист должен был поглотить, удержать часть полученного света.

Прежде чем делать из этого факта какой-нибудь вывод, посмотрим ближе, от чего зависит зеленый цвет листьев. Какую бы зеленую часть растения мы ни стали исследовать под микроскопом, мы вскоре убедимся, что она сама по себе бесцветна; она состоит из пузырьков, называемых клеточками, стенки которых прозрачны, как стекло, а наполняющая их жидкость бесцветна, как вода. Но в этой жидкости заключены тельца, или крупинки, яркоизумрудного цвета. Эти тельца носят название *хлорофилла*, или *листозелени*. Этим крупинкам хлорофилла растение обязано своим зеленым цветом, подобно тому, как кровь обязана своим цветом плавающим

в бесцветной плазме кровяным тельцам. Теперь посмотрим, что станет с лучом солнца, когда он упадет на поверхность зеленого листа: какие лучи пройдут через лист, какие задержатся в нем? Для этого стоит только пропустить луч света через лист и затем разложить этот луч призмой, и тотчас увидим, какое изменение произойдет в спектре. Те лучи, которые будут отсутствовать в спектре, то-есть те, вместо которых в спектре будут черные промежутки, очевид-

нее) не будут поглощены, в спектре будет яркая зеленая полоса; синие и фиолетовые лучи будут также поглощены. Следовательно, вместо всех семи цветов в спектре хлорофилла мы увидим только полосу темнокрасного цвета и другую — яркозеленого цвета; обе полосы будут разделены черным промежутком. Из этого мы можем заключить, что получаемый нами от растения зеленый цвет не чисто зеленый, а смесь зеленого и красного. В справедливости этого мож-



Фиг. 83.

но, остались в листе, поглотились его веществом. Мы можем сделать этот опыт еще точнее: так как цвет растения зависит от хлорофилла, мы постараемся изучить поглощение света хлорофиллом. Хлорофилл можно извлечь из листьев спиртом. Всякому известно, что настойка на зверобойных, полынных и других листьях окрашивается в превосходный зеленый цвет: это — цвет хлорофилла. Следовательно, вместо почти непрозрачных листьев мы можем взять для опыта совершенно прозрачный настой хлорофилла. Этот раствор в стеклянном сосуде мы поместим на пути светового луча и затем разложим этот луч призмой. Вот какой спектр представит нам луч света, прошедший через яркий зеленый раствор хлорофилла. Крайние красные лучи (от A до B, фиг. 83) пройдут не поглощаясь; на месте же самых ярких красных, оранжевых и части желтых в спектре будет черная полоса (фиг. 83, от B до D)¹; зеленые лучи (от D и немного пра-

но убедиться весьма простым и любопытным опытом. Самое обыкновенное, встречающееся в продаже синее стекло, поглощая зеленые лучи, пропускает часть красных. Понятно, что если смотреть через такое стекло на зеленую растительность, то оно, поглощая посылаемые в наш глаз зеленые лучи, будет допускать до него только красные. Немецкие оптики воспользовались этим фактом для того, чтобы предложить публике под несколько замысловатым названием *эритрофитоскопа* довольно забавный инструмент. Это просто синие очки, но стоит их только надеть, и весь мир представляется «в розовом свете». Под ясным синим небом разворачивается фантастический ландшафт с кораллово-красными лугами и лесами. На этот факт не мешало бы обратить внимание иным живописцам, нередко угощающим в своих ландшафтах невозможной, никогда не виданной малахитовой зеленью. По всей вероятности, в этих неудачных попытках художники стремятся изобразить возможно чистый зеленый цвет, между тем как

¹ Фигура 83 представляет изображение солнечного спектра и спектра поглощения хлорофилла. Самая черная часть последнего лежит в красной части спектра. Фотографирование этих спектров до последнего времени представляло значительные трудности. Летом 1893 года мне удалось получить вполне удовлетворительные фотографии, которые и были мною показаны на съезде

естествоиспытателей и врачей в Москве, в январе 1894 года. Буквы обозначают так называемые фразиферовы линии солнечного спектра.

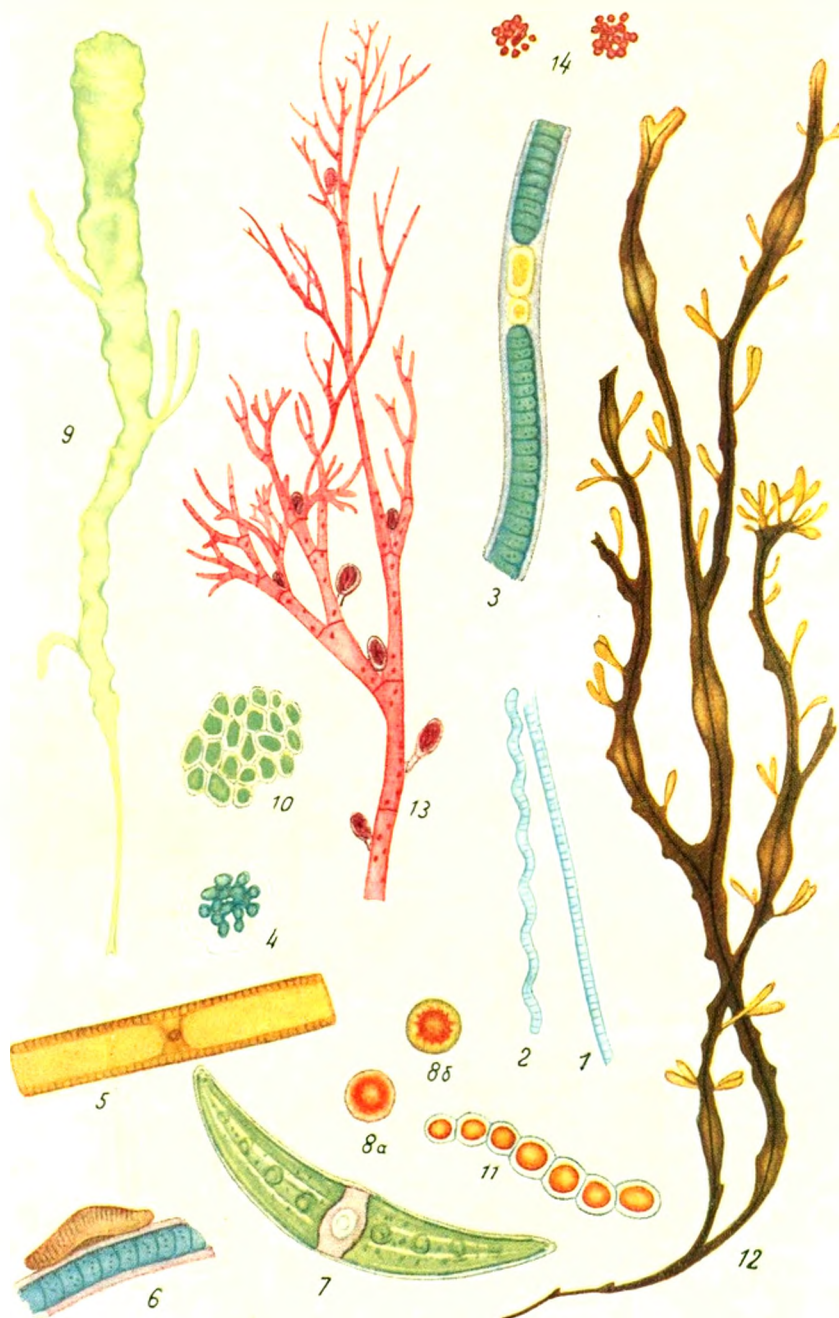
цвет растительности именно смешанный, зелено-красный¹.

Но вернемся к нашей цели. Мы желали узнать, какие лучи света поглощаются растением, и узнали, что хлорофилл поглощает известные красные, оранжевые и желтые лучи, вследствие чего в его спектре на этом месте появляется черная полоса. Тот же факт можно проверить над отдельным хлорофилловым зерном под микроскопом. Вместо того чтобы прокладывать спектр на стене, можно при помощи собирательного стекла получить его под микроскопом, и в этом спектре, величиной с булавочную головку, рассматривать крупинку хлорофилла. Мы тогда увидим, что эта крупинка представляется прозрачно-зеленой в зеленой части спектра, прозрачно-красной — в крайней красной и совершенно непрозрачной, черной, как уголь, в тех красных лучах (обозначенных на фиг. 83 буквами BC), которые поглощаются раствором. Значит, и живые крупинки хлорофилла поглощают эти лучи.

Итак, известные солнечные лучи, упав на растение или, точнее, на заключающиеся в его клеточках крупинки хлорофилла, поглощаются, скрываются, перестают быть светом. Но ведь энергия не исчезает, она может только превращаться, производить работу, переходя при этом в состояние напряжения. Какую же работу будут производить эти лучи в растении? Вспомним, что мы пришли только что к заключению, что солнечные лучи должны производить в растении работу разложения углекислоты. Естественно рождается вопрос, не будет ли эта работа происходить именно на счет лучей, поглощаемых хлорофилловыми зернами. Это предположение приобретает еще более вероятия, когда узнаем, что хлорофилловое зерно и есть тот орган, тот прибор, в котором происходит разложение углекислоты. Уже Пристли заметил, что разложение углекислоты, выделение кислорода происходит только в зеленых частях растения, то-

есть в листьях или зеленых стеблях. Он мог даже прямо указать, что это действие принадлежит зеленому веществу. Если оставить в светлом месте сосуд с водой или каким-нибудь настоем, то на стенках этого сосуда вскоре появляется зеленый налет. Теперь мы знаем, что этот налет состоит из микроскопических растений — водорослей; при жизни Пристли это не было известно, и налет этот так и называли «материей Пристли». Пристли мог показать, что эта материя выделяет кислород. Этот опыт уже показывал, что и вне листа или стебля зеленое вещество разлагает углекислоту, что именно ему следует приписать эти отправления. Но потом возникли новые сомнения: существуют растения не зеленые и тем не менее разлагающие углекислоту; таковы многочисленные красные, черные и другие пестролистные растения, в последнее время более и более завоевывающие наши цветники и оранжереи; таковы также бурые и красные водоросли, населяющие морское дно. Но и здесь дело объяснилось очень просто. В пестролистных растениях цвет зависит от присутствия в соке клеточек ярких растворов, которые маскируют, скрывают зеленые зерна хлорофилла, но под микроскопом эти зерна нетрудно обнаружить. Еще легче обнаружить их следующим образом: стоит обмакнуть красный или почти черный лист какого-нибудь *Coleus* или другого пестролистного растения в слабый раствор сернистой кислоты, и он тотчас позеленеет. Это зависит от того, что сернистая кислота, обесцвечивая красный раствор, не действует на хлорофилл. Несколько труднее было доказано присутствие хлорофилла в морских водорослях. В них и под микроскопом нельзя было найти зеленых крупинок, все они окрашены в бурый или красный цвет, но химическим путем можно было доказать, что эти крупинки содержат зеленый хлорофилл, только скрытый другим веществом. Впрочем, гуляя по берегу моря, нетрудно в этом убедиться простейшим наблюдением. Выброшенные на берег и разлагающиеся водоросли нередко представляют все переходы от свойственных им цветов к зеленому; это зависит от того, что в мертвых растениях яркие цветные вещества вымываются водой, между тем как хлорофилл не растворяется. Итак, разложение углекислоты

¹ Не обладая необходимыми техническими сведениями, конечно трудно дать в этом отношении какой-нибудь определенный совет. Из всех минеральных зеленых красок хромовая зелень всего ближе подходит по спектру к хлорофиллу, так как ее зеленый цвет состоит из смеси красных и зеленых лучей. Очевидно только то, что из смеси желтой и синей (спектрально-синей) краски нельзя получить зеленый цвет, сходный с зеленью листьев.

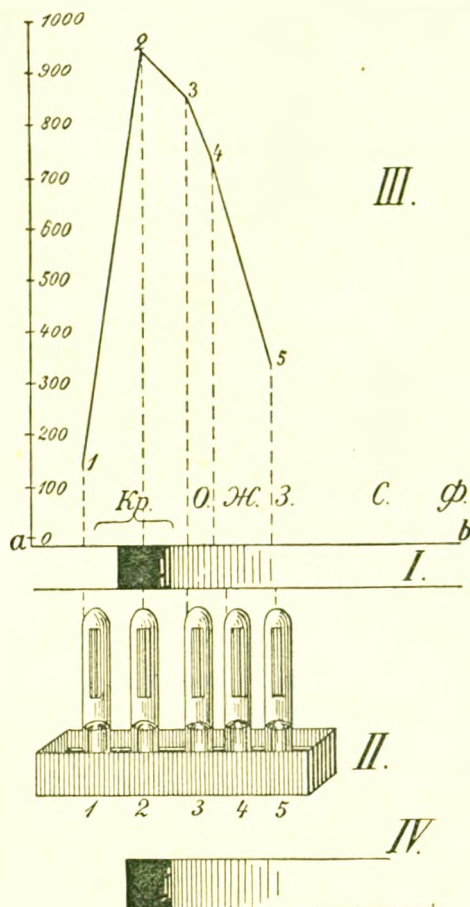


Окраска водорослей. Синие-зеленые водоросли: 1 — осциллария, 2 — артроспира, 3 — сцитогема, 4 — микроцистис. Кремнеземки: 5 — пиннулярия, 6 — эптемия (на нити сцитогема). Зеленые водоросли: 7 — кластерий, 8 — гематоккок, 9 — антероморфа, 10 — часть ее под сильным увеличением, 11 — трантеполия. Бурые водоросли: 12 — аскофиллум. Красные водоросли: 13 — пилота.

происходит только в частях, заключающих хлорофилловые зерна. Это правило не представляет исключения. В хлорофилловом зерне мы должны видеть, как сказано выше, тот аппарат, тот механизм, к которому прилагается сила солнечного луча. Весьма любопытно было проверить на опыте справедливость высказанного предположения, не будет ли разложение углекислоты происходить именно на счет лучей, поглощаемых хлорофиллом. Для этого стоило только повторить опыт Пристли одновременно в различных частях спектра. Опыт произведен был следующим образом: взят ряд стеклянных трубочек (фиг. 84, II, 1, 2, 3, 4, 5), наполненных смесью воздуха с несколькими процентами углекислоты и заключающих по одному зеленому листу одинаковой величины и с одного и того же растения; этот ряд трубочек выставлен в солнечный спектр, полученный в совершенно темной комнате, и по прошествии нескольких часов посредством анализа газов определено, в каких трубках разложилась углекислота, в каких нет, в каких разложилось ее много, в каких — мало.

Опыт вполне подтвердил предположение. Оказалось, что разложение углекислоты происходило только в тех лучах, которые соответствуют черной полоске в спектре хлорофилла (фиг. 84, I, Кр. и фиг. 83, между B и D), так что те лучи, которые не поглощаются хлорофиллом, не разлагают углекислоты, те же, которые поглощаются, разлагают тем сильнее, чем сильнее поглощаются. На фигуре 84, III это показано в так называемой графической форме. На линии *ab* восстановлены перпендикуляры, высота которых выражает количество углекислоты, разложенной в соответствующих частях спектра (I) в трубках 1, 2, 3, 4, 5 (II). Ломаная линия 1-2-3-4-5 (III) наглядно показывает, в какой части спектра всего энергичнее разлагается углекислота.

Таким образом, с одной стороны, спектральное исследование показывает, что известные солнечные лучи, пролетевшие без изменения необозримое мировое пространство, встретив на своем пути зерно хлорофилла, перестают быть светом, скрываются, производя при этом, конечно, какую-нибудь работу. С другой стороны, только что описанный опыт в спектре прямо указывает, что именно эти лучи вызывают разложение



Фиг. 84.

углекислоты на углерод и кислород, затрачивая на эту химическую работу. Очевидно, мы вправе заключить, что между приходом и расходом энергии в растении усматривается полная соответственность.

Мы познакомились, таким образом, с источником силы и с аппаратом, к которому эта сила прилагается, то-есть с хлорофилловым зерном. Мы видели, как при этом производится работа; остается посмотреть, какой получается продукт, остается проследить дальнейшую участь освобожденного из углекислоты углерода, узнать, что образуется из него в растении. Нашему любопытству в этом отношении может удовлетворить микроскоп.

Мы берем какой-нибудь зеленый орган, например лист, и отрезаем от него пробу для исследования под микроскопом или, еще лучше, берем такое растительное тело, которое можно

прямо наблюдать под микроскопом; таковы, например, зеленые водоросли, так называемая тина. Убедившись, что в зернах хлорофилла не заключаются никаких посторонних тел¹, мы выставляем исследуемый зеленый орган на солнце в воздухе или искусственной атмосфере, содержащей углекислоту, то-есть помещаем его в такие условия, при которых он может разлагать углекислоту. После более или менее продолжительного действия солнца мы вновь подвергаем хлорофилловые зерна микроскопическому исследованию и находим в них какие-то бесцветные крупинки, которых в них прежде не было. Эти крупинки состоят из крахмала, как в этом нетрудно убедиться. К числу особенностей крахмала принадлежит его способность окрашиваться при действии раствора иода в темносиний цвет. По этому-то признаку мы и узнаем его в зернах хлорофилла. В отсутствии света или углекислоты описанного появления крахмала не замечается, откуда мы вправе заключить, что появление его есть следствие разложения углекислоты. В подтверждение этого взгляда говорит еще и та быстрота, с которой одно явление сопровождается другим. Через несколько секунд после того, как луч солнца упал на поверхность листа, можно обнаружить разложение углекислоты и через пять минут уже можно заметить появление крахмала в хлорофилловых зернах. Но эта связь двух процессов становится еще очевиднее, когда обратим внимание на химический состав крахмала. Крахмал может служить представителем, типом группы растительных веществ, получивших название *углеводов*. Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода; свое название они получили потому, что в них водород и кислород находятся в таком же отношении, как в воде, так что они как бы состоят из угля и воды. Для того чтоб из углекислоты и воды образовать углевод, очевидно, нужно только отнять весь кислород углекислоты, то-есть произвести именно то, что происходит в растении, когда разлагается углекислота. Углеводы, следовательно, имеют именно такой состав, какой

можно ожидать от веществ, образующихся в растении из углекислоты и воды.

Таким образом, микроскоп вполне подтверждает результаты, полученные путем анализа. Когда в хлорофилловом зерне разложилась углекислота, в нем образуется углевод. Самым убедительным доказательством этой связи служит следующий опыт. На лист живого растения, предварительно лишенный крахмала, отбрасывают в темной комнате яркий солнечный спектр. Через несколько часов лист срывают, обесцвечивают спиртом и обрабатывают раствором иода; оказывается, что крахмал образовался только в тех частях спектра, которые поглощаются хлорофиллом, и тем обильнее, чем сильнее поглощение; другими словами, на листе получается отпечаток спектра хлорофилла, состоящий из крахмала, окрашенного иодом почти в черный цвет (фиг. 84, IV — сравни с фиг. 83 и 84, I).

Группа углеводов представляет преобладающую составную часть растительной пищи: так, крахмал составляет $\frac{3}{4}$ веса пшеничного зерна и $\frac{4}{5}$ сухого вещества картофеля. Кроме крахмала, к этой группе относится много других веществ, как, например, сахар и клетчатка, то-есть то вещество, из которого состоит весь твердый остов растений, начиная с тонких былин и кончая стволами деревьев. Все эти тела имеют сходный состав и различаются только большею или меньшею степенью уплотнения и другими физическими свойствами. Сахар, например, растворим в воде, крахмал нерастворим, но сильно разбухает, образуя клейстер; клетчатка мало разбухает. В известном смысле можно сказать, что крахмал — уплотненный сахар, клетчатка — уплотненный крахмал. Из крахмала легко могут произойти другие углеводы. Сахар мы получаем из него даже искусственным путем, приготовляя картофельную патоку. Клетчатка еще не получена из него искусственно, но, несомненно, происходит из него в растении: так например, при прорастании хлебных зерен их крахмал превращается в клетчатку, из которой построен росток.

Вторую после углеводов, преобладающую группу растительных веществ представляют белковые вещества, так названные по их сходству с яичным белком. Пшеничная мука, кото-

¹ Что достигается обыкновенно предварительным, более или менее продолжительным, выдерживанием растения в темноте.

рую мы опять возьмем за образец растительной пищи, содержит около 17% белкового вещества, так называемой клейковины. Значит, за вычетом крахмала и белковых веществ, все остальные вещества в хлебных зернах составляют всего несколько процентов. В состав белковых веществ, кроме углерода, водорода и кислорода, входит еще азот.

Если, как мы видели, крахмал не может образоваться иначе, как при содействии света, то образование белковых веществ в растении не нуждается в свете или вообще в постороннем источнике силы. Зато оно находится в зависимости от присутствия углеводов. Стоит доставить некоторым растениям какой-нибудь углевод, например сахар, и какой-нибудь источник азота, например аммиак, и они вырабатывают из них, хотя бы в совершенной темноте, белковое вещество. Не касаясь не разрешенного еще химиками вопроса об отношении углеводов к белковым веществам, стоя на почве строгого опыта, мы вправе сказать, что растения в состоянии произвести белковое вещество из углевода и аммиака. Физиолог может сказать химику: дайте мне сахару и аммиаку и одну клеточку — и я вам дам сколько угодно белкового вещества. Конечно, такое производство, может быть, не было бы особенно выгодно, но для нас в настоящую минуту важен только факт, что оно теоретически возможно.

Не вдаваясь в подробности относительно происхождения других растительных веществ, менее существенных для человека, чем белковые, мы можем распространить на них то, что сказали о белковых, и, таким образом, приходим к заключению, что участие солнечного света необходимо только для образования крахмала или вообще углеводов из углекислоты и воды; все же остальные тела могут произойти в отсутствии света.

Теперь только мы в состоянии вполне оценить значение процессов, совершающихся в хлорофилловом зерне под влиянием света.

Во-первых, с химической точки зрения, это — тот момент, когда неорганическое вещество, углекислота и вода, превращается в органическое, — здесь лежит источник и начало всех разнородных веществ, из которых слагается весь органи-

ческий мир. С другой, с физической точки зрения, хлорофилловое зерно представляет тот прибор, в котором улавливаются солнечные лучи, превращающиеся в запас для дальнейшего употребления.

Растение из воздуха образует органическое вещество, из солнечного луча — запас силы. Оно представляет нам именно ту машину, которую обещают в будущем Мушо и Эриксон, — машину, действующую даровой силой солнца. Этим объясняется прибыльность труда земледельца: затратив сравнительно небольшое количество вещества — удобрения, он получает большие массы органического вещества; затратив немного силы, он получает громадный запас силы в виде топлива или пищи. Сельский хозяин сжигает лес, стравливает луг, продает хлеб, и они снова возвращаются к нему в виде воздуха, который при содействии солнечного луча вновь принимает форму леса, луга, хлеба. При содействии растения он превращает не имеющие цены воздух и свет в ценности. Он торгует воздухом и светом.

Изложенными соображениями сами собою разрушаются высказываемые иногда учения о том благосостоянии, которое ожидает человечество, когда химики откроют тайну синтеза сложных органических веществ, когда они откроют способ искусственного приготовления питательных веществ. Судя по тому, что уже осуществила синтетическая химия, едва ли можно сомневаться, что будущее, может быть отдаленное будущее, осуществит эти ожидания. По крайней мере, между тем, что уже сделано, и тем, что предстоит сделать, нет такого коренного различия, которое делало бы эту надежду невероятной. Но если пища будет получаться искусственно, то не падет ли земледелие? Не утратит ли земля всякую цену? Не изменится ли весь экономический строй? Посмотрим, справедлива ли такая догадка. Мы видели, что образование органического вещества требует затраты силы. Фунт хлеба, сгорая, освобождает около 890 единиц тепла; следовательно, на его образование, все равно естественным или искусственным путем, нужно затратить, по крайней мере, такое же ко-

личество тепла или вообще энергии. Откуда же взять ее? Единственным даровым источником энергии остается все то же солнце. Следовательно, нашим отдаленным потомкам для получения их искусственных питательных веществ придется все же подражать растению, покрыв поверхность Земли искусственными поглотителями солнечных лучей. И нельзя сказать, чтобы это подражание было очень легко, потому что растение, с этой точки зрения, представляет весьма совершенный прибор. Простой взгляд на густую луговую траву уже убеждает, что почти всякий клочок почвы идет в дело, но вычисление доставляет еще более красноречивые данные. Так например, вся листовая поверхность клевера в 26 раз превосходит площадь земли, занимаемую этим растением, так что десятина, засеянная клевером, представляет для поглощения лучей солнца зеленую поверхность в 26 десятин. Другие растения дают более высокие цифры.

Здесь сам собою возникает другой любопытный теоретический вопрос: можем ли мы при посредстве растения беспредельно увеличивать количество органического вещества, собираемого с известной площади? Можем ли мы надеяться, что при помощи новых улучшений будем беспредельно увеличивать производительность нашей почвы, или для нее существует предел? Это — вопрос о будущих судьбах человечества. Имеющиеся у нас данные позволяют разрешить этот вопрос утвердительно: предел есть, и мы в состоянии даже приблизительно определить, насколько мы к нему близки¹. Вот каким путем достигаем мы этого вывода. Мы уже неоднократно повторяли, что при образовании органи-

ческого вещества в растении необходимо поглощается столько же тепла, сколько выделяется при сжигании этого вещества. Так например, если какое-нибудь растение выделяет при сгорании 1000 единиц тепла, то мы можем заключить, что при его образовании затратилось по крайней мере это же количество солнечной теплоты, и как бы мы ни удобряли и ни возделывали землю, если солнце не доставит этих 1000 единиц тепла, мы не получим нашего растения.

Таким образом, зная, с одной стороны, сколько горючего вещества заключает урожай, полученный с известной площади (а это мы узнаем из анализа), зная, с другой стороны, какое количество тепла посылает солнце на эту площадь, мы имеем все необходимые данные для суждения о приходе и расходе солнечной энергии на нашем поле и, следовательно, можем заключить, какой ее частью мы пользуемся, какой еще предстоит воспользоваться. Производя такие вычисления для культур, дающих наибольшее количество органического вещества, наиболее богатую жатву, приходим к тому заключению, что наибольший ежегодный прирост вещества леса заключает в себе около $\frac{1}{100}$ всего количества тепла, посылаемого на соответствующую площадь земли за шестимесячный период растительности. При этом не принят во внимание прирост корней. Одна из наиболее интенсивных полевых культур — культура земляной груши — утилизирует, таким образом, $\frac{1}{180}$ всей получаемой от солнца энергии. Органическое вещество сена (райграс) и корневых остатков при самом большом сборе представляет в виде запаса $\frac{1}{135}$ получаемой солнечной энергии. Наконец, самые большие урожаи овса и ржи (зерно, солома и корневые остатки) представляют $\frac{1}{80}$ всей полученной энергии. Таким образом, при помощи растения мы в состоянии воспользоваться примерно от $\frac{1}{1000}$ до $\frac{1}{100}$ всего того количества солнечных лучей, которое выпадает на поверхность наших лесов и полей за период деятельной растительности¹. Вправе

¹ Агробιολογическая наука и сельскохозяйственная практика в Советской стране опровергли вычисления ученых о пределе производительности почвы. Научно разработанная агротехника различных культур, активное воздействие человека на жизнь растений дают небывалые возможности увеличения плодородия. Так, по вычислениям нашего знаменитого ученого В. Р. Вильямса, максимальная урожайность с гектара не может превышать 200 центнеров. Однако колхозники Чаганак Берсиев и другие, следуя учению академика Лысенко, добились урожая в 206 центнеров зерна с гектара. Это доказывает, что наука все время движется вперед, и то, что не мог предвидеть великий русский ученый К. А. Тимирязев в конце прошлого столетия, то разгадано в советское время академиком Лысенко и его школой. *Ред.*

¹ Само собой понятно, что приведенные цифры не могут считаться строго точными. В особенности цифра, показывающая количество тепла, выпадающего на известную площадь, и вычисленная из данных Пулье, только приблизительно верна.

ли мы заключить из этого, что, усовершенствовав культуру, мы будем в состоянии увеличить свои сборы в 100, в 1000 раз, прежде чем достигнем предела производительности? В состоянии ли растение превращать в запас всю получаемую энергию? Конечно, нет. Мы знаем, что никакие машины и организмы не составляют исключения из этого правила, не превращают всей получаемой силы в полезную работу, и одного этого соображения достаточно, чтобы убедить нас, что физиологический предел производительности растения не может совпадать с физическим. Против приведенных цифр, основанных на результатах различных культур, можно сделать то возражение, что хотя полевая растительность, как мы видели, и представляет очень развитую поверхность поглощения, но тем не менее нельзя считать, чтобы она улавливала весь падающий свет. Более надежные цифры может дать в этом отношении следующий опыт. Выставляя на солнце зеленые листья с точно измеренной поверхностью, определив посредством анализа, какое количество углекислоты будет разложено этим листом при самом выгодном освещении, положим — в один час, определив, наконец, какое количество тепла выпадает в этот час на взятую поверхность листа, мы получим все данные для вычисления соотношения между приходом силы и расходом ее на разложение углекислоты. Оказывается, что на разложение тратится средним числом $\frac{1}{100}$ всей получаемой энергии, а в более благоприятном случае — $\frac{1}{55}$. По некоторым новейшим исследованиям, эти цифры могут доходить до $\frac{1}{30}$. Эту последнюю цифру мы, вероятно, должны считать близкой к пределу физиологической производительности, так как растения поставлены в наиболее благоприятные условия. Итак, мы видим, как близки самые интенсивные наши культуры к тому, что мы называли физиологическим пределом, то-есть к тому наибольшему количеству органического вещества, которое можно получить с данной площади земли при посредстве растения.

Но даже при этом пределе утилизируется всего $\frac{1}{100}$ и в самом выгодном случае $\frac{1}{30}$ получаемой энергии, и мы этому не будем удивляться, если обратим внимание, что, кроме этой

единственной производительной, с точки зрения человека, работы, в растении совершаются и другие работы, для человека совершенно непродуцительные¹. Во-первых, в течение всей своей жизни растение испаряет воду, такие громадные количества воды, что, услышав прямо итог, почти отказываешься верить. Для испарения этого количества воды требуется, повидимому, значительно более тепла, чем сколько затрачивается на разложение углекислоты. Следовательно, рядом с производительной работой образования органического вещества растение затрачивает еще более энергии на бесполезную для человека работу — испарение. Но это не единственная, хотя и самая значительная затрата энергии в растении. Эту воду растение берет из почвы и, следовательно, должно поднять ее на известную высоту; эту работу можно выразить в пудо-футах. В наших полевых растениях она, конечно, невелика, но в древесной растительности она составляет значительную величину². Можно себе представить, какую громадную работу представляет поднятие масс воды, испаряющейся в лесах каких-нибудь исполинов, вроде новоголландских эвкалиптусов, макушки которых, по словам одного ботаника, могли бы бросать тень на вершину Хеопсовой пирамиды³. Конечно, не вся энергия, потребная на испарение и поднятие, происходит на счет непосредственного нагревания солнечными лучами, но все же значительная часть ее доставляется ими. К этим источникам бесполезной траты солнечной энергии должно присоединить еще следующий. Мы не в состоянии воспользоваться всем запасом органического вещества, выработанного растением в течение его жизни, потому что оно само расходует, сжигает часть этого вещества. Можно считать, что таким путем тратится до $\frac{1}{20}$ всего

¹ Еще важнее принять во внимание, что лист и не может поглощать всего солнечного света: иначе он был бы не зеленым, а черным. Новейшие исследования показывают, что лист поглощает средним числом 25% всей солнечной энергии — это физический предел; в физиологических опытах утилизируется 3,3, а в поле — 1%.

² Поднятие соков на значительную высоту можно считать непроизводительным только с точки зрения количества получаемого вещества, зато оно важно с точки зрения качества — оно дает нам, например, строевой и мачтовый лес.

³ Эта пирамида — гробница египетского фараона Хеопса — достигает высоты 140 метров. *Ред.*

вещества, так что растение, в отношении накопления органического вещества, делает постоянно двадцать шагов вперед и один назад. Все перечисленные источники траты солнечной энергии представляют нам, так сказать, издержки производства органического вещества посредством растения. Мы видим, следовательно, что растение хотя и очень совершенный аппарат для утилизации солнечной силы, но все же оставляет еще многого желать, так как при самых благоприятных условиях оно превращает в полезную для человека работу всего $\frac{1}{100}$ или $\frac{1}{200}$ всей получаемой от солнца энергии. Человеку предстоит или усовершенствовать в этом отношении растение, или изобрести взамен его искусственный прибор, который утилизировал бы больший процент получаемой энергии и притом работал бы круглый год. Насколько успеет он на этом пути — вопрос будущего. Вернемся к поставленному нами в начале этой статьи вопросу, на который можно теперь дать полный, категорический ответ. Мы можем всего лучше это сделать в виде следующего примера. Когда-то где-то на землю упал луч солнца, но он упал не на бесплодную почву, он упал на зеленую былинку пшеничного ростка, или, лучше сказать, на хлорофилловое зерно. Ударясь о него, он потух, перестал быть светом, но не исчез. Он только затратился на внутреннюю работу, он рассек, разорвал связь между частицами углерода и кислорода, соединенными в углекислоте. Освобожденный углерод, соединясь с водой, образовал крахмал. Этот крахмал, превратясь в растворимый сахар, после долгих странствий по растению отложился наконец в зерне в виде крахмала же или в виде клейко-

вины. В той или другой форме он вошел в состав хлеба, который послужил нам пищей. Он преобразился в наши мускулы, в наши нервы. И вот теперь атомы углерода стремятся в наших организмах вновь соединиться с кислородом, который кровь разносит во все концы нашего тела; при этом луч солнца, таившийся в них в виде химического напряжения, вновь принимает форму явной силы. Этот луч солнца согревает нас. Он приводит нас в движение. Быть может, в эту минуту он играет в нашем мозгу.

Приведенный пример — самый подробный, самый обстоятельный ответ, который в состоянии дать наука на поставленный нами вопрос. Мы можем выразить его и короче, тремя словами. Пища служит источником силы в нашем организме потому только, что она — не что иное, как консерв солнечных лучей.

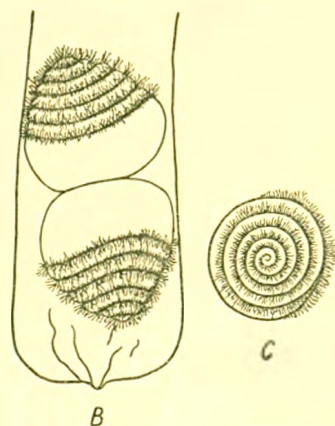
Глубокое научное значение этого результата говорит само за себя, но его, конечно, оценят и люди, наиболее равнодушные к научным истинам. Поэт-мечтатель, с грустью вззирающий на прозаический труд ученого, с удовольствием услышит от него, что он, сам поэт, такое же эфирное существо, сотканное из воздуха и света, как и бесплотные создания его фантазии. Человек спесивый, гордящийся знатностью своего рода и не без презрения относящийся к скромной доле деятелей науки, получит, конечно, некоторое уважение к этой науке, услышав, что благодаря ей «он вправе, наравне с самим китайским императором, величать себя сыном солнца»¹.

¹ Helmholtz, Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte, S. 127.

ЕДИНСТВО РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

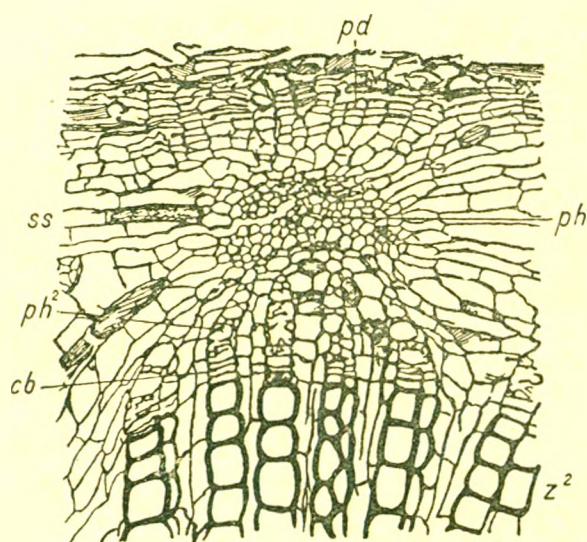
С первых шагов изучения растений, чуть не с Теофраста, намечалась уже двоякая задача — узнать растение, то-есть усмотреть черты, общие всем растениям, и узнать возможно большее число различных растений. С развитием науки первую задачу все более и более поглощала общая ботаника — физиология. Процесс этот, как видно из предшествующего изложения, продолжает проявляться и до настоящего времени. Вторая задача составляла область систематической ботаники, или классификации растений, первоначально имевшей только служебную цель — возможно легкой и удобной группировки всех известных растений, и только с появлением эволюционного учения в его единственной позднейшей форме — дарвинизма — это изучение стало само себе целью, то-есть получило истинный научный характер. Основной его задачей явился уже не перечень бесчисленных отдельных форм (к чему хотели бы его вернуть некоторые современные ученые-ретрограды, как, например, Дриш), а доказательство единства органического мира и раскрытие исторического процесса, объясняющего это единство преемственной связью существующих форм между собой через предшествовавшие им формы. Решение этой задачи достигается двумя путями: сравнением возможно большего числа современных форм в их вполне развитом состоянии и в последовательном развитии их зародышей — этот путь давал более или менее вероятное указание на природу этой связи. А, во-вторых, путем прямого раскрытия этой связи через изучение действительного исторического преемства органических форм на основании изучения ископаемых остатков ранее существовавших форм. На этих путях — сравнительноанатомическом, эмбриологическом и палеонтологическом — изучение живогных форм значительно опередило

изучение растительных форм. Но был один — и самый существенный — вопрос классификации, в котором ботаника опередила зоологию. Все растительное царство представляет два отдела или полуцарства — растений семенных, то-есть размножающихся семенами, и споровых, размножающихся спорами. Более глубокого различия, более глубокого перерыва не представляется в классификации растений, и тем не менее гению одного ученого — и притом не цехового ученого, а ученого-самоучки, Вильгельма Гофмейстера — удалось заполнить этот промежуток и таким образом доказать единство всего растительного мира. Доказал он это не простым сравнением уже вполне развитых форм, а тщательным изучением микроскопической эмбриологии, истории развития высших представителей низших и низших представителей высших растений, так как здесь, очевидно, следовало искать перехода. Гофмейстер один в колоссальной своей работе «Vergleichende Untersuchungen» (1851) блистательно разрешил свою задачу, «пе-



Фиг. 85. Антерозиды низшего голосемянного саговика *Zamia* (по Уэбберу).

ребросил мост» через самую большую пропасть в растительном царстве, и в какое время! — за десять лет до появления книги Дарвина, когда эволюционная идея была в полном застое, не находила в ученом мире ни одного защитника. Он не только доказал вероятность этого представления о единстве растительного мира, но и предсказал, где и у каких растений должно искать новых, еще более убедительных доказательств — первый пример научного пророчества в области морфологии, блистательно оправдавшегося уже через много лет после его смерти. Основная мысль Гофмейстера заключалась в том, что все растения, начиная со мхов, представляют в цикле своего развития явление чередования двух поколений — полового и бесполого. Резко выраженное у высших споровых, например у папоротников, половое поколение почти незаметно сливается с бесполом у семенных. Оплодотворяющим началом у папоротников являются антерозоиды (подвижные клетки, сходные с сперматозоидами животных), у семенных же растений оплодотворяющее начало заключено в содержимом цветневых трубочек. Это различие и позднейшие классификаторы считали основным,



Фиг. 87. *Lyginodendron oldhamii*.
Образец шлифа из коллекции Вильямсона и Скотта.

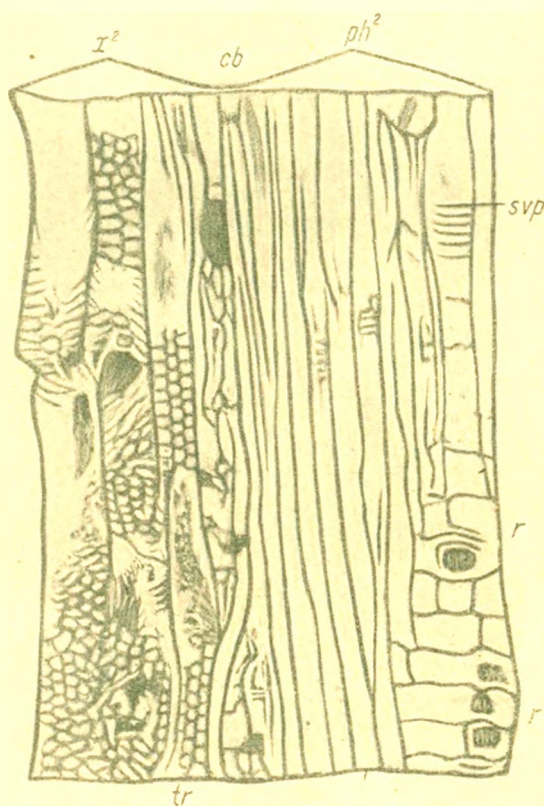
деля растения на зоидногамные и сифоногамные, то-есть на оплодотворяющиеся при помощи антерозоидов и при помощи цветневых трубочек. На возможность сгладить это коренное различие и указывал Гофмейстер, доказывая, что у простейших семенных растений, у так называемых голосемянных (куда относятся наши хвойные и тропические саговые), в цветневых трубках могут найтись антерозоиды¹.

Это пророчество Гофмейстера получило блестящее подтверждение только через 45 лет, когда в 1897 году американский ботаник Уэббер открыл в цветневой трубке саговика (*Zamia*) настоящих типических движущихся антерозоидов² (фиг. 85). Сходное открытие было одновременно сделано и двумя японскими учеными — Икено и Гиразе.

Таким образом, теория Гофмейстера торжествовала в конце XIX века. За его порогом ее ожидало еще более блестящее и неожиданное подтверждение в другой и более важной области — в области непосредственной истории,

¹ Припоминаю, как в начале шестидесятых годов Андрей Николаевич Бекетов говорил своим ученикам: «Внимание ботаников должно быть сосредоточено на кончике цветневой трубки, там ждут их великие открытия».

² Как мало были подготовлены к этому открытию ботаники, забывшие классические исследования Гофмейстера, может служить следующий факт. Вскоре за появлением работы Уэббера я прочел в Москве лекцию, озаглавленную «Величайшее морфологическое открытие XIX века», в которой подробно разъяснил значение исследования Уэббера (и японцев), как подтверждение пророчества Гофмейстера, — случая, который можно поставить в параллель с открытием Нептуна, менделеев-



Фиг. 86. *Heterongium tiliaeoides*.
Образец шлифа из коллекции Вильямсона и Скотта.

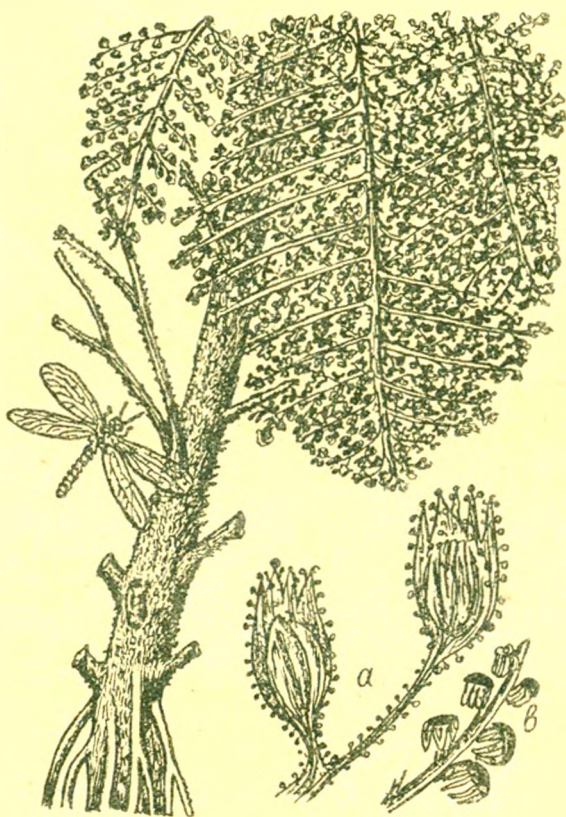


Фиг. 88. Саговик *Cycas revoluta*. Семена по краям листовидных плодолистиков.

то-есть палеонтологии. Как уже замечено выше, палеонтология растений значительно отстала от палеонтологии животных, и это считалось чем-то очевидным, так как от растения не сохраняется твердых остатков, как раковины или скелеты животных, и современные палеонтологи привыкли относиться к палеонтологии растений с пренебрежением, почти не считаться с нею. Между тем, приблизительно начиная с половины прошлого века, начала быстро развиваться новая отрасль — палеонтология растений, которая по точности своих приемов и значению результатов, пожалуй, превзошла и лучшие завоевания палеонтологии животных. Это была микроскопическая анатомия ископаемых растительных остатков. Вместо того чтобы вырезать бритвой тонкие разрезы живых тканей, ботаники научились получать такие же тонкие прозрачные шлифы из окаменелого дерева, листьев, плодов, семян и т. д., шлифы, почти не отличавшиеся от разрезов из живых растений. Одним из пионеров в этой области был у нас академик Мерклин. Создалась особая

ским предсказанием новых элементов и т. д. Через несколько месяцев молодой доцент Арнольди в пробной лекции пытался доказать, что, по его мнению и мнению его учителя проф. Горожанкина, Уэббер и японцы, вероятно, приняли за антерозонды какое-нибудь микроскопическое животное. Словом, повторилось то же, что случилось при первом открытии зооспор, когда также утверждали, что это непременно животные.

специальность изучения ископаемых растений, обнаружившая почти полное сходство одних ископаемых с живущими, или глубокое различие других, или, наконец, и то и другое, то-есть существование форм промежуточных, связующих исчезнувший мир растений с существующим. Успехами этих исследований палеонтология была обязана и успехам сравнительной анатомии живых растений, и в этом направлении особенно важны были труды дерптского профессора Руссова. Особенно выдвинулись в этом направлении изучения анатомии ископаемых растений Рено во Франции и Вильямсон в Англии, преемником которого явился Дуккинфильд Скотт, вместе с Сьюардом — самый авторитетный современный фито-палеонтолог в Англии. Несомненно, самым выдающимся открытием в этой области, быть может даже во всей области палеонтологии (не исключая столько нашумевших в свое время открытий пернатых пресмыкающихся и зубастых птиц), было возведенное в 1903 году Скоттом на лекции в Британском институте открытие папоротников с семенами. Открытие это фактически осуществляло предсказанный Гофмейстером и подтвержденный Уэббером переход между споровыми и семенными растениями. Едва ли когда-нибудь эволюционное учение приобретало такое решительное, прямое и широкое подтверждение своего



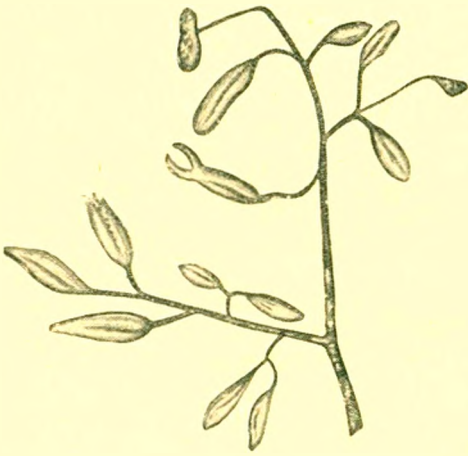
Фиг. 89. *Lyginodendron oldhamium* (реставрация) и современная ему стрекоза: а — семена в плюсках с типичскими железками; в — мешочек с цветнем.

основного положения об единстве всего живущего. Вот вкратце его смысл. Высшие из существующих споровых растений, папоротники, на своих крупных, чаще всего перистых листьях приносят споры. Самые простые из семенных растений, голосемянные, именно саговиковые (те самые, у которых Уэббер нашел антерозоиды), приносят семена не в плодах и не в шишках, как у хвойных, а на поверхности несколько измененных листьев (фиг. 88). Оказалось, что и большая часть папоротников каменноугольной формации приносили на своих листьях такие же настоящие семена. Это открытие было сделано следующим образом. В пластах английского каменного угля давно уже наблюдались особые известковые шары (balls), очень богатые окаменелыми остатками растений, в том числе — органами, имеющими несомненное сходство с семенами. Не знали только, к какому растению их отнести, и только в 1903 году Д. Скотт признал их за несомненные семена ранее известного па-

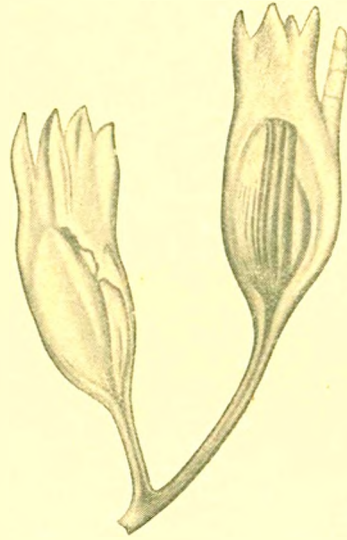
поротника и предложил основать совершенно новую группу растений *Pteridospermia*, то-есть семеноносных папоротников (фиг. 89). Свои воззрения Скотт изложил в собрании Королевскому обществу и в лекции Британского института в апреле 1903 года. Другие исследователи не замедлили подтвердить его исследования и распространить их на другие случаи. Листья папоротника, о котором идет речь, *Lyginodendron oldhamium*, были известны еще в 1889 году в упомянутых выше отложениях; в тех же «шарах» находили тела, которые признавали за семена, но не знали только, какого растения. В 1903 году на них нашли (Скотт и Оливер) такие же железистые волоски, какие были ранее найдены на листьях *Lyginodendron oldhamium* (фиг. 90), и, наконец, точное сличение поперечных разрезов черешков, листочков и семенных ножек (Скотт) показало их полное анатомическое сходство. Через год (1905) профессору Кидстону удалось найти и мужские органы (тычинки с цветнем, или мужские споры), чем картина промежуточного характера этого ископаемого растения и была дополнена (фиг. 89, в). Наконец, Арберу удалось найти у близкого к *Lyginodendron* папоротника *Lagenostoma Lynclairi* семена в связи с листьями (фиг. 91 и 92). Оказалось далее, что некоторые из самых типичских и колоссальных (подобных современным древовидным) папоротников каменноугольной формации, *Neuropteris*, имели также семена величиной с обыкновенный орех. В результате, по мнению профессора Скотта, может быть, большая часть того, что считали за папоротники каменноугольной формации, принадлежала к этой группе, промежуточной



Фиг. 90. Модель семени *Lyginodendron* с железистыми волосками, встречающимися и на листьях этого растения.



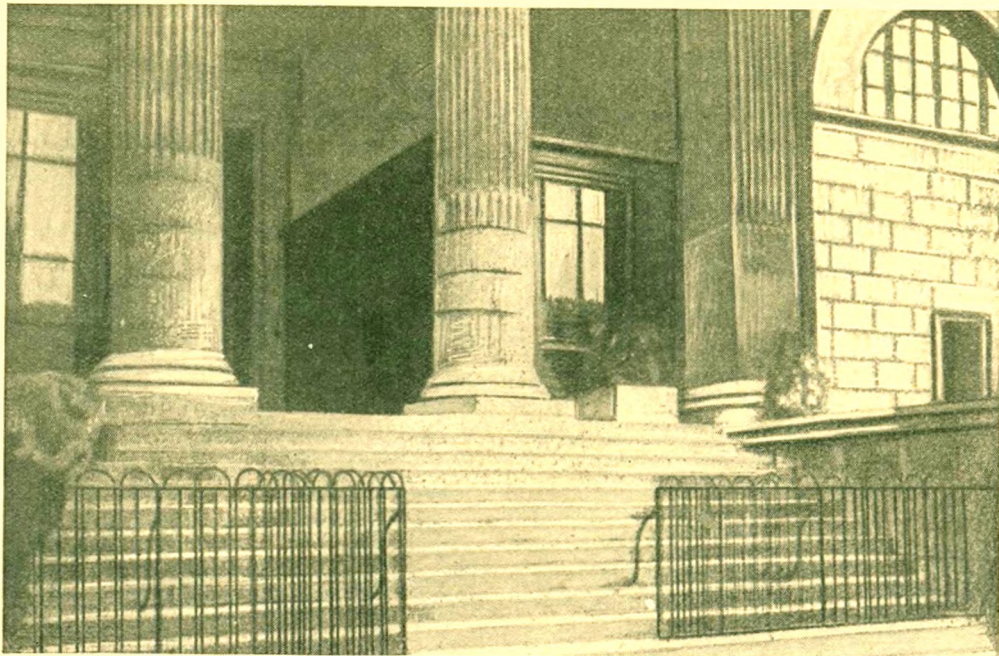
Фиг. 91. Семена *Lagenostoma Lynclairi* в натуральную величину.



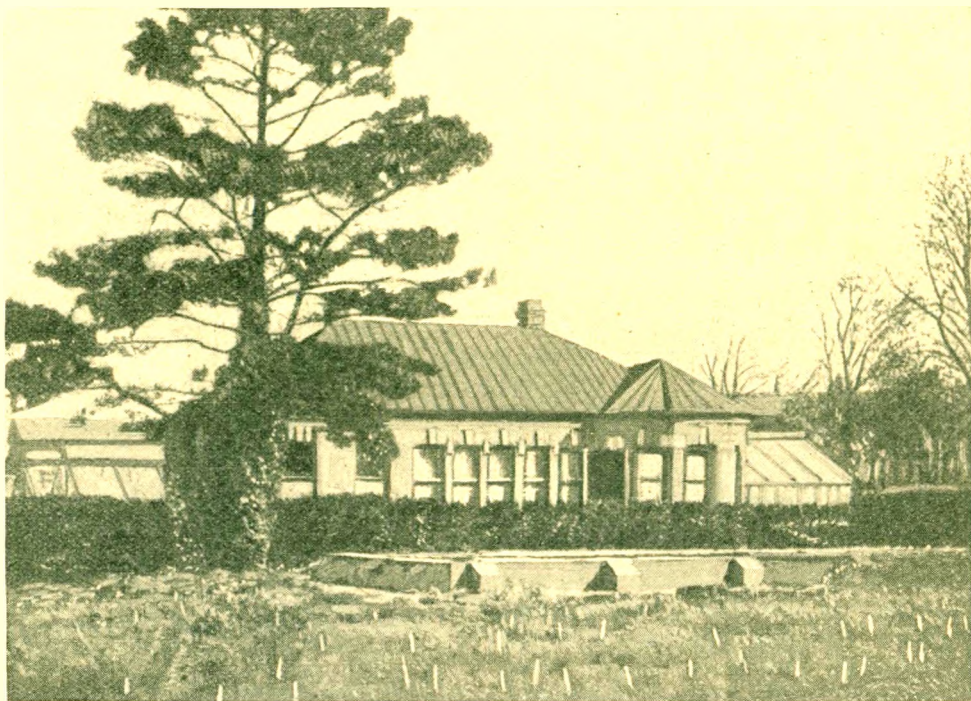
Фиг. 92. Те же семена, увеличенные в 5 раз.

между папоротниками и саговиками, то-есть между споровыми и семенными растениями. Более очевидного непосредственного исторического доказательства верности идеи Гофмейстера о переходе споровых к семенным именно через голосемянные трудно было бы и желать. Должно заметить, что оно не единственное, хотя и самое блестящее, и доставлено оно скромными тружениками, кропотливо шлифовавшими свои разрезы ископаемых растений и сознававшими, что этим они доставляют самые стро-

гие аргументы в пользу эволюционного учения. Профессор Скотт в речи, посвященной памяти Рено, незадолго умершего, одного из творцов микроскопической анатомии ископаемых растений, которая пожинает теперь такие богатые плоды, останавливается на той совершенно исключительно убогой обстановке, в которой работал этот



Фиг. 93. Лаборатория Рено в Парижском ботаническом саду (будка направо между стеной и колонной).



Фиг. 94. Джодрельская лаборатория в Кью (Англия).

выдающийся ученый. В конце прошлого века и позднее на ступенях наружной лестницы старого Палеонтологического музея в Jardin des Plantes (Ботаническом саду в Париже) можно было видеть какой-то, очевидно временный, чуланчик или шалашик, но с небольшим зеркальным окошечком (фиг. 93). В этом-то временном сарайчике, за его зеркальным окошечком (единственной необходимой его роскошью), над своим микроскопом и шлифовальным станком провел всю свою жизнь талантливый и неутомимый ученый (так и не удостоившийся звания профессора), на основании своих шлифов предсказавший, между прочим, что у ископаемых саговиков должны были существовать антерозоиды, и предсказавший это ранее, чем они были найдены Уэббером у живых саговиков. Помнится мне, что я сам в шутку подтрунивал над ним, спрашивая, не надоедают ли ему приходящие туристы, принимая его за швейцара, у которого можно оставить свои зонтики и калоши.

Не такую убогую, но далеко не роскошную обстановку представляла и та лаборатория, в которой работал профессор Дуккинфильд Скотт, имя которого теперь известно всем интересую-

щимся ботаникой. На прилагаемой фотографии (фиг. 94)¹ изображена маленькая Джодрельская (по имени жертвователя) лаборатория, устроенная в конце семидесятых годов в Ботаническом саду Кью, главным образом по настоянию Дарвина. Два левых окна с зеркальными стеклами — палеонтологический кабинет профессора Скотта.

В остальном помещении производил свои исследования Горас Броун; там же ранее Бурдон Сандерсон, предшественник Бооза, делал свои опыты над электрическими явлениями у Дионеи, а Тиндаль делал свои опыты, доказавшие отсутствие органических зародышей в оптически чистом воздухе, и т. д. Эта маленькая лабораторийка навсегда останется памятником тому, как много можно сделать в самой скромной обстановке, но из этого не следует, конечно, что ученый при современном развитии науки не нуждается порою в более широких помещениях.

¹ Я обязан ею любезности профессора Скотта, который показывал мне свой музей — два маленьких шкафчика, заключающих целые сокровища этой ископаемой флоры — шлифы Вильямсона и его собственные.

РАСТЕНИЕ-СФИНКС¹

Nil sale et sole utilius.

Plinius

Over and again have nations and civilization been confronted with problems, which, like the riddle of the Sphynx, not to answer was to be destroyed.

Henry George,
Social problems²

Давно сделано справедливое замечание, что в воображении человека, наяву или даже во сне, не может возникнуть ничего такого, что в своих элементах не слагалось бы из впечатлений реального мира. Когда смелая фантазия художников или поэтов, желая вызвать чувство поклонения или священный ужас, создавала чудовищ, результат этот достигался только умножением числа, искажением или перетасовкой, в причудливых сочетаниях, известных органов известных живых существ. Многоголовый, многорукий индусский идол или более стройные создания мифологии Запада, крылатые амур, центавры, сирены, наконец этот Эдипов сфинкс или его более древний египетский прототип — не очевидные ли все это доказательства бессилия человеческой мысли отрешиться от доступной наблюдению действительности? Но сегодня мы зададимся совершенно обратным вопросом: не может ли, наоборот, реальная действительность порой оправдать фантазию поэтов и художников, не найдется ли в каком-нибудь забытом уголке природы чудовищных, сложных существ, представляющих такое сочетание или агломерат двух совершенно разнообразных организмов, каковы эти мифологические полугады-полуптицы, полу-

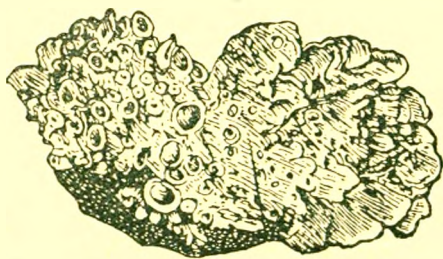
люди-полузвери? Натуралисту, на первый взгляд, такой вопрос должен показаться чем-то невозможным, просто абсурдом. И потому понятно было изумление ботаников, когда несколько лет тому назад такое загадочное существо, подобно сфинксу представляющее полное слияние совершенно разнородных и самостоятельных организмов, относящихся к двум различным классам, нашлось в природе, — когда оказалось, что мы все его давно знаем, что оно встречается решительно на каждом шагу. Некоторые ботаники и до сих пор не могут очнуться от впечатления, вызванного этим поразительным открытием, и предпочитают закрывать глаза перед очевидностью — скорее, чем примириться с фактом, идущим вразрез с установившимися понятиями. Изумительность факта не умаляется тем, что он относится к области микроскопических явлений, хотя продукт слияния, этот сложный организм, как сейчас увидим, далеко не микроскопических размеров.

Об этом любопытном предмете, если не ошибаюсь, едва ли когда-нибудь упоминалось в нашей популярной литературе, а между тем он должен быть отнесен к числу наиболее порази-

¹ Нет ничего полезнее соли и солнца. П л и н и й.

² Снова и снова перед народами и цивилизацией встают тревожные вопросы, наподобие загадки сфинкса. Не дать ответа на эти вопросы — значит уничтожить самого себя. Г е н р и Д ж о р д ж, Социальные проблемы.

¹ Лекция, читанная в Политехническом музее весной 1885 года.

Фиг. 95. Лишайник *Physcia*.

тельных и неожиданных открытий биологической науки за последнюю четверть века и, конечно, заслуживает того, чтоб остановить на нем ваше внимание.

Прежде всего позвольте ввести вас в совершенно своеобразный уголок растительного мира, по которому, без сомнения, не раз скользили ваши взоры, не останавливаясь, однако, на нем настолько, насколько заслуживает представляемый им глубокий научный интерес. Перед нами, в значительно увеличенном виде, кусочек древесной коры.

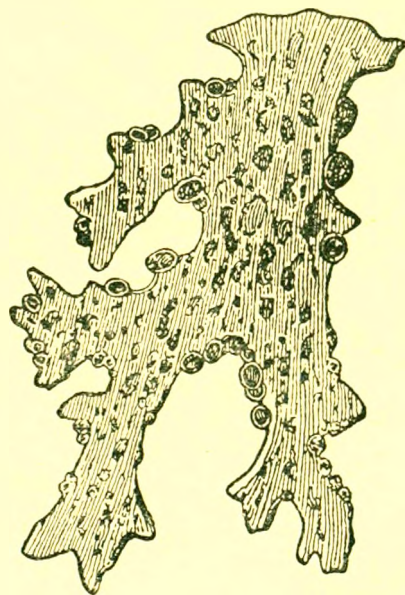
На изрытой трещинами и бороздами поверхности его торчат небольшими кустиками, свисают всклокоченными бородами или расстилаются причудливо вырезанными пластинками или розетками серые, серовато-зеленые, желтые или бурые растеньица. На некоторых из пластинчатых форм нам бросаются в глаза там и сям разбросанные, особые, более ярко покрашенные органы, вроде блюдца или тарелочки (фиг. 95). Все эти мелкие растеньица мы в обыкновенной речи — и, как сейчас увидим, совершенно неверно — называем мхами, на языке же ботаников они носят очень неблагозвучное название лишая, лишайников или реже — ягелей.

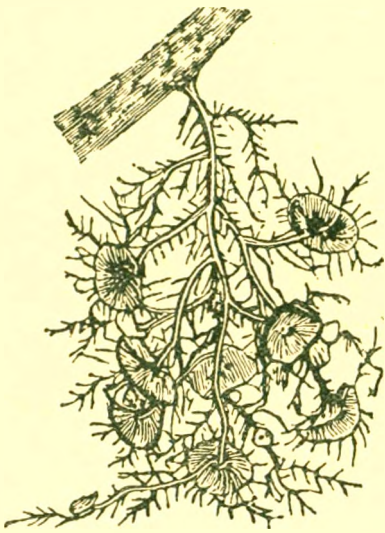
Познакомимся прежде всего с их формами и местонахождением в природе, а затем определим их положение в растительном царстве, то-есть по отношению к другим растениям.

Формы их почти бесконечно разнообразны. Иногда большая часть организма почти скрыта от невооруженного глаза; привлекают его внимание только органы размножения, соответствующие указанным только что блюдцам, но принимающие форму темных пятен или полосок, пестрящих поверхность покрытой ими коры как будто еврейскими или клиновидными письмами.

Чаще лишайники принимают вид пенек или как бы накали, плотно приставшей к поверхности скал и валунов, или пластинок, прикрепленных только в середине при помощи так называемых корневых присосок, но с краями приподнятыми и более или менее причудливо

вырезанными (фиг. 95). Такие формы лишайников попадают на камнях, заборах, древесной коре и прямо на земле. Таковы мелкие серые и желтые лишайники, попадающиеся на любом старом заборе (*Physcia*, фиг. 95); таков один из самых крупных лишайников, встречающихся нередко по лесам и особенно после дождя, обращающий на себя внимание своими величиной в ладонь и более кожистыми, стелющимися между травой и мхами пластинами, словно капустными листьями, только тускло-синевато-зеленого цвета, с темнобурыми круглыми, уже знакомыми нам блюдцами (*Peltigera*). Почти таких же размеров достигает и другой, нередко попадающийся на деревьях лишайник с изрытой ячеистой поверхностью (*Sticta*, фиг. 96). Еще более распространены формы в виде кустиков (фиг. 98), растущих прямо на земле или на стволах деревьев, или, наконец, плакучие формы, свисающие со старых сучьев длинными седыми бородами (фиг. 97); к этим формам относится наиболее известный, так называемый исландский мох, с его бурыми прямо стоящими, угловато-лопастными разрезанными пластинками (*Cetraria*), или, наконец, знакомый всякому жителю Севера, покрывающий громадные пространства олений лишайник (*Cladonia*, фиг. 98), с его тонко ветвящимися кустиками, во влажную пору образующими упругие серовато-зеленые, а в засуху — хрустящие под ногами, хрупкие, как сухарь, почти белые подушки. Из всех лишайников этот последний приносит чело-

Фиг. 96. Лишайник *Sticta*.

Фиг. 97. Свисающий лишайник *Usnea*.

веку едва ли не самую очевидную, непосредственную пользу — он служит пищей северному оленю, отрывающему его из-под глубокого снежного покрова. Дюшалью в своей книге о путешествии на Крайний Север изображает оленей, зарывшихся в снег до того, что над его поверхностью торчат только их короткие хвостики.

Положение лишайников по отношению к другим растениям мы выясним следующим рядом сравнений. Все растения мы делим на такие, которые приносят цветы и семена, и на такие, которые их не приносят, — это будут растения бесцветковые, или споровые, так как вместо семян они образуют так называемые споры, то есть клеточки, рассыпающиеся, как пыль. Такова, например, пыль, осыпающаяся с усейной бурыми кучками изнанки листьев некоторых папоротников; такова желтая, напоминающая серный цвет пыль, осыпающаяся из торчащих прямо желтоватых колосков обыкновенного стелющегося плауна, в изобилии каждую осень встречаемого на наших рынках и употребляемого вместе с мхом и лишайниками для украшения при вставке зимних рам. Этот порошок, неправильно называемый плауновым семенем, — эти споры плауна образуют ту присыпку, которой аптекари пересыпают пилюли. Лишайники не производят ни цветов, ни семян; мы их, следовательно, отнесем к растениям споровым. Но споровые растения, в свою очередь, представляют нам два крупных отдела. У одних, как, например, у только что упомянутых папоротников и плаунов, а также и у мхов, сложность организации выразилась в том, что они представляют нам ясно обособленные стебель и листья. Ничего подобного не встретим ни у грибов, ни у

наших водорослей, ни у лишайников, — отсюда понятно, как ошибочно называть их мхами, смешивать их с настоящими мхами, у которых мы всегда можем различить стебель и зеленые листочки. Как неверно применяется к лишайникам название мха, так точно и слово «водоросль» для ботаника имеет гораздо более определенный и ограниченный смысл, чем тот, который придается ему в обыкновенной речи.

Для неботаника водоросль — все то, что растет в воде; для ботаника класс водорослей включает в себе только те водяные растения, которые размножаются спорами и не имеют ясно выраженных стеблей и листьев. В пресной воде наших рек и прудов сюда будет относиться то, что в обыкновенной речи мы разумеем под огульным и несколько презрительным названием тины. Но кто бывал на берегу моря, особенно теплого моря, конечно, знает, как бесконечно разнообразна эта подводная флора водорослей, представляющая нам то хрящеватые, вилообразно ветвящиеся желто-бурые тесьмовидные формы, заходящие далеко на север и в Балтийское море (*Fucus*), то бесформенные прозрачно-зеленые лоскутья, которыми нередко убирают устрицы, так называемый морской салат (*Ulva*), то, наконец, бесчисленно разнообразные в своих грациозных очертаниях и окраске так называемые багрянки (*Florideae*) со всеми оттенками пурпура, от нежно-розового до почти черного, со всеми формами, от плоских листовидных до тонко рассеченных и легких, как пух. Грибы, водоросли и лишайники имеют, следовательно, то между собою общее, что размножаются спорами и лишены ясно выраженных листьев и стеблей. Такие растительные тела,

Фиг. 98. Олений лишайник *Cladonia*.

в которых не выражено различие между листом и стеблем, мы обозначаем термином *слоевище*. Значит, все разнообразные формы лишайников, как плоские, так и ветвистые, будут слоевища. Таким образом, положение лишайников в общей системе растений мы определяем, говоря, что это растения споровые и слоевцовые. Эти же признаки с ними разделяют ближайшие их соседи — грибы и водоросли.

Постараемся теперь еще ближе охарактеризовать лишайники, указав на черты их сходства и различия с этими их соседями, грибами и водорослями.

Грибы... Но прежде чем приступим к их описанию, мы снова должны оговориться, напомним, что и это слово вызывает в ботанике совсем иное представление, чем то, которое мы привыкли с ним связывать в жизни. Между тем как слово «водоросль» имеет в науке более ограниченный, слово «гриб» имеет гораздо более широкий смысл, чем в обыкновенной речи. Для неботаника грибы — это те произведения природы, которые, состоя обыкновенно из пенька и шляпки, делятся на две общие категории: съедобные и «поганки». Но ботаник, во-первых, в этих грибах видит только часть целого грибного организма, а во-вторых, кроме этих грибов и им подобных, включает в этот класс и множество таких организмов, которые в обыкновенной речи носят название плесени, а еще чаще остаются вовсе без названия, удостаиваясь его разве только в тех случаях, когда приносят особый вред, каковы ржавчина, головня и другие болезни наших культурных растений. Съедобная часть гриба — это только орган размножения гриба, растительная же часть его состоит из той белой, похожей на плесень массы, которая пронизывает своими нитями всю почву в ближайшем соседстве с приподнимающимся над ней пеньком. Эта сеть, так называемая грибница, разрастается во все стороны, так что шляпки грибов нередко выступают из земли правильными, из года в год расходящимися кругами, отмеченными цветом и ростом окружающих их трав; это так называемые кольца ведьм — *Hexenringe*, как их называют немцы, или *fairy rings* (волшебные кольца), как более поэтично их прозвали англичане. Искусственная, сильно унавоженная почва, насквозь пронизанная нитями грибницы, составляет то, что мы называем шампинионным гнездом. Итак, то, что мы обыкновенно называем грибами, соответствует не всему грибному организму, а представляет только его орган размножения, то-есть вместилище его спор. Убедиться в этом последнем факте очень легко. Сорвем с пенька шляпку шампиниона и положим ее на лист белой бумаги

в таком же положении, как она насажена на пеньке, то-есть обратив вниз теми лучисто расходящимися пластинками, которые покрывают ее изнанку. Через день или даже через несколько часов, как только гриб завянет, мы заметим на бумаге полный отпечаток этих лучисто расходящихся пластинок в виде таких же темных полосок. Эти полоски будут образованы порошком осыпавшихся спор. Впрочем, не у каждого гриба можем мы так же легко убедиться в присутствии спор. У сморчка таким приемом мы не обнаружили бы спор, и это зависит от того, что у него они не покрывают непосредственно поверхность плодоносца, а заключены в особые вместилища — так называемые сумочки. Если мы вырежем тонкий ломтик, проходящий через морщинистые складки наружной поверхности головки сморчка, и станем рассматривать его под микроскопом, то увидим ряды продолговатых прозрачных мешочков, и в каждом по восьми клеточек — спор. Совершенно сходное строение нашли бы мы, если бы стали рассматривать под микроскопом тонкий ломтик из трюфеля; только там эти мешочки со спорами оказались бы не на поверхности, как у сморчка, а внутри, вдоль тех жилок, которые пестрят разрез трюфеля, сообщая ему вид мрамора. Грибы, представляющие такое расположение спор, как у сморчка и трюфеля, то-есть в полости особых мешочков, или сумок, так и называются *сумчатыми*. Остановимся еще на двух особенностях строения и образа жизни грибов, которые их всего лучше характеризуют. Если мы исследуем под микроскопом самые разнообразные части различных грибов, то заметим, что они нам представят следующую особенность в своем строении. Между тем как у других растений клеточки могут делиться по всем трем направлениям, давая начало формам не только линейным, но и плоскостным и телесным, то-есть располагаясь, как кирпичи в полу или в стене, — клеточки грибов вытягиваются в длину и делятся только поперек этой продольной оси. Таким образом, грибы могли бы нам представлять только нитевидные, хотя бы и сильно ветвящиеся формы, подобные, например, налету плесени, но не плотные телесные формы, если бы эти длинные клеточки не сплетались между собой в более или менее плотные массы, подобные, например, сплетению волосков в наших войлоках, и таким образом не сплачивались бы в массы, иногда значительных размеров и плотности. Если микроскопическое строение других растений мы можем сравнивать с кирпичной кладкой, причем отдельные клеточки играют роль кирпичей, микроскопическое строение грибов всего лучше можно сравнить с войлоком, почему за их тканью так и упрочилось название «вой-

лочной». Этот войлок может быть рыхл или очень плотен, так что составляющие его нити (гифы) будут прилегать друг к другу без промежутков, но тем не менее происхождение ткани будет такое же, как и войлочной ткани более рыхлой.

Итак, в войлочном соткании мы видим одну из самых характеристических особенностей организации грибов. Другая, еще более существенная и глубокая черта, связанная со всем образом жизни грибов, заключается в отсутствии зеленой окраски, в отсутствии того вещества, от которого зависит зеленый цвет растения, так называемого хлорофилла. В отсутствии этого вещества мы должны видеть самую выдающуюся особенность, отличающую класс грибов как целое от соседнего с ним класса водорослей. Я говорю «выдающуюся особенность» потому, что здесь, как и вообще в природе, мы тщетно пытались бы найти какую-нибудь абсолютную отличительную черту, которая отделяла бы грибы от водорослей. Стоит указать, например, на бактерии, которых одни ботаники причисляют к грибам, а другие к водорослям. В отсутствии хлорофилла заключается не только самая наглядная, но и самая глубокая физиологическая особенность грибов, отличающая их образ жизни от образа жизни водорослей. Но прежде еще скажем несколько слов об этих последних. Как доказывает самое название, они всегда встречаются в воде или на очень влажной почве. Поскребем немного у основания отсыревшей и позеленевшей стены, и в числе других микроскопических организмов мы непременно встретим шаровидные клеточки с травянисто- или синева-зеленым содержимым, разбросанные поодиночке или вкрапленные группами в бесцветную слизь, или же зеленые нити, разделенные на частые поперечные членики, клеточки, также с синева-зеленым содержимым. Заглянем в траву вдоль плоского, заливаемого водой берега речки и очень часто заметим на влажной земле, величиною с горошинку и более, студенистые комочки округло-лопастной или почти шаровидной формы; раздавим такой комочек под микроскопом и увидим, что он состоит из четкообразных нитей, сине-зеленых клеточек, спутанных клубками и погруженных в общий прозрачный студень. Зачерпнем, наконец, немного зеленой тины или поскоблیم на поверхности подводных камней или других предметов и здесь также найдем прямые нити, состоящие из продольных рядов клеточек, или сильно ветвящиеся трубчатые клеточки с неизменно зеленым содержимым. У морских водорослей, как мы видели, особенно по мере удаления от берега, в глубокой воде, мы уже встретим не зеленую, а иную — оливково-бурую или пурпуро-

вую — окраску, но нетрудно убедиться, что эта окраска только скрывает от наших глаз зеленый цвет этих организмов. Очень часто выброшенные на берег пурпуровые водоросли, заваядая, обнаруживают зеленую окраску; еще легче мы можем обнаружить присутствие хлорофилла, настояв их на спирте, который окрасится в зеленый цвет. Итак, водоросли отличаются от грибов присутствием хлорофилла, но, подобно грибам, относятся к растениям споровым слоевищным.

Мы видели, как легко увидеть споры у некоторых грибов; так же легко иногда видеть споры у водорослей, особенно у тех из них, которые производят споры, движущиеся подобно инфузориям, — так называемые зооспоры. Возьмем, например, последнюю из упомянутых нами водорослей, в виде нежных кустиков покрывающую подводные предметы и состоящую из сильно ветвящейся трубчатой зеленой клеточки (*Vaucheria*). Промоем ее осторожно, всполаскивая в воде, чтобы удалить все другие водоросли, которые могли бы ее сопровождать, и оставим в стакане с чистой, прозрачной водой на окне. На другое утро мы заметим на поверхности воды со стороны, обращенной к свету, густую зеленую полоску. Взболтаем воду, и полоска исчезнет, рассеется в воде. Оставим стакан в покое, и зеленая полоска появится снова; повернем стакан полоской внутрь комнаты и через несколько времени заметим, что полоска переберется на прежнее место, то-есть ближе к свету. Микроскоп показывает, что эта полоска состоит из свободных и быстро движущихся в воде клеточек, в своих движениях направляющихся к свету. Это и есть подвижные споры этой водоросли. После более или менее продолжительного движения они останавливаются, пускают бесцветные отростки, прикрепляясь ими к почве и дают начало новому растению.

Таким образом, мы узнаем, что многим нашим пресноводным водорослям свойственно образование движущихся зеленых спор, а для всех водорослей характерично присутствие зеленой окраски, хлорофилла.

Это присутствие хлорофилла у водорослей и его отсутствие у грибов определяет и весь склад их жизни — в нем выражена самая глубокая, коренная, физиологическая антитеза, какую только можем встретить в пределах растительного мира.

Грибы могут питаться только готовой органической пищей, потому-то они и попадают на богатой перегноем почве, а искусственно разводимые, как, например, шампинионы, — только на почве сильно унавоженной. Плесень, как мы знаем, поселяется на различных веществах, употребляемых в пищу: на плодах, хлебе, варенье. Наконец, множество микроскопических

грибов, вызывающих болезни наших культурных растений, питаются на счет своих жертв. Грибы не могли бы существовать без других растений: они питаются на их счет или непосредственно, как паразиты, или косвенно, как сапрофиты, питающиеся растительными или животными остатками. Но если существование грибов вполне зависит от существования других растений, доставляющих им прямо или косвенно их пищу, то, с другой стороны, их существование не зависит от условия, необходимого для всех других растений, — от солнечного света. Не говоря уже о трюфеле, растущем под землей, мы знаем, что шампинион разводится в темных погребах. Уже и теперь в парижских катакомбах, в обширных старых каменоломнях близ Реймса тянутся на целые мили гряды шампинионов, но искусственное разведение грибов, вероятно, получит еще более широкое применение. Из основной особенности этих организмов вытекает и та экономическая роль, которую, быть может, они призваны играть в нашей культуре. Кто знает, быть может со временем, когда нужда научит человека утилизировать каждый клочок земли, и разведение грибов получит свое значение, так как нетрудно понять, какие обширные площади в тени наших лесов, непригодные вследствие недостатка света для других культур, могут быть отведены под культуры грибов. Какие массы органического вещества, в форме опадающей листвы и других остатков, истекают и, окисляясь, прямо возвращаются в виде углекислоты в атмосферу. Понятно, что для человека было бы гораздо производительнее, чтобы этот круговорот совершался более сложным путем, чтобы это органическое вещество превращалось сначала в гриб и проходило через организм человека, производя полезную работу, прежде чем вернуться обратно в атмосферу¹.

Прямую противоположность грибам представляют водоросли; они могут существовать в воде, не содержащей вовсе органических веществ, а только ничтожные количества неорганических солей, но зато они не могут существовать без света. Под влиянием солнечного света и хлорофилла они разлагают углекислоту воздуха, выделяют из нее кислород, а из углерода вырабатывают органическое вещество, на первый раз, повидимому, крахмал. Во всем этом убедиться

очень легко. Возьмем обыкновенной речной воды, а еще лучше прибавим к ней немного какой-нибудь шипучей, например сельтерской, содержащей углекислоту, и комок зеленой тины и выставим на свет. Очень скоро мы заметим, что наша тина как бы вспенится, то-есть покроется мелкими пузырьками, и всплывет наверх; эти пузырьки — выделенный водорослью кислород. В то же время при помощи микроскопа мы могли бы убедиться, что в клеточках водоросли, в зеленых зернах хлорофилла, появился, если его еще прежде не было, крахмал. Таким образом, мы убеждаемся, что растворенная в воде углекислота разложилась, ее кислород выделился пузырьками, а углерод пошел на образование органического вещества — крахмала. Этот процесс совершается во всех зеленых органах растений под влиянием света, потому-то эти растения и не нуждаются в готовой органической пище, они в состоянии сами вырабатывать ее под влиянием солнечного света. Ничего подобного не представляют нам грибы. Итак, вот к чему сводится антитеза между классом грибов и водорослей: одни зависят от присутствия готового органического вещества, но зато не зависят от света; другие не нуждаются в готовом органическом веществе, но нуждаются зато в свете, при помощи которого вырабатывают сами это органическое вещество из неорганических соединений, заимствуемых из воздуха и почвы.

Быть может, мне уже давно готовы возразить: речь зашла о лишайниках, а между тем мы отвлеклись совсем в сторону, занявшись изучением различия между грибами и водорослями. Но дело в том, что мы этим путем только вернее шли к цели, к пониманию особенностей в организации лишайников. В самом деле, если мы подвергнем микроскопическому исследованию любой из наших обыкновенных лишайников, то увидимся, что он представляет такое же строение, как грибы, то-есть во всех своих частях состоит из войлочной ткани, то рыхлой, то более плотной. Мало того, если мы обратим внимание на их органы размножения, на их споры, то увидим, что они образуются совершенно так, как у тех грибов, которые мы называли *сумчатками*. Исследуем те блюдца, которые так ясно видны и у самого обыкновенного лишайника, покрывающего старые заборы (фиг. 95); вырежем из них тонкий поперечный ломтик, и мы найдем в нем под микроскопом такие же продолговатые сумочки с теми же восемью спорами, как мы видели, например, у сморчка. Это сходство будет еще поразительнее, если мы будем сравнивать лишайники не со сморчками, а с другим мелким грибом, носящим латинское название *Peziza*. У этого последнего мы встретим такие же

¹ Заметим, к слову, что мнения ученых касательно питательности грибов значительно расходятся. С аналитической точки зрения вещество грибов по обилию белковых соединений должно быть отнесено к числу очень питательных, но этот вывод, повидимому, не подкрепляется физиологическими данными. Быть может, это противоречие зависит от того, что белковое вещество грибов, как показывают новейшие исследования, в грибной ткани тесно связано с клетчаткой.

блюдцеобразные органы, разрезав которые найдем такие же продолговатые мешочки с восемью спорами, как у лишайников. Одним словом, сходство микроскопического строения лишайников и известной группы грибов, именно грибов сумчатых, так велико, что некоторые ботаники — и едва ли не одним из первых был наш профессор Бекетов — отказались видеть в них самостоятельный класс растений, как это было общепринято. Бекетов прямо отвел им место в группе сумчатых грибов. Сходство с грибами стало еще очевиднее, когда нашлись лишайники, у которых споры образуются и таким образом, как у наших обыкновенных шляпных грибов (базидиальных, по научной номенклатуре), то есть не в сумках, а посредством оттяжки на концах особым образом развитых грибных нитей.

Но если по своему строению лишайники так близки к некоторым грибам, что их невозможно даже отличить, то по своему образу жизни, по своим физиологическим особенностям они резко от них отличаются.

Относительно способа питания тех лишайников, которые покрывают кору деревьев, мы, конечно, не можем сказать ничего определенного, для этого еще нужны опыты, но значительное число лишайников живет в таких условиях, которые исключают присутствие готовой органической пищи. Они первые появляются на поверхности голых скал или на песке, не содержащем другой растительности. Цепляясь за гладкую поверхность скал, они разрушают, разлагают горную породу, способствуют ее выветриванию и готовят почву для других, более сложных форм — мхов и, наконец, цветковых растений. Существуют даже указания, что лишайники могут поселяться на такой, повидимому, непригодной для растительности почве, как гладкая поверхность стекла. Их находят, например, на оконных стеклах старых готических церквей. Весьма вероятно, что эта способность поселяться на бесплодных поверхностях и действовать на них разлагающим образом находится в связи с другой замечательной особенностью лишайников — значительным содержанием в них одной из самых энергичных органических кислот — щавелевой. В некоторых лишайниках половина всего сухого веса состоит из щавелевокислых солей. Эта кислота содействует, вероятно, растворению горных пород; и действительно, на поверхности клеточек войлочной ткани лишайников находят отложения щавелевокислой извести, вероятно происшедшей вследствие разложения горных пород, на которых произрастают лишайники. В свою очередь, эта особенность лишайников, вероятно,

находится в связи с особенностью, подмеченной в их процессе дыхания. Между тем как процесс дыхания большинства растений сводится к поглощению кислорода и выделению приблизительно равного объема углекислоты — причем весь поглощенный кислород выделяется обратно в форме углекислоты. — при дыхании лишайников выделяется менее углекислоты, чем поглощается кислорода, причем значительная доля кислорода усваивается, накапливается в организме; она, вероятно, и служит для образования кислот.

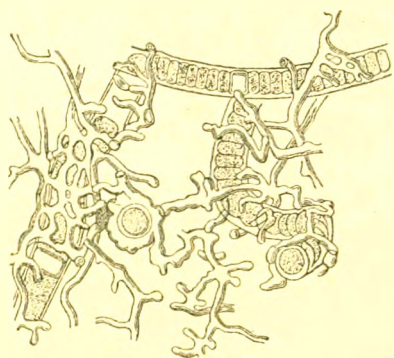
Всего сказанного достаточно, чтобы нас убедить в том, что лишайники ведут образ жизни, совсем отличный от грибов; грибы требуют готовой органической пищи, а эти поселяются на бесплодной почве, не содержащей органического вещества — очевидно, они сами способны его вырабатывать. Но мы уже не раз говорили, что эта способность связана с присутствием хлорофилла. Только растения, содержащие хлорофилл, могут под влиянием света разлагать углекислоту, этот повсеместно, в воздухе и в воде, распространенный источник углерода. Правило это не представляет исключений. Подтверждают его и лишайники. Между клеточками грибной ткани в каждом лишайнике встречаются и другого рода клеточки, зеленого цвета. Они находятся в тесной, неразрывной связи с бесцветными клеточками войлочной ткани, образуя чаще всего более или менее толстый слой под наружной поверхностью лишайника. По своему виду они невольно напоминают некоторые водоросли; то они шаровидны (фиг. 100) и разбросаны без видимого порядка, то соединены группами или наподобие четок, то, наконец, вытянуты в длину, образуя правильные ряды (фиг. 99), простые или ветвящиеся. В каждой из подобных форм можно было почти узнать какую-нибудь известную водоросль.

Эти зеленые (иногда синева-зеленые, буроватые), содержащие хлорофилл клеточки обозначают особым термином: их называют гонидиями. Немало хлопот наделали ботаникам эти гонидии, пока наконец удалось разъяснить их истинное значение. Сколько труда было, например, потрачено одним немецким ботаником, Швенденером, на то, чтобы доказать, что эти зеленые клеточки вырастают на грибных нитях — факт, оказавшийся потом неверным.

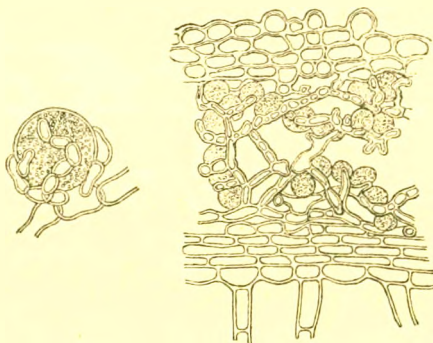
Что эти гонидии совершенно сходны с водорослями, что некоторые лишайники представляются как бы нитчатыми водорослями, оплетенными грибными нитями лишайника (фиг. 100), на это указывал известный немецкий ботаник де-Бари, специалист по грибам. Но решающим обстоятельством, заставившим ботаников изменить вековые воззрения на лишайники, было замечательное открытие двух русских ботани-

ков — Фаминцына и Баранецкого. Этим ученым удалось, вымачивая долго в воде ткань некоторых лишайников, высвободить из них эти зеленые клеточки, эти гонидии, и тогда оказалось, что сходство их с водорослями еще более полное, чем можно было ожидать. Оказалось, что, освобожденные таким образом от оплетающих их грибных нитей лишайника, клеточки эти способны обнаружить одно из самых типических жизненных явлений, характеризующих водоросли, — способны размножаться при помощи зеленых движущихся спор, уже знакомых нам зооспор.

специалисты по лишайникам, так называемые *лихенологи*. Как, восклицали они, самостоятельный класс растений, изучению которого мы посвятили чуть не целую жизнь, вычеркивается из списков, оказывается раскассированным и включенным в кадры другого! Некоторые в своих сетованиях доходили до лиризма: быть не может, восклицали они, чтоб эти «милые лишайники», которые мы изучали с такою любовью, оказались только жалкой водорослью, которую какой-то гадкий гриб оплел своими нитями, как паук оплетает свою жертву. Но ни подобные, почти трогательные сетования, ни гораздо менее



Фиг. 99. Грибные нити охватывают лишайнике нити сине-зеленой водоросли.



Фиг. 100. Грибные нити оплетают шаровидные зеленые водоросли.

На глазах у этих наблюдателей зеленое содержимое гонидиальных клеточек делилось, распадалось на несколько зооспор, которые, покидая оболочку произведших их клеточек, уносились во все стороны. Стало ясно, что гонидии не только похожи на водоросли, но могут становиться настоящими водорослями, то-есть могут самостоятельно размножаться, как водоросли. Но что же в таком случае будут сами лишайники? Фаминцын и Баранецкий не дали ответа на этот вопрос. По странной иронии судьбы, его дал тот самый Швенденер, который, как мы только что видели, потратил столько труда для того, чтобы первоначально притти к превратному заключению касательно происхождения этих гонидий. Швенденер определенно высказал мнение, что лишайники не самостоятельные организмы, а сочетание гриба с водорослью, что это грибы-водоросли. Можно себе представить всеобщее изумление, даже бурю негодования, вызванную этим смелым заявлением. Особенно задетыми за живое оказались те именно ботаники, которых это открытие всего более касалось,

симпатичное, глухое и слепое упрямство присяжных лихенологов не могли помешать очевидности фактов. Более внимательное микроскопическое исследование показало, что, действительно, не гонидии вырастают на грибных нитях лишайника, а напротив — последние присасываются к гонидиям, то-есть водорослям, срастаясь с ними, пуская даже в них отростки. Припомнился и давно известный факт неудачи посевов спор лишайника. Никому, действительно, не удавалось еще из спор лишайника получить взрослый лишайник. Споры прорастали, то-есть пускали трубочки, и затем все замирало. Теперь стало ясно, что так и быть должно, если природа лишайника сложная. Прорастая, спора должна найти соответствующую водоросль, и тогда только начнется их совместное развитие в форме лишайника. Являлась мысль испытать искусственный синтез лишайника из составляющего его гриба и водоросли. После первых успешных поисков в этом направлении Рееса и Воронина Шталю удалось наконец осуществить этот синтез вполне, то-есть из споры ли-

шайника и соответствующей водоросли получить настоящий взрослый лишайник. В еще более совершенной форме, то-есть соблюдая все экспериментальные предосторожности¹, устраняющие все сомнения, этот опыт синтеза лишайников был недавно повторен Бонье. Следовательно, в настоящее время не может быть сомнения, что лишайники не самостоятельные организмы, а нечто до тех пор невиданное в природе, сочетание двух организмов из двух совершенно разнородных классов растительного царства. Остановимся несколько более на оценке этого факта, выясним всю его необычайность, его коренное отличие от других явлений, которые с первого взгляда могут показаться сходными с ним. Во-первых, очевидно, что нет ничего общего между этими грибами-водорослями и теми средними, или переходными, формами, какие уже давно известны в ботанике и особенно в зоологии, каковы, например, орниторинх, лепидосирен и проч. Там мы имеем дело с простым организмом, только совмещающим в себе некоторые признаки, характерные для представителей двух различных классов, — здесь мы имеем дело с организмом действительно сложным, происшедшим через срастание, полное слияние двух совершенно разнородных и самостоятельных организмов, до того полное, что продукт является своеобразным целым. Для обозначения этого совершенно нового явления пришлось придумать новый термин — совместного житья, сожития, или *симбиоза*².

Еще большее сходство на первый взгляд это явление симбиоза представляет с паразитизмом. Нам известны бесчисленные случаи, где грибы, микроскопические и не микроскопические, нападают на другие растения — случается даже, один микроскопический гриб нападает на другой, микроскопический же, гриб для того, чтобы питаться на его счет; почему бы не нападать им и на водоросли? Это и случается в действительности, но только между паразитизмом и симбиозом существует коренное различие. Паразит истощает, истребляет свою жертву; от сим-

биоза же водоросли, то-есть гонидии, не только не погибают, но, очевидно, выносят пользу: их клеточки не страдают, а поправляются, разрастаются, принимают более цветущий вид. В чем же заключается эта обоюдная польза? Польза, которую гриб извлекает из водоросли, очевидна; обладая хлорофиллом, она может питать и его и себя на счет повсеместно присутствующего источника углерода — углекислоты, которую она извлекает из воздуха или из воды и разлагает при содействии солнечного света. Отсюда понятна и возможность существования лишайников на совершенно бесплодной почве, немислимого для других грибов, идущих не впереди, а только по пятам других растений, уже заготовивших необходимую им органическую пищу. Труднее объяснить, какую пользу извлекают водоросли от сожительства с грибами. Возможно, что эта польза двоякая. Грибы, конечно, доставляют им в большем изобилии минеральные соли, которые сами, как мы видели, добывают, разрушая горные породы, вероятно, при содействии выработанных органических кислот¹. Без участия грибного организма водоросли, по природе приспособленные к жидкой среде, едва ли могли бы приходить в такое полное соприкосновение с твердой сухой почвой, а следовательно, и так успешно извлекать из нее пищу. С другой стороны, водоросли не были бы в состоянии выдерживать на открытой, незащищенной поверхности скал или коры деревьев то периодическое засыхание и замерзание, которое так безнаказанно переносят лишайники. Этим свойством эти последние, вероятно, обязаны грибному организму. Многолетние сухощавые грибы, так называемые древесные губки, как известно, также легко переносят засуху и холод; напротив, водоросли при этом наверно погибли бы (или, пожалуй, превращались бы в покоящиеся органы). Под защитой оплетающей их грибницы они безнаказанно переживают и засуху и морозы, без перерыва продолжают свое развитие, как только наступают благоприятные условия влажности температуры.

Таким образом, симбиоз является прямой противоположностью паразитизма. Паразитизм — это борьба насмерть, симбиоз — мирная ассоциация, основанная на взаимной пользе. Нам так прожужжали уши словом «борьба», к тому же понимаемым совершенно превратно, в самом грубом, узком смысле, что как-то особенно отраднo остановиться мыслью на этом мирном уголке природы, где два бессозна-

¹ На стерилизованной почве, в сосудах, куда не было доступа другим организмам, кроме тех спор и водорослей, которые высеяны.

² Как только был констатирован факт симбиоза лишайников, со всех сторон стали открываться факты еще более поразительного симбиоза между растениями и животными. Так например, некоторые инфузории и морские черви содержат в себе живые водоросли, способные разлагать углекислоту. Здесь мы, следовательно, не в первый раз встречаемся с настоящими животнo-растениями, то-есть организмами, исполняющими типические функции представителей того и другого царства. Рассмотрение этих в высшей степени любопытных фактов, однако, отвлекло бы нас слишком далеко от нашего предмета.

¹ А может быть, грибные нити доставляют и углекислоту, так как некоторые опыты делают вероятным, что лишайники пользуются не столько углекислотой воздуха, сколько углекислотой, растворенной в воде.

тельных существа подают пример разумного союза, направленного к обоюдной пользе.

Теперь нам понятна роль этих загадочных лишайников в общей экономике природы. Выступит ли где из вод океана подводный утес, оторвется ли обломок скалы, обнажив свежий, не выветрившийся излом, выпадет ли валун, века пролежавший под землей, — всегда, везде, на голой, бесплодной поверхности первым появляется лишайник, разлагая, разрыхляя горную породу, превращая ее в плодородную почву. Он забирается далее всех растений на север, выше всех в горы; ему нипочем зимняя стужа, летний зной; медленно, но упорно завоевывает он каждую пядь земли, и только по его следам, по проторенному им пути появляются более сложные формы жизни. В чем же тайна этого успеха? «Concordia res parvae crescunt»¹, как будто отвечает нам каждое из этих ничтожных существ. В согласии, в союзе сила. В союзе между кем? Конечно, не между паразитом и его жертвой, кон-

чающемся гибелью обоих. Нет, в союзе между двумя равно плодотворными началами, между тем, которое черпает свою пищу из земли, и тем, которое заимствует свои силы у их чистейшего источника — у света. *Nil sale et sole utilius*¹. В этих словах вся тайна растительной жизни. Свет солнца и соль земли — вот два равно необходимых начала жизни. Вот где кроется тайна успеха, делающая из этой *parva res*² могучего пионера растительного мира. Вот ключ к загадке, которую предлагает мыслящему человеку это маленькое растение-сфинкс.

Ничтожный лишайник в своей скромной сфере разрешил свою загадку жизни, а человечество стоит беспомощно перед грозным сфинксом будущего, тщетно пытаясь разгадать его загадку: что нужно сделать, чтобы свет цивилизации стал достоянием того, кто, помогая его добыванию, получает в свой удел пока лишь мрак и бедность? Что нужно сделать, чтобы «соль земли» могла бы стать и «светом миру»?

¹ Малые начинания растут благодаря согласию.

¹ Нет ничего полезнее соли и солнца.

² Буквально: малая вещь, мелочь.

БОРЬБА РАСТЕНИЯ С ЗАСУХОЙ¹

I

Вот уже скоро год, что мысли русского человека невольно снова и снова возвращаются к тому же предмету — к страшному бедствию, лишившему значительную часть населения настоящего хлеба и отразившемуся вширь и вдаль на всех почти сторонах народной жизни. Естественно, что и мысль натуралиста обращается к тому явлению, которое было ближайшей физической причиной этого бедствия. Где же исходная точка этого грозного явления? На известной площади обширной хлеботородной равнины возделываемые растения не получили необходимого для них количества влаги, или, вернее, получили его не во-время, или, выражаясь, быть может, еще определеннее, израсходовали его в известный момент своего существования более, чем имели в своем распоряжении². Едва ли какие рассуждения могут красноречивее этого рокового опыта убедить в том, как тесно связано благоденствие русского человека с существованием растения. Живется хорошо растению — хорошо живет и человеку; гибнет растение — неминуемое бедствие грозит и человеку. А от этой мысли недалеко и до вопроса: все ли мы делаем, чтоб удовлетворить потребностям, даже только чтобы узнать потребности этого общего коомильца — растения?

В настоящую минуту, когда всеобщее внимание сосредоточено на изыскании мер борьбы с засухой, я полагаю, небесполезно ознакомиться с теми мерами, которые применяет само растение в борьбе с этим злом, постоянно грозящим его существованию. Во избежание недора-

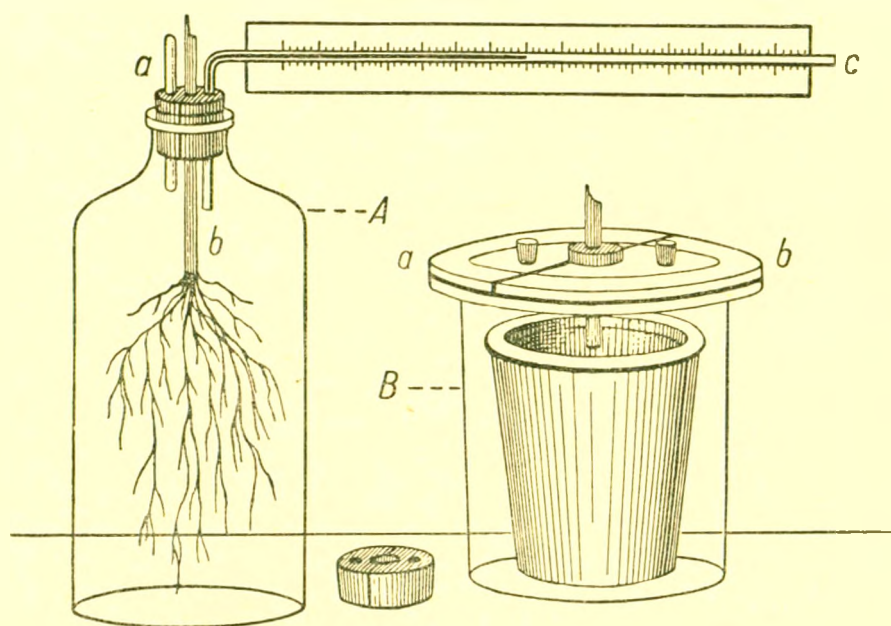
зумений, считаю необходимым с первых слов оговориться, что не имею в запасе каких-либо прямых практических советов, которые так обильно сыплются со всех сторон, как призванных, так и непризванных. Дело людей, стоящих лицом к лицу с грозным бедствием, оценить, в чем и насколько человек может с пользой подражать природе; ботаник может снабдить их необходимым материалом для более глубокого понимания явления.

Прежде всего поставим ребром вопрос: для чего нуждается растение в воде? С первого взгляда вопрос этот может показаться праздным. Во-первых, вода входит в химический состав вещества растения; во-вторых, старое химическое изречение: *согрга non agunt, nisi soluta*¹ — учит, что никакие химические взаимодействия, а следовательно, и те разнообразные химические процессы, которые совершаются в растении, не могут проявляться иначе, как в этой среде, да и ежедневный опыт подтверждает, что в сухом семени жизнь таится, дремлет, пробуждаясь только при его разбухании. К этим общеизвестным фактам физиология еще добавляет, что вода является не только важным фактором в химизме питания, но что она же определяет и механизм роста. Рост — все равно целого растения или определяющий его рост отдельных клеток, — сводится в конечном результате на поглощение воды. Отнимая известным образом воду, ботаники умеют вызывать явления, обратные росту, заставляют растение, так сказать, попятиться назад, сократиться, вернуться в известной мере к прежним размерам. Таким образом, и химизм и механизм растительной жизни тесно связаны с наличием некоторого коли-

¹ Публичная лекция, читанная в Москве весной 1892 года.

² Повидимому, главной причиной засухи были иссушающие ветры, «суховей», вызвавшие усиленное испарение воды растениями.

¹ Тела не оказывают действия, если не растворены. Здесь разумеется химическое действие.



Фиг. 101. Аппарат с капиллярной трубкой для измерения испарения по всасыванию воды.

чества воды. Эта потребность сама по себе очевидна, она не нуждается в дальнейшем объяснении, а с другой стороны, если бы дело ограничивалось только ею, растение едва ли когда-либо страдало от недостатка воды, и нам едва ли когда-нибудь приходилось бы слышать о засухах и их последствиях.

Но рядом с этой организационной водой, которую растение издерживает на свои существенные потребности, оно еще предъявляет требования на гораздо более значительные количества воды, которые, получая с одного конца, расходует с другого, — поглощая корнями, испаряет листьями. Вот эта-то расхожая вода, только проходящая через растение, и составляет источник всех бед для растения и стоящего в зависимости от него человека. Естественно возникает вопрос: нуждается ли, строго говоря, растение в этой воде, которую оно тут же отдает воздуху? Это явление — испарение воды, — представляет ли оно необходимое физиологическое жизненное отправление или только неизбежное физическое зло, бороться с которым приходится растению и человеку? Ответить на этот вопрос уже далеко не так легко.

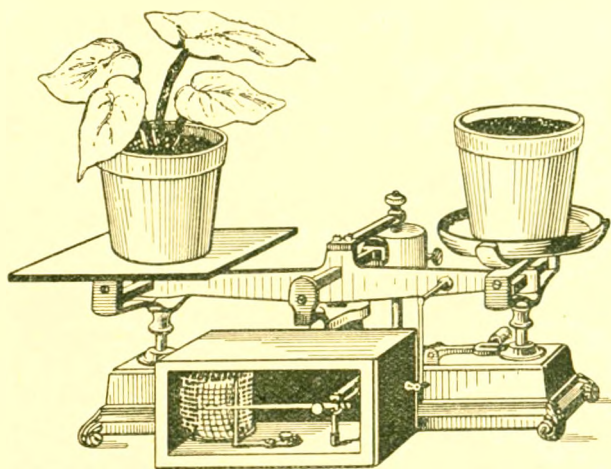
Прежде всего посмотрим, как узнаем мы, что растение испаряет воду, как приблизительно оцениваем или более точно измеряем количество этой испаряемой воды. В том, что растение испаряет воду, мы убеждаемся, конечно, из необходимости поливки для предотвращения завядания, причем очевидно, что количество употре-

бляемой для поливки воды значительно превышает объем растения. Но для того чтобы узнать в точности, сколько испаряет растение, необходимо поступать так, чтобы устранить испарение с поверхности почвы (и стенок горшка, если берем отдельное растение). Английский ученый Стивен Гельз в своем классическом сочинении «Vegetable statics» («Статика растений») разрешил эту задачу еще в начале XVIII века. В настоящее время всего удобнее производить опыт следующим образом. Горшок с растением помещают в другой сосуд, с просверленной крышкой, плотно охватывающей основание стебля (фиг. 101, B)¹. Такое устройство удобно в том отношении, что почва и корни получают необходимый воздух, чего не было бы, если бы пересадить растение в наглухо закрытый стеклянный, металлический или му-

¹ Всего лучше брать толстую стеклянную банку с пришлифованными краями (какие употребляются в музеях для коллекций) и прикрывать ее пришлифованной также по краям и смазанной салом стеклянной пластиной. Пластина просверливается посредине и разрезается пополам так, чтобы обе половинки плотно обхватывали стебель. Промежуток между стеклом и стеблем может быть еще выложен просверленной и разрезанной пополам пробкой и замазан воском, употребляемым художниками для лепки. Остановливаясь на этих и дальнейших подробностях (для чего фигуры 101 и 103 сделаны крупнее), так как при помощи таких нехитрых приборов можно было бы получить много интересных данных, а самое производство опытов, быть может, нередко скрасило бы деревенский досуг.

равленный, вообще непроницаемый для воздуха, сосуд. Помещая весь прибор с растением на весы, легко определяем количество испарившейся через растение воды. В последнее время придумано несколько весов, прямо записывающих количество испаряющейся воды. Самым удачным из этих приборов следует считать эвапораметр известного Ришара с недельным заводом и приспособлением, позволяющим изменять по желанию степень чувствительности прибора (фиг. 102). Такие самопишущие весы дают нам непрерывную запись, изо дня в день, из часа в час отражая все влияния, испытываемые растением¹. Если мы не располагаем таким довольно ценным прибором или даже хорошими, удобными (всего лучше — десятичными) весами, то можем приблизительно точно изучить явление при помощи следующих крайне простых и, можно сказать, грошовых приборов. Возьмем банку с широким горлышком, в которое можно плотно вогнать пробку (фиг. 101, А). Просверлим в этой пробке отверстие и, разрезав ее пополам, охватим плотно двумя половинками стебель (ветви или отмытого от почвы целого растения с корнем) и закрепим его в горлышке нашей банки. Просверлим в той же пробке еще два маленьких отверстия: одно, через которое по мере надобности будем доливать воды в банку, заткнем стеклянной палочкой, а в другое воткнем загнутую под прямым углом длинную горизонтальную трубку (bc)². Если все части — банка и горизонтальная трубка — наполнены водой, а отверстие, через которое проходит стебель, тщательно замазано воском, получается крайне чувствительный прибор для изучения испарения. По мере испарения воды через листья корень сосет воду из банки, и столбик воды в горизонтальной трубке начинает втягиваться. Снабдив трубку делениями, вытравленными на стекле или просто нанесенными на полоске бумаги, мы можем измерять количество испаряющейся воды. Если просвет трубки мал, то нетрудно сделать прибор, который будет показывать количество воды, испаряемой на этот раз уже не в час, а в одну минуту³. Но всего проще следующий прибор, одинаково удобный и для продолжительных и для кратковременных опытов, не требующий к тому же,

чтобы стебель был плотно заделан в пробку, что во многих случаях (как, например, со злаками) неудобно и даже недостижимо. В широкое горлышко банки (А) (фиг. 103) при помощи просверленной пробки закрепляют исследуемое растение. Через другое отверстие той же пробки проходит два раза изогнутая трубка (cbc), служащая сифоном. Конец ее снабжен короткой наставкой из каучуковой трубки, заткнутой стеклянной палочкой. Если вынуть эту палочку, вода вытечет из сосуда до уровня *mn*. Тогда затыкают палочку и через третье отверстие пробки (d) приливают в сосуд определенное количество воды, отмеренное (раз или несколько раз) до верхней черты цилиндрика (В). После желаемого



Фиг. 102. Самопишущий измеритель испарения (эвапораметр).

промежутка времени (например каждое утро) вынимают стеклянную палочку и дают всему количеству воды, оставшемуся выше уровня *mn*, стечь обратно в цилиндрик (В). Зная, сколько прилили воды и сколько вытекло обратно в цилиндрик, узнаем, сколько испарилось. Стоит дополнить цилиндрик снова до верхней черты и вылить в банку (А) — и прибор готов для следующего наблюдения. При помощи таких крайне простых, самодельных приборов можно тем не менее произвести целый ряд любопытных наблюдений над зависимостью испарения от различных внешних влияний. Строго говоря, на этот раз мы измеряем не испарение, а вызываемое испарением всасывание воды корнем; но эти две величины очень близки, так что измерение этой последней может часто вполне заменить более хлопотливое измерение первой.

Получив понятие о способах измерения этого явления (самом совершенном и самом простом), посмотрим, как велик этот расход воды за весь

¹ На лекции находился в действии такой прибор, давший запись за время чтения. Для настоящих опытов на воздухе необходимо еще приспособление, ограждающее весы от порывов ветра.

² Лучше всего брать плоскую трубку, какие употребляются для больших уличных термометров.

³ Помещенное в таком приборе растение лакфиоли на лекции ясно показывало испарение воды в одну минуту. Вдвигая стеклянную палочку, вгоняем воду обратно в трубку каждый раз, когда столбик воды дойдет до начала делений шкалы.

жизненный период однолетнего растения. Таких определений произведено очень много; одни из наиболее надежных принадлежат Вольни. Приводим цифры для четырех растений, выраженные в фунтах, за полный вегетационный период:

Кукуруза	Овес	Горох	Горчица
27	17	10	10

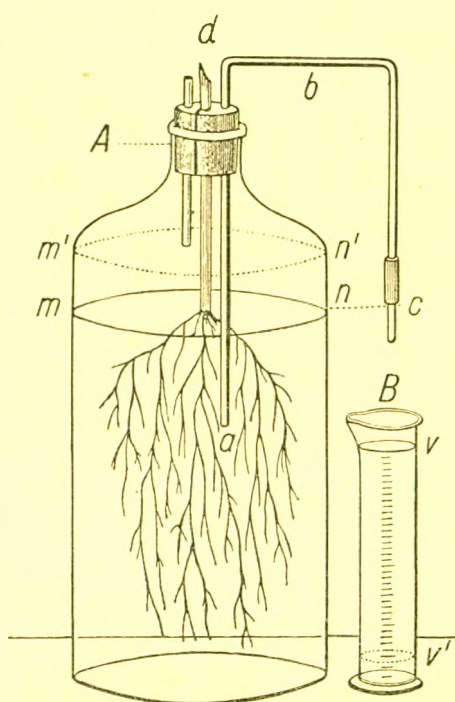
Посмотрим, сколько окажется при перечислении на десятину, засеянную кукурузой¹. По Дегерену, можно считать 30 растений на квадратный метр, или 300 000 на гектар. Переводя на десятину и пуды или ведра, получим 217 000 пудов, или 290 000 ведер. Следовательно, десятина кукурузы испаряет за вегетационный период в круглых цифрах 200 000 пудов, или 300 000 ведер, воды. Но эти цифры, как и вообще всякие большие цифры, говорят более воображению, чем уму. Они приобретают более определенный смысл, если сравнить их, с одной стороны, с урожаем, а с другой — с количеством дождя, получаемым за тот же промежуток времени растением.

По самым многочисленным и обстоятельным исследованиям Гельригеля, можно считать, что на каждую единицу сухого вещества, образуемого нашими злаками, растение испаряет 300 единиц воды². Это количество испаряемой воды громадно в сравнении с тем, которое мы называли водой организационной. Сочные травянистые части растения содержат до 20% сухого вещества; следовательно, для поддержания растения в нормальном состоянии достаточно на 1 часть сухого вещества доставить ему 4 части воды; испарит же оно за всю жизнь 300 частей. Найденное отношение между сухим весом и количеством воды, испаряемой в течение жизни растения, может послужить для приблизительной оценки расхода воды при наших обыкновенных культурах. Принимая во внимание обыкновенное содержание воды в зерне и соломе и обыкновенное отношение между урожаем зерна и соломы, мы можем сказать, что на каждую единицу веса зерна в урожае наши злаки испаряют 1000 единиц воды, то-есть для получения пуда зерна мы должны доставить растению, в круглых цифрах, 1000 пудов воды.

Посмотрим теперь, как велик этот расход воды, испаряемой растением, в сравнении с коли-

¹ По отношению к этому растению вычисление более надежно, так как число растений определено точнее.

² По другим исследованиям и для других растений получают величины от 200 до 800 на единицу сухого вещества.



Фиг. 103. Прибор с сифоном для измерения испарения.

чеством воды, получаемым за это же время в виде дождя. Такие сравнения, очевидно, всегда удобнее делать в форме, обыкновенно употребляемой в метеорологии, то-есть определяя, какой высоты достигла бы эта вода, распределенная равномерным слоем на поверхности почвы. Гельригель вычисляет, что количество воды, испаряемое ячменем (рожь и пшеница дают близкие цифры) за весь период вегетации, покрыло бы поле слоем воды в 102 миллиметра. Среднее же количество воды, выпадающее за этот промежуток времени в этой местности (северная Пруссия), — 152 миллиметра; но бывали годы, когда оно падало до 77. По наблюдениям Рислера, количество воды, испаряемое пшеницей на его полях (близ Женевского озера), равнялось приблизительно 2,7 миллиметра в день, а среднее количество дождя за четыре летних месяца равнялось 2 миллиметрам в день. Таким образом, количество воды, выпадающее в виде дождя, или очень близко к количеству, испаряющемуся через растение, или может быть даже менее его. В последнем случае недостаток, очевидно, пополняется из запаса воды в почве, а когда количество дождя падает значительно ниже обыкновенного, обнаруживается засуха. Так было, повидимому, у нас летом 1891 года. По метеорологическим данным, за четыре месяца (с апреля по июль) в восточных губерниях выпало 111 миллиметров вместо

среднего количества 199, а в юго-восточных — 69 вместо среднего количества 138 миллиметров.

Мы видим, следовательно, как ограниченно доступное обыкновенно растению количество воды и как легко могут отражаться на проявлениях растительной жизни колебания в количестве атмосферных осадков. Собственно говоря, даже поверхностный взгляд на обычное течение растительного процесса у наших культурных растений ясно в том убеждает. Если в начале лета наши взоры тешит мягкая изумрудная зелень полей, а заостренные пожелтевшие былинки вселяют тревогу и отчаяние, то в исходе лета глаз ищет золотого моря клонящихся от тяжести колосьев и с опасением встретил бы на их месте сочную зеленую листву. То, что за несколько недель представилось бы неожиданным бедствием, является теперь входящим в наши расчеты естественным условием успешной жатвы. Таким образом, очевидно, что желательный для человека ход растительного процесса совершается по отношению к влажности в очень тесных пределах, а так как результат зависит от равновесия между приходом воды в почву и ее расходом в растении, то понятно, какую важную роль играют все обстоятельства, определяющие этот расход¹.

II

Ознакомившись со способами изучения занимающего нас явления, переходим к рассмотрению уже возбужденного нами вопроса: представляет ли оно простое физическое явление — результат условий существования растения, и только, или мы должны видеть в нем процесс физиологический в том смысле, что он необходим для поддержания жизненных отправлений растения? Вопрос в высшей степени важный. Эта громадная трата воды — производительна она или нет? Польза, извлекаемая растением, соответствует ли тому риску, той опасности, которой подвергается постоянно растение? Нужно ли растению испарять воду, как ему нужно питаться, дышать и т. д., или оно только не может не испарять, потому что таковы условия его существования? Одним словом, испарение воды есть ли необходимое физиологическое отправление или только неизбежное физическое зло? От разрешения этого вопроса, очевидно, должна зависеть основная точка зрения на это явление.

Посмотрим, в каком отношении стоит испарение к другим, несомненно существенным, отправлениям растения, а затем обсудим вопрос, могло ли бы растение обойтись и без этого процесса.

Очень часто представляют себе, будто без испарения невозможно было бы питание растения. Растения, говорят, всасывают корнями пищу из почвы, а для того, чтобы всасывать ее, они должны испарять воду с другого конца. Высчитывают даже, сколько питательных веществ растворено в почвенной воде и, следовательно, как велики должны быть количества проходящей через растение воды для отложения в нем необходимых минеральных веществ. Но эти рассуждения грешат с двоякой точки зрения: во-первых, испарение и вызываемое им движение воды — не единственный нам известный механизм, доставляющий растению минеральные вещества из почвы; а во-вторых, для снабжения растения необходимым количеством минеральных веществ из почвы нет надобности в таких громадных количествах воды, как те, которые испаряются растением.

Воззрение на испарение как на процесс, обеспечивающий растение питательными веществами, было возможно, когда полагали, что растение всасывает питательные вещества, приблизительно как свечильня — масло. Но несостоятельность такого элементарного представления была доказана в начале столетия Соссюром, а позднее благодаря успехам физики в исследовании явлений так называемого осмоса и диффузии стало возможно и более удовлетворительное понимание процесса принятия питательных веществ. Всякое вещество, растворенное в воде, стремится равномерно рассеяться, диффундировать во всей массе доступной ему воды. Это легко доказать, наливая осторожно поверх окрашенного раствора чистую воду; еще удобнее можно это наблюдать, если в узкий, глубокий сосуд налить окрашенного желатина, а когда он застынет, покрыть его сверху слоем бесцветного желатина, который также застынет. Таким образом устранится возможность неосторожного взбалтывания жидкостей. Не пройдет и нескольких часов, как мы заметим, что резкая граница между цветным и бесцветным желатином ступается, красящее вещество начнет диффундировать в бесцветный верхний слой, пока не распределится равномерно по всей студенистой массе¹. Таким образом, растение, приходящее своими влажными корнями в соприкосновение с почвенной жидкостью, должно проникаться, насыщаться растворенными в жидкости веществами, даже если бы самая жидкость и не всасывалась. Конечно, это движение очень медленно, но мы могли бы его ускорить, взяв умышленно не неподвижный студень, а воду и слегка взбалтывая ее от времени до времени. Такое взбалты-

¹ Конец этой главы с значительно устаревшим содержанием опущен. *Ред.*

¹ На лекции было показано несколько таких опытов.

вание, как справедливо указал голландский ученый де-Фриз, действительно происходит в живых клетках вследствие движущейся в них протоплазмы. Следовательно, в явлениях диффузии, в связи с движением протоплазмы, мы имеем уже механизм для доставления питательных веществ из почвы.

Но этого мало: корни растений, помимо всякого испарения, способны всасывать воду из почвы и гнать ее в стебли и листья. По примеру немецких ботаников мы называем это явление корневым давлением или напором корня. Вот как обнаруживается это явление. Срежем стебель какого-нибудь растения почти вровень с почвой и на оставшийся отрезок стебля надвинем загнутую коленом стеклянную трубочку, наполнив ее предварительно водой. Через несколько времени заметим, что из отверстия трубочки начнет вытекать вода, и вскоре мы убедимся, что вытечет воды значительно более, чем сколько могло заключаться в обрубке стебля и корня. Значит, эта вода не выжимается только из корня, а всасывается им из почвы и гонится в стебель. Мы можем измерить силу этого напора воды через корень — стоит вместо отводной трубочки приставить ртутный манометр. В крапиве, например, этого напора было бы достаточно, чтобы поднять воду на высоту более двух сажен. По классическим определениям Гельза, в виноградной лозе этот напор вытекающего сока мог бы поднять воду более чем на 6 сажен. Нет даже надобности калечить растение для того, чтобы обнаружить это явление истечения сока под напором корня. Стоит любое растение, например молодые всходы овса или маиса, накрыть колпаком, и через несколько времени на верхушке былинки появятся капельки, которые будут скатываться и вновь появляться, указывая на выталкивание воды из тканей. То же явление наблюдается по вечерам летом, когда воздух насыщается парами: вода, которая днем успевала испаряться, выступает в виде капель. Следовательно, растения, во всяком случае травянистые растения, и без испарения могли бы быть обеспечены притоком воды из почвы. Но, повидимому, и у многих древесных растений под одним напором корня вода могла бы достигнуть вершины стеблей, так как известны многочисленные случаи выделения воды листьями и нераспустившимися почками древесных растений. Таким образом, вполне допустимо, что растение во многих случаях могло бы покрыть свою потребность в воде для питания без содействия испарения.

Но не имеем ли мы более убедительных, прямых указаний на то, что растение могло бы получать из почвы необходимые питательные вещества и без испарения, или, по крайней мере,

без испарения в таких размерах, в каких оно обыкновенно совершается? Устранить вполне испарение невозможно — для этого пришлось бы, как мы видели, лишить растение света; но можно в значительной степени ослабить этот процесс и посмотреть, будет ли растение тем не менее обеспечено необходимыми питательными веществами из почвы. Вполне определенный ответ на этот вопрос дают опыты Шлезинга над табаком. Этот ученый воспитывал три экземпляра табака на открытом воздухе и два под стеклянным колпаком. В среднем выводе, каждое из первых трех испарило втрое более воды и образовало менее органических веществ, чем растение под колпаком¹. Растения, более испарявшие, были богаче золой (в растении под колпаком было 13%, на воздухе — 21%); это только доказывает, что растения при сильном испарении получают ненужный для них избыток минеральных веществ². Более того, анализ показывает, что этот избыток приходился главным образом на долю тех веществ, которые должны быть признаны несущественными составными началами золы, как, например, кремнезем, хлор и проч. Таким образом, эти опыты самым недвусмысленным образом говорят нам, что для нормального образования органического вещества растение не нуждается в испарении таких громадных количеств воды, какие оно испаряет в действительности. Так, на одну часть образовавшейся органической массы на воздухе растение испарило 800 частей воды, а под колпаком — всего 175. Не можем ли мы заключить, что это был предел, что растение для покрытия своей потребности питания не могло бы довольствоваться меньшим количеством воды? Если руководиться вышеприведенными соображениями о концентрации доставляемых корнями растворов, то мы можем притти к заключению, что это количество могло бы быть еще менее. На двадцать частей органического вещества растение под колпаком содержало (в круглых цифрах) 2 части золы; для растворения этого количества минеральных веществ достаточно 1000 частей воды³. А мы видели,

¹ Более успешное образование органического вещества в этих опытах может быть объяснено большим количеством углекислоты, которая доставлялась растению под колпаком, но это обстоятельство для нас несущественно. Нас интересует только отношение между органическим веществом — золой — и водой, и по этому вопросу опыты дают вполне ясный ответ.

² Опыты Жодена также показывают, что можно получить в нескольких поколениях нормальные растения с половинным содержанием фосфорной кислоты. Отсюда видно, что усиленное испарение без пользы истощает почву.

³ Такова обыкновенная концентрация растворов, употребляемых при искусственных культурах, таково же приблизительно содержание, например, азотнокальцие-

что растение на воздухе испаряло $800 \times 20 = 16\,000$, то-есть в шестнадцать раз более, чем необходимо для доставления ему пищи из почвы.

Итак, мы видим, что растение, вероятно, могло бы питаться вполне нормально и без обычной громадной траты воды на испарение.

Что касается другой важнейшей функции растительной жизни — роста, то мы имеем убедительные опыты, доказывающие, что при ослабленном испарении рост только ускоряется. При помощи чувствительных приборов это можно показать даже в очень короткие промежутки времени, но и без всяких приборов нетрудно убедиться, что во влажной атмосфере органы растения достигают больших размеров. Высказанные выше общие воззрения на основной механизм роста делают это отношение к испарению вполне понятным. Основной причиной роста клеток мы считаем давление жидкого содержимого клеток на стенку: но если вода будет испаряться, то это давление будет уменьшаться. При дальнейшей трате воды наступят признаки завядания, то-есть ткани, находившиеся прежде в напряженном состоянии (под напором соков), спадутся.

Значит, ни для питания, ни для роста испарение в тех размерах, как оно обычно совершается, не может быть признано необходимым.

Но испарение может играть и третью роль в экономии растения: это роль регулятора температуры, умеряющего действие слишком сильного зноя. В жаркие летние дни даже в наших широтах растения могли бы подвергаться температурам прямо вредным, даже убивающим. Этот предел для сочных частей растений обыкновенно принимают при $50-52^\circ$ Цельсия, значит при 40° наших термометров. Но именно такие температуры приходилось наблюдать одному ботанику (Аскенази, в Гейдельберге) при помещении термометра в листья мясистых растений, как мы увидим, слабо испаряющих воду. С другой стороны, начиная с классических трудов Гельза, в литературе встречаются указания, что летнее солнце может оказывать вредное действие именно при условии ослабленного испарения, например в очень влажной атмосфере. На этом, вероятно, основано очень распространенное убеждение во

вреде поливки на солнце, во вреде солнца «сквозь дождь»¹. Следовательно, полезная роль испарения как регулятора температуры, понижающего ее, когда растение подвергается слишком сильному нагреванию солнечными лучами, не подлежит сомнению; но зато этому вреду растения, вероятно, подвергаются сравнительно редко, и мы увидим далее, что растение имеет средство оградиться от него, и не прибегая к усиленному испарению.

Итак, в общем выводе едва ли можно признать, чтобы испарение воды растением в тех размерах, в каких оно обыкновенно совершается в природе, соответствовало действительной, прямой потребности растения — потребности, которая не могла бы быть удовлетворена помимо такой громадной траты воды.

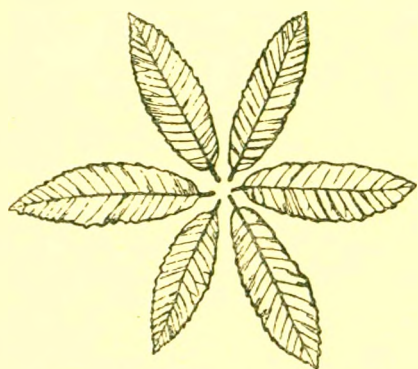
Но если этот расход воды не представляется нам понятной, необходимой физиологической потребностью растения, то не является ли он неизбежным физическим последствием других, понятных нам условий существования растения?

На этот раз мы получаем вполне определенный положительный ответ. Да, растение вынуждено испарять большие количества воды в силу своего строения, необходимого для удовлетворения совершенно иной существенной его потребности. В самом деле, для того чтобы не испарять воду, растению стоило бы только облечь свои воздушные части непроницаемым для воды веществом, как оно и делает со старыми стволами, покрытыми толстым слоем пробки, или, например, с яблоком. Попробуем, например, определить, как ничтожно испарение целого яблока, а затем, удалив с него кожицу, посмотрим, как быстро оно начнет испарять воду и сморщиваться. Почему бы растению не снабдить всей поверхности своих органов такой непроницаемой одеждой, которая отделяла бы его от пропитанной водой ткани от соприкосновения с воздухом и ограждала бы от убыточного, порою грозящего самой жизни испарения?

Физиология учит нас, что такое строение растения было бы несовместимо с самым существенным отправлениям его — питанием на счет углекислоты воздуха. Построенное таким образом растение, если бы и получало, как мы видим, пищу из почвы, было бы лишено возможности получать еще более важную для него пищу из воздуха. Весь свой углерод (то-есть около 45% своего сухого веса) растение получает из воздуха, а в воздухе этот элемент в виде углекислоты рассеян крайне скупо; $\frac{1}{5000} - \frac{1}{5000}$

вой соли в почве, по Шлезингу. О концентрации почвенных растворов других веществ нет повода говорить, так как такие вещества, как фосфорная кислота и калий, находятся главным образом в связанном состоянии и при их поглощении играет роль растворяющее действие корня. Если приводимое рассуждение, быть может, не вполне применимо к очень бедным почвам, то вполне верно по отношению к хорошо удобренным.

¹ Леклер прямо видит в насыщенной атмосфере причину желтения злаков, но при описании своих опытов не упоминает о действии солнца.



Фиг. 104. Распределение листьев каштана на побеге.

вот обычное содержание углекислоты в нашей атмосфере. Для того чтобы извлекать свой углерод из такого скудного источника, растение должно развить громадную поверхность соприкосновения с воздухом. Подобно тому как поверхность корня вытягивается в длину на целые версты, поверхность листьев раскидывается вширь, представляя площадь, во много раз превышающую площадь занятой растением почвы. Мало того, растение добывает углерод из воздуха только при содействии света — значит, свою зеленую поверхность оно должно развернуть так, чтоб уловить возможно более света. Эта потребность удовлетворяется с удивительным совершенством. Поверхностному наблюдателю кажется, что листья разбросаны по растению в артистическом беспорядке, но уже великий художник и внимательный исследователь природы Леонардо да Винчи подметил, что в распределении листьев проглядывает строгий порядок. Ботаники давно изучали этот порядок, эти законы распределения листьев, но, как и в других областях биологического знания, только в сравнительно недавнее время стали



Фиг. 105. Распределение листьев клена на побеге.

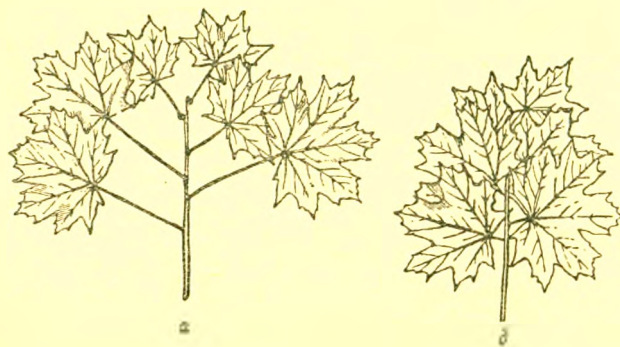
рассматривать это явление с точки зрения его смысла, его физиологического значения для растения. Можно сказать в коротких словах, что в распределении листьев, в размерах черешков, в размерах и форме пластины проглядывает одно основное правило: растение располагает свои листья так, чтобы не потерять ни одного луча солнца, воспользоваться каждым доступным местом, просунуть новый лист в каждый свободный промежуток между другими листьями. Если рассматривать листовую поверхность любого растения сверху или, еще лучше, по направлению преобладающего освещения, то все листья, выросшие и еще развивающиеся, смыкаются как бы в одну сплошную поверхность, без свободных промежутков, представляя то, что известный ботаник Кернер метко назвал «листовой мозаикой». Особенно ясно бросается в глаза отсутствие случайности и, напротив, строгое соответствие в форме, размерах и распределении всех частей, если представить себе листья одного растения перенесенными на стебли другого. Тотчас обнаруживается, что между ними оказались бы непроизводительные просветы, или, наоборот, они еще более непроизводительно затеняли бы друг друга. Вот, например, распределение листьев у клена и у каштана, если смотреть на них сверху (фиг. 104 и 105): широкие пластины первого на своих длинных черешках отнесены далеко от стебля; узкие пластины второго при своих коротких черешках почти сидят на стебле. Таким образом не теряется пространство и листья не затеняют друг друга. А вот что вышло бы, если бы листья клена были расположены, как у каштана (фиг. 104), сохраняя свои черешки (фиг. 106, а) или заимствуя его черешки (фиг. 106, б): в первом случае середина ветви представляла бы бесполезный просвет, во втором — листья затеняли бы друг друга¹.

Следовательно, листовая поверхность для обеспечения воздушного питания построена так, что представляет возможно большую поверхность соприкосновения с воздухом и в то же время возможно большую поверхность освещения. Но ведь эти два свойства представляют в то же время самые благоприятные условия для усиленного испарения: большая поверхность поглощения воздуха вместе с тем и большая поверхность испарения воды; большая площадь освещения в то же время и большая площадь нагрева. Доказательством этого служит тот факт, что те лучи света, которые поглощаются зеленым веществом листа — хлорофиллом, служат и для разложения углекислоты и для испа-

¹ Этот закон соотношений между шириной пластины и длиной черешка был указан профессором Бекетовым.

рения воды, так что растение, разлагающее углекислоту и затрачивающее на это часть солнечного тепла, испаряет слабее; растение же, не разлагающее углекислоты (например помещенное в атмосферу, лишенную этого газа), испаряет сильнее. Трудно было бы найти два процесса, которые зависели бы от таких почти тождественных условий.

Следовательно, растение роковым образом вынуждено много испарять, для того чтобы успешно питаться, так как условия обоих процессов одни и те же. Растение могло бы себя оградить от опасности засухи, то-есть жажды, только обрекая себя на верный голод. Ему при-



Фиг. 106. Ненормальное расположение листьев клена (см. текст).

ходится пролагать свой жизненный путь между Сциллой и Харибдой голода и жажды. Качественное, абсолютное разрешение этой дилеммы, повидимому, невозможно; возможно только количественное примирение антагонистических требований, сделка между наилучшим питанием и наименьшим расходом воды.

Посмотрим, как разрешает растение свою мудреную задачу.

III

Выяснив себе, какую роль играет в жизни растения испарение, и рассмотрев те условия, при которых оно происходит, мы невольно пришли к заключению, что процесс этот — по крайней мере, в тех размерах, в каких он совершается — скорее должно признать за неизбежное физическое зло, чем за необходимое физиологическое отправление. Для проверки этого вывода, как и всегда, лучше всего спросить само растение. Если наше суждение верно, мы должны ожидать, что в организации растения обнаружатся приспособления, клонящиеся не к тому, чтобы способствовать, а к тому, чтобы умерять это явление, чтоб оградить себя от этого

убыточного, опасного, порою грозящего самой жизни физического процесса. Так на деле и оказывается.

Самым простым, радикальным средством было бы покрыть все растение непроницаемой для воды оболочкой (как на яблоке и проч.), но мы видели, что это было бы несовместимо с питанием. Растение прибегает к средней мере: большую часть своей воздушной поверхности, но не всю, покрывает оно оболочкой, подобной нашей клеенке или вошанке. Это сравнение почти буквально верно. Утолщенные наружные стенки клеток кожицы пропитаны жирными или воскообразными веществами, вследствие чего вода не смачивает их, скатывается с их гладкой поверхности. Иногда воск этот выступает на поверхности в виде белесоватого налета, всякому знакомому на плодах сливы, на листьях капусты или ржи. Прямой опыт убеждает, что если стереть или растворить этот налет, растение испаряет воду сильнее. Значение толстой, непроницаемой для воды кожицы всего лучше обнаруживается из следующего сравнения: стоит посмотреть, как быстро, в несколько минут, завядают и засыхают на воздухе подводные растения и корни, лишенные такой кожицы. Особенно толстой, непроницаемой кожей обладают гладкие, блестящие, так называемые кожистые листья вечнозеленых растений жарких стран. Опыт также подтверждает, что эти кожистые листья испаряют менее воды, чем листья травянистые.

Оградив себя от убыточного испарения этой непромокаемой одеждой, растение разрешает вторую задачу — сохранение сообщения с атмосферой, изрешетив эту непроницаемую оболочку бесчисленными отверстиями, или продушинами, так называемыми устьицами. Число этих устьиц громадно: на одном листе их насчитывают сотнями, тысячами, даже миллионами. Тем не менее общая площадь их отверстий сравнительно очень невелика: по одному точному измерению, если принять поверхность листа за 1000, то сечение всех отверстий выразится цифрой 15.

Устьица представляют одно из наиболее распространенных и в то же время изумительных приспособлений, регулирующих испарение воды. Они открываются, когда растение переполнено водой, и сами собой закрываются, когда оно начинает страдать от недостатка воды, то-есть завядает. Это, следовательно, предохранительные клапаны, выпускающие пары, когда вода находится в избытке, и задерживающие их, когда в ней обнаруживается недостаток. Это главный регулятор, при помощи которого растение во-время может сократить расход воды. Замечательно, что у некоторых растений, все-

гда обеспеченных водой, как, например, у плавающей на воде ряски, устьица не представляют этого механизма раскрытия и закрытия¹.

Роль устьиц, как органов, умеряющих испарение, обнаруживается еще в целом ряде особенностей, касающихся их расположения на листе и свойств несущих их поверхностей. У растений с горизонтальной пластиной устьица почти исключительно расположены на нижней поверхности. Значение этого широко распространенного факта, очевидно, следующее. Воздух в освещенной солнцем рыхлой ткани листа, нагреваясь и насыщаясь парами воды, становится по этим двум причинам легче, вследствие чего, если б устьица находились на верхней поверхности листа, установился бы восходящий ток нагретого и влажного воздуха и входящий ток воздуха более холодного и сухого, а это значительно ускорило бы испарение. Наоборот, при устьицах, обращенных вниз, испарение будет зависеть только от разности в степени влажности внутреннего и наружного воздуха да еще от расширения внутреннего воздуха вследствие нагревания. Узнать, с какой стороны происходит испарение, обыкновенно очень легко: стоит поднести к листу охлажденное стекло или зеркало — получающийся легкий выпот обрисует на гладкой полированной поверхности все очертания листа.



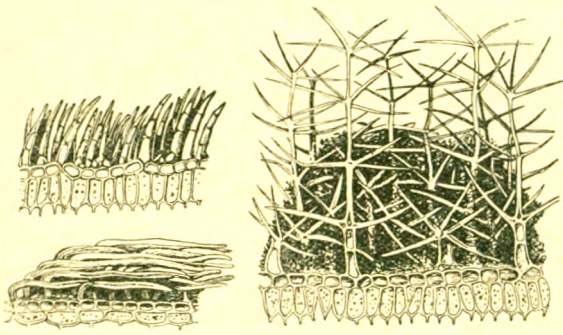
Фиг. 107. Различные формы волосков.

¹ Кроме этого главного механизма открывания и закрывания устьиц под влиянием избытка или недостатка воды, некоторые растения открывают еще свои устьица под влиянием непосредственного солнечного света. Польза этого механизма очевидна из того, что сказано выше об испарении как регуляторе температуры растения. Но этот второй механизм не препятствует первому, он подчинен ему: когда растение начинает завядать, оно закрывает свои устьица и вопреки действию света.

Выше мы видели, что к числу главных условий, ускоряющих испарение, должно отнести ветер. Только немногие растения, как показали опыты Визнера, оказывают отпор ветру и под его влиянием испаряют даже менее воды. Это загадочное явление объяснилось очень просто: устьица этих растений под влиянием ветра замыкаются прежде даже, чем обнаружатся признаки завядания в других частях листа. Но большинство растений лишены этого оригинального механизма и страдают от ветра, почему мы и встречаем иного рода приспособления для ограничения его вредного влияния. И на этот раз растение также применяет средства, до которых додумался и человек. В последнее время приходилось много слышать о лесных опушках и живых изгородях как практических мерах для борьбы с засухой. Обсадкой полей деревьями полагают поставить преграду ветру и ослабить его иссушающее действие. Оказывается, что растение давно пользуется этим приемом и если осуществляет его в микроскопических размерах, то зато на широкую ногу. Поверхность листьев у растений сухих климатов или подвергающихся сильной инсоляции нередко бывает покрыта волосками — при наблюдении в микроскоп, густой зарослью, целым лесом волосков, под защитой которого сохранились отверстия устьиц (фиг. 107, 108 и 109)¹. Волоски эти бесконечно разнообразны по форме и делают поверхность листьев бархатистой, пушистой, серой, порою почти белой, и этим достигается двоякая польза: густой войлок сплетающихся волосков не только задерживает движение ветра, но и служит полупрозрачной пеленой, умеряющей действие света. В тех случаях, когда волоски покрывают только нижнюю, несущую устьица поверхность листа, очевидно достигается только первый результат, и иногда именно по присутствию незаметных для глаза волосков можно легко узнать поверхность листа, несущую устьица, — стоит погрузить такой лист в воду, и между тем как верхняя поверхность сохранит свой обычный цвет, нижняя представится блестящей, серебряной от покрывающего ее, удерживаемого волосками слоя воздуха, который даже очень трудно удалить.

Тот же результат, то-есть замедление движения воздуха, достигается и другим путем. Вместо того чтоб обсадить отверстия устьиц этими опушками из волосков, растение погружает их в глубь листовой пластины, на дно более или менее глубоких впадин. Эта особенность,

¹ Рисунки эти представляют микроскопические изображения волосков, покрывающих поверхность листьев и стеблей различных растений.



Фиг. 108. Различные формы волосков.

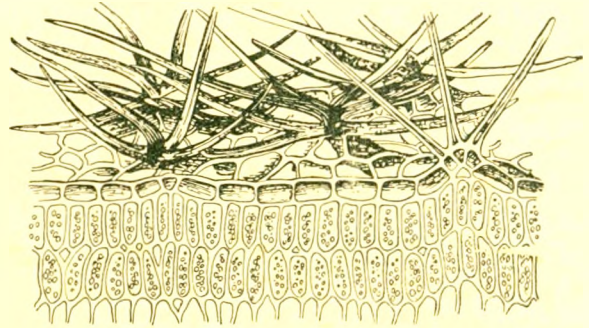
как и волосатость, характеризует растения сухих, знойных климатов. Наконец, встречаются и то и другое приспособления одновременно — устьице оказывается погруженным на дно глубоких впадин, вход в которые защищен волосками, как это наблюдается, например, у олеандра.

Мы только что заметили, что опушение верхней поверхности листа представляет другое значение — оно ослабляет падающий на растения свет. Здесь естественно возникает возражение: не будет ли эта польза достигаться в ущерб питанию листьев? Ведь мы видели, что испарение зависит не только от света, но даже от тех самых лучей, от которых зависит и питание. Не будет ли питание ослаблено в такой же мере, как и испарение? Оказывается, что нет, и в этом обнаруживается одно из любопытнейших приспособлений растения. Зависимость обоих отправлений от света вполне сходна, пока мы имеем в виду качественную сторону дела, но они подчиняются совершенно различным количественным законам. Испарение возрастает не пропорционально освещению (или, что все равно, нагреванию) листа на солнце, а быстрее¹. Питание же листа достигает своего высшего предела значительно ранее, чем солнечный свет достигает своего высшего напряжения, считая за таковое освещение горизонтальной поверхности листа летними полуденными лучами. Половины напряжения этого полуденного солнечного света оказывается достаточно для потребностей питания; весь дальнейший избыток не может уже быть использован растением и тратится на непроизводительное испарение

¹ Его можно считать, на основании исследований Леклера, пропорциональным упругости пара при данных температурах, так что, например, когда температура листа возрастает с 25° до 50°С (а мы видели, что растение может нагреваться до этого предела), то-есть вдвое, упругость пара возрастает вчетверо.

16 К. А. Тимирязев

или опасное нагревание. Следовательно, полупрозрачный войлок волосков, превращающий внешнюю окраску листа из яркозеленой в серую или даже белую, если он ослабляет свет не более как наполовину, почти не препятствует питанию, значительно понижая испарение. К этому следует прибавить, что самое испарение, если трата воды не успевает возмещаться всасыванием ее через корень, понижая содержание воды в листьях, вместе с тем понижает и воздушное питание листьями, и притом ранее, чем недостаток воды обнаружится в завядании. Это доказано классическими исследованиями Буссенго и позднейшими исследованиями Крейслера. Этим объясняются и результаты опытов Фаминцына, показавшего, что лист, остающийся продолжительное время непосредственно на солнечном свете, разлагает менее углекислоты, чем лист, защищенный прозрачной папиросной

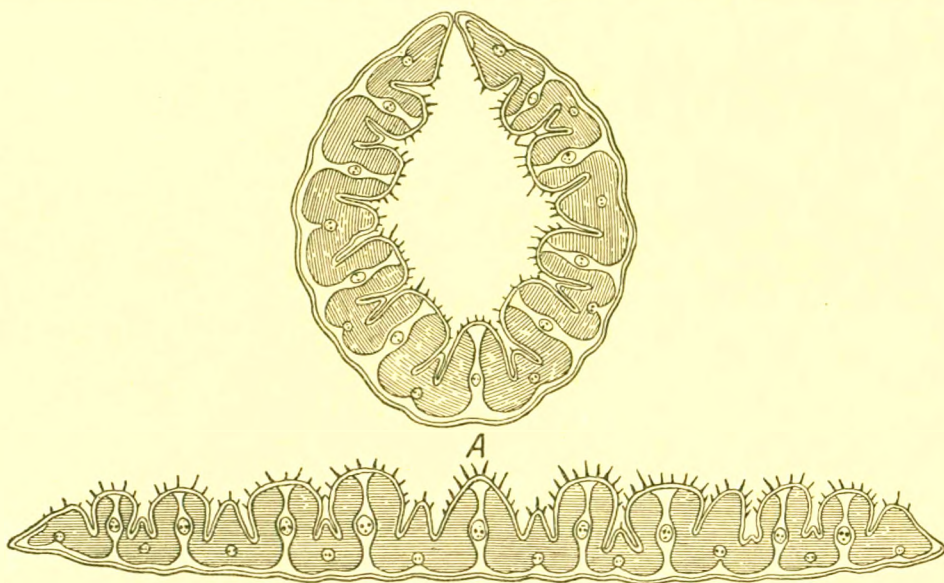


Фиг. 109. Различные формы волосков.

бумагой. Высказанных соображений достаточно для того, чтобы показать, какую пользу извлекают растения, подвергающиеся засухе, из опушения листьев или из той шапки седых волос, которой прикрываются, например, некоторые кактусы. Выражаясь метафорически, можно сказать, что растение воспользовалось различием в количественных законах, которым подчинены эти два явления — испарение воды и питание, — для того чтобы выработать одно из самых удивительных приспособлений в своей борьбе с засухой¹.

Сокращая по возможности расход воды с поверхности листьев, растения пустынь и вообще местностей, страдающих от недостатка влаги, в то же время обеспечивают себе доступ к более

¹ Мы не останавливаемся пока на любопытном факте прямого антагонизма между питанием и испарением, которого коснулись выше и еще коснемся далее, при оценке действия удобрений.



Фиг. 110. Поперечные разрезы через прямой и свернувшийся лист ковыля-тырсы.

глубоким запасам воды в почве посредством развития глубоко идущих корней.

Но всех этих мер может оказаться недостаточно. Тогда растение сокращает испаряющую поверхность листьев или, наконец, вовсе уклоняется от непосильной борьбы, отказывается от деятельной жизни, сбрасывает листву и на все время засухи приходит почти в такое же состояние оцепенения, в какое в наших широтах погружается при наступлении зимних холодов. Это явление нередкое под тропиками.

Уменьшение поверхности осуществляется весьма различными путями. Иногда, как, например, у растений из семейства толстянковых, листья вместо тонких, пластинчатых становятся толстыми, мясистыми, сочными; иногда же дело доходит до полной потери листьев, которые заменяются тогда мясистыми стеблями. Последнее явление всего резче выражено у кактусов и молочаев. Эти два семейства, далекие в систематическом отношении, принадлежат двум различным частям света и, однако, под давлением сходных потребностей выработали до того сходный внешний облик, что всякий неботаник едва ли различит мясистый безлистный молочай от кактуса. Благодаря отсутствию листьев растения эти, как показывают непосредственные определения, испаряют весьма мало воды. Тому же способствует малое число устьиц на сильно утолщенной коже, а также густой, богатый растворенными веществами сок, так как известно, что растворы, например, сахара или соли испаряют менее, чем чистая вода. Многие растения из мотыльковых также не несут листьев, и их сте-

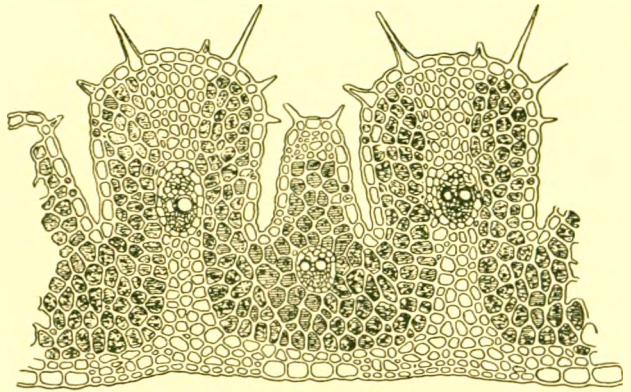
бли представляют голые зеленые прутья. Сокращение испаряющей листовой поверхности покупается на этот раз ценою задержки питания; любителям известно, как медленно растут кактусы. Нечто подобное представляют и некоторые наши растения, вынужденные довольствоваться ничтожными количествами воды, — они также сокращают свою поверхность, подбираются, превращаются в карликов. Это болезненное явление в растительной патологии так и называют нанизмом. Известны примеры проса и крупки (*Draba verna*), когда все растение было величиной в один сантиметр и тем не менее цвело, приносило семена, и, что еще удивительнее, из этих семян при благоприятных условиях вырастали нормальные растения.

Это уже меры, так сказать, отчаяния. Но спрашивается: не может ли растение уменьшать поверхность испарения, не уменьшая в такой же степени поверхности питания? Как ни покажется это парадоксальным, но в известном смысле растения успели разрешить и эту задачу.

Многие травы, горные и степные, в том числе наш ковыль (не перистый, *Stipa penata*, а так называемая тырса, *Stipa capillata*), обладают листьями, которые свертываются, как только растение начинает страдать от недостатка воды. Свертывание или складывание листа происходит всегда так, что устьица остаются на поверхности, обращенной внутрь (фиг. 110, 111)¹, при-

¹ Рисунок фигуры 110 изображает наблюдаемое под микроскопом поперечное сечение листа тырсы в плоском и свернутом состоянии, фигура 111 — часть такого сечения при большом увеличении.

чем они нередко лежат еще в глубине желобков (фиг. 111), которые, в свою очередь, также смыкаются краями, вследствие чего отверстия устьиц оказываются вдвойне защищенными от сообщения с сухой, знойной атмосферой. Но эта защита, очевидно, только временная, проявляющаяся только при наступлении уже недостатка в воде, вероятно еще ранее, как мы видели, сопровождающегося уже ослаблением воздушного питания. Более совершенной мерой обороны против непроизводительной траты воды должно считать такие листья, которые в течение всей жизни растения ограждают себя от излишнего испарения без ущерба для питания. И на этот раз растение утилизирует количественное различие в условиях, управляющих обоими процессами. Выше мы видели, что в большинстве случаев листья располагаются горизонтально, некоторые даже принимают такое положение, что получают падающие на них лучи в отвесном направлении. Но существует целый ряд исключений из этого правила, целый ряд растений с листьями, обращенными к зениту не поверхностью, а ребром. Таковы австралийские акации и эвкалипты, давно обращавшие на себя внимание путешественников тем, что не дают обычной тени. Сходное явление представляют некоторые мотыльковые, кисличные и другие растения, периодически, в полуденные часы, приподнимающие листочки своих сложных листьев так, что они обращаются уже не плоскостью, а ребром кверху. У всех только что указанных растений стоящие на ребро листья не имеют определенного направления по отношению к странам света, но существуют еще более любопытные растения, которые располагают свои пластинки не только ребром к зениту, но и в плоскости меридиана, так что они подставляют наименьшую поверхность освещения именно полуденному солнцу. Таково получившее в последние годы широкую известность растение-компас (*Silphium laciniatum*). Очень распространенное в прериях Техаса, оно давно было замечено туземцами, пользовавшимися им как компасом; его даже воспел Лонгфелло в своей «*Evangeline*», и только скептицизм ботаников долго не мирился с этим чудом, пока, уже в семидесятых годах, оно не было поставлено вне сомнения, а в восьмидесятых подвергнуто экспериментальному исследованию. В настоящее время растение это, принадлежащее к семейству сложноцветных, встречается почти во всех ботанических садах. Большие жесткие перистые листья его при первоначальном появлении не представляют ничего особенного, но по мере развития основания их черешков скручиваются, пока пластины не расположатся в плоскости мериди-



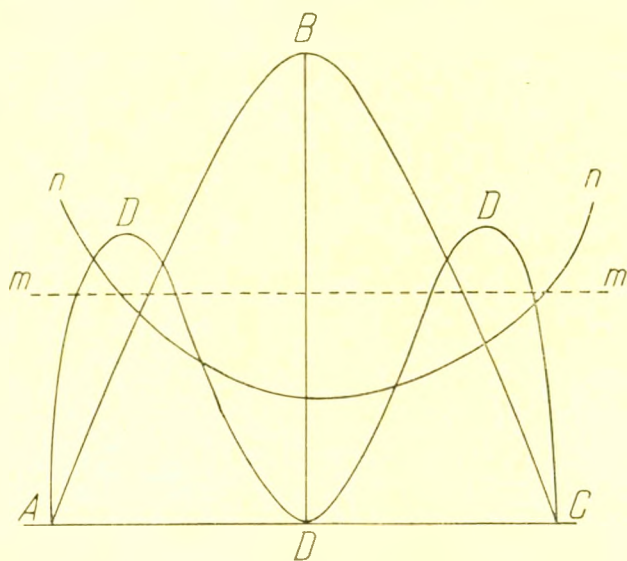
Фиг. 111. Часть листа тырсы при большом увеличении.

ана, ребром кверху, концами попеременно на север и на юг. Вскоре оказалось, что растение-компас не единственное в своем роде; одно встречающееся и у нас сложноцветное (*Lactuca scariola* — сродни нашему салату) представляет это явление почти в такой же степени, как и сильфиум, а позднее нашлось и еще несколько растений, более или менее ясно обнаруживающих склонность располагать свои листья ребром кверху в плоскости меридиана.

Это положение листа, благодаря которому растение в самые жаркие часы дня находится как бы в тени, приобретает значение по мере приближения к тропикам, где полуденное солнце светит отвесно на горизонтальную поверхность листа. Прилагаемый рисунок (фиг. 112) наглядно показывает, какую выгоду извлекает из положения своих листьев растение-компас на знойных, страдающих от засух равнинах Техаса.

Кривая *ABC* представляет напряжение солнечного света, падающего на горизонтальную поверхность листа в различные часы летнего дня в указанной местности¹. Кривая *ADDDC* представляет напряжение света, падающего на лист растения-компаса. Одного взгляда на площади *ABC* и *ADDDC* достаточно, чтоб убедиться, от какого избытка нагревания спасается этот второй лист. Но простого сравнения этих площадей еще недостаточно. Вспомним, что испарение возрастает не пропорционально нагреванию листа, а быстрее; вспомним, что оно зависит от степени влажности воздуха, которая, особенно в континентальных климатах, в полу-

¹ В основу этой кривой я положил актинометрические наблюдения, произведенные мною в Москве (с актинометром Крова) еще в 1884 году и давшие результаты, весьма согласные с данными Крова и Савельева. При перечислении на горизонтальную поверхность принято соответствующее число июля месяца при широте 30°.



Фиг. 112. Кривые интенсивности солнечного света, падающего на горизонтальную поверхность листа и на поверхность листа растения-компас.

денные часы представляет minimum (что выражено схематически на нашем чертеже кривой линией *nn*); наконец, примем во внимание, что благодаря такому распределению дневного испарения на два периода, разделенных большим промежутком, растение в средние часы дня успеет через корень в значительной мере пополнить недостаток воды, вызванный утренним испарением. Только взвесив все эти обстоятельства, мы можем вполне оценить, какую громадную пользу, в смысле понижения расхода воды, извлекает это растение из положения своего листа в плоскости меридиана.

Но не будет ли в такой же мере угнетено и питание? Мы уже знаем, что этого не может быть. Мы видели, что растение может утилизировать на свое питание только приблизительно половину полуденной инсоляции, то-есть то количество, которое на нашем чертеже лежит под чертой, а это количество вертикальный лист (как видно из чертежа) утилизирует почти так же хорошо, как горизонтальный. Если же мы припомним, что с уменьшением содержания воды в горизонтальном листе быстро падает его способность разлагать углекислоту, то, вероятно, будем вправе заключить, что вертикально стоящий лист питается не хуже, а может быть, и лучше горизонтального¹. Такие образом, поло-

жение листовой пластины в плоскости меридиана, ребром к зениту, должно быть рассматриваемо как одно из самых совершенных разрешений, казалось бы, неразрешимой задачи: понизить испарение листа, не ослабляя его способности питания.

Весьма любопытно, что эти самые совершенные приспособления в борьбе с засухой растение выработало в самых высших своих представителях, позднее всех явившихся на нашей планете, — в растениях из семейств мотыльковых и сложноцветных.

IV

Перед нами развернулся длинный ряд приспособлений, выработанных растением в борьбе с постоянно грозившим ему злом — засухой. Нам понятен смысл этих приспособлений, их значение в экономии растения, но это телеологическое объяснение, удовлетворительное с современной экологической точки зрения, никогда не удовлетворяло вполне, не могло, не должно было удовлетворять физиолога. Если для современного биолога достаточно знать, что та или другая черта организации полезна, для того чтобы понять, что она должна была сложиться и закрепиться, то для физиолога нужно еще раскрыть физические условия, вызвавшие первоначальное возникновение и развитие этой особенности, найти ее механическую причину.

Это раскрытие средств, которыми достигнуты поражающие нас результаты, еще более вызывает наше удивление, чем простое знакомство с результатами. Выражаясь кратко, мы можем сказать, что механизмы, выработанные растением для защиты от засухи, действуют автоматически при помощи тех самых враждебных сил, с которыми растение вступает в борьбу. Условия, вызывающие или ускоряющие испарение, равно как и наступившие уже его последствия, обращаются растением в орудия успешной борьбы с грозившим злом. Рассмотрим их последовательно¹.

Первым условием испарения является, конечно, соприкосновение с воздухом (у подводных растений, понятно, об испарении не может быть и речи). Но именно воздух или, выражаясь определеннее, его кислород вызывает образование пробки, защищающей органы от дальнейшего испарения. Это, несомненно, доказано опытами Кни над образованием пробки на пора-

¹ Изложенные здесь соображения были мною развиты в сообщении, сделанном в ботанической секции последнего съезда естествоиспытателей в Петербурге.

¹ Развитые здесь идеи позднее некоторыми немецкими учеными были положены в основу совершенно неудачного учения о прямом приспособлении.

ненном картофеле¹. Вероятно, с этим основным свойством растительной клеточки — способностью изменять под влиянием воздуха химический состав своих стенок — связана самая возможность наземной растительности. Не обладай растительная клеточка этим свойством, первоначальное водное население нашей планеты едва ли выдалось бы далеко на сушу.

Но воздух тем более способствует испарению, чем он суше, и вот на основании многочисленных экспериментальных исследований мы убеждаемся, что именно сухость воздуха вызывает волосистость растений, что это условие, ускоряющее испарение, является в то же время средством для выработки одного из важных приспособлений, его умеряющих.

Свет (или, вернее, нагревание солнечными лучами) относится к числу факторов, наиболее влияющих на испарение, и в то же время целый ряд опытов показывает, что под более продолжительным влиянием света вырабатываются формы, испаряющие менее, чем формы, выросшие в тени. Это зависит от того, что клеточки, в особенности клеточки кожицы, получают стенки более толстые, менее проницаемые². Сверх того, в общей сложности, листовые органы на солнце не достигают такого размера, как в тени, — следовательно, на солнце сокращается общая поверхность испарения. Наконец, именно свет вызывает движение листочков мотыльковых растений и скручивание черешков растения-комаса, приводящее его пластины в плоскость меридиана. В тени этих явлений не происходит, а у последнего растения Шталоу удалось, изменяя часы освещения, изменять и положение листьев.

Еще замечательнее механизмы, пускаемые в ход самим испарением или, вернее, наступающим завяданием. Таково свертывание листовой пластины, наблюдаемое у степных трав. В простейших случаях оно осуществляется так: во внутреннем углу складок, по которым перегибается листовая пластина, находится нежная ткань, переполненная водой и распирающая дольки листа, встречающиеся здесь под очень тупым углом; как только приход воды перестанет покрывать расход ее на испарение, прежде всего спадается эта легко испаряющая ткань, и не распираемые более дольки листа захлопываются. Словом, мы имеем здесь механизм, подоб-

ный дверной пружине, но двойной, так что дверь открыта, пока одна пружина преодолевает действие другой, и захлопывается, когда первая пружина ослабевает.

Еще проще устроен удивительный механизм автоматического закрывания устьиц, когда в растении обнаруживается недостаток в воде. Механизм этот вполне удовлетворительно изучен Швенденером. Постараемся объяснить его хотя бы в самых общих чертах. Отверстие устьиц образовано продолговатой щелью между двумя серповидными клеточками (фиг. 48). Стенки этих клеточек, прилегающие к щели, могут выпрямляться, и тогда щель закрыта (а), или могут становиться вогнутыми в сторону щели, и тогда она широко раскрывается (б). Прямая или искривленная дугою форма окаймляющих клеточек, в свою очередь, зависит от того, что стенки их, обращенные к щели, более толсты, чем стенки, обращенные наружу. Вследствие такого неравномерного утолщения стенок клеточки, переполненные соком, искривляются дугой, раскрывая щель. Но как только, при начинающемся завядании, давление сока начнет убывать, внутренние толстые стенки, как пружины, выпрямляются и, сближаясь краями, закрывают щель. Благодаря этому простому регулятору испарение само себе кладет предел.

Наконец, самым совершенным автоматическим приспособлением, очевидно, должно считать вызываемое испарением поднятие воды в растении. Здесь мы можем только коснуться этого сложного вопроса. Для нашей цели, впрочем, достаточно следующих, вполне установленных положений. В сосудах, по которым движется вода, почерпнутая корнем из почвы, встречаются пузырьки воздуха. Этот воздух находится в разреженном состоянии, так что сосуды, с этой точки зрения, могут быть уподоблены всасывающим насосам. Причиной, вызывающей и поддерживающей это разрежение воздуха, оказывается испарение воды листьями. Таким образом, самый процесс испарения воды приводит в действие насос, качающий воду из почвы. Действие этого насоса очень совершенно: он подает воду по мере ее расхода, так что, как мы раньше видели, всасывание воды может служить даже мерой ее испарения. Тем не менее полного соответствия между двумя процессами не существует, и завядание в большей части случаев является признаком не положительного недостатка воды в почве, а только последствием временно нарушенного равновесия между ее приходом и расходом в растении.

Только выработав этот аппарат для автоматического возмещения испаряемой воды, выбравшееся на сушу растение могло смело подняться в воздух, потянуться к солнцу, пройти все те

¹ Сказанное о пробке, вероятно, применимо и к веществу стенок кожицы.

² Относительно ближайшей причины такого изменения мнения ботаников в последнее время расходятся. Неизвестно, действует ли свет непосредственно или только косвенно через усиление испарения. Но для нас это безразлично; для нас важен результат, что свет, ускоряющий испарение, при продолжительном действии понижает его.

стадии совершенствования, которые отделяют приземистый мох от великана эвкалипта, узколистный плаун от широколистного платана, ищущий влажности и тени папоротник от смело борющегося с засухой и зноем сложноцветного.

Итак, мы имели полное основание сказать, что выдающаяся черта всех механизмов, выработанных организмом для защиты от засухи, выражается в их *автоматичности*, в том, что они обращают на пользу растения действие тех самых сил, с которыми оно ведет борьбу.

V

Подводя итог тому, что мы знаем об испарении воды растением, мы можем остановиться на следующих общих выводах. Процесс испарения в тех размерах, в каких он обыкновенно совершается в природе, может быть скорее рассматриваем как неизбежное физическое зло, чем как необходимое физиологическое отправление. Причиной этой неизбежности является почти полное тождество условий этого процесса с условиями воздушного питания растения. Отсюда становится понятным, что все приспособления, встреченные в растении, направлены к тому, чтоб ограничить, умерить эту непроизводительную трату воды. Самыми совершенными из них, очевидно, должно признать те, которые осуществляют наибольшую экономию в воде с наименьшим ущербом для питания. Наконец, главная особенность всех этих приспособлений заключается в том, что они представляют характер *автоматических* регуляторов, приводимых в действие теми самыми условиями, которые вызывают испарение, или самым процессом испарения.

Узнав, как борется с засухой растение, естественно задаться вопросом: может ли и в чем может подражать ему человек? Мне кажется, что может, и в очень многом.

Прежде всего полезно остановиться на той мысли, что нет основания принимать, чтобы испарение в тех размерах, в каких оно обыкновенно совершается, само по себе было необходимо для растения. Напротив того, мы видели, что оно может быть без вреда значительно понижено и что, наоборот, усиленное, не возмещаемое корнем испарение даже до появления очевидных признаков завядания угнетает питание растения и его рост¹. Таким образом, в большей части случаев понижение испарения может быть только благотворно для растения². Затем

¹ Напомню еще вывод, сделанный выше, что усиленное испарение, снабжая растение бесполезным избытком минеральных веществ, непроизводительно истощает почву.

² Кроме тех, вероятно, редких условий, когда, как мы видели, испарение служит регулятором температуры растения.

само собой очевидно, что человек может регулировать отношение растения к воде двумя путями: пассивно — подчиняясь тем климатическим условиям, которые даны природой места, то-есть возможно экономно расходуя естественный запас воды, или активно — увеличивая этот запас, создавая для растения искусственную обстановку, более благоприятную, чем та, которая дана непосредственно природой.

Остановимся подробнее на мерах первой категории, как имеющих более близкое отношение к предмету этой лекции. Регулировать расход воды в растении, как и вообще все, касающееся отправления и строения растения, человек может также двумя путями: пользуясь наличными свойствами организма или оказывая на него воздействие при помощи внешних факторов. В первом случае он должен воспользоваться всеми особенностями организации, которые осуществило само растение, так как *создать новые* в буквальном смысле он обыкновенно бессилён. При выборе культурного растения он должен, следовательно, считаться с его потребностью в воде или — еще лучше — должен *выработать* на месте породу, довольствующуюся наименьшим количеством воды. Здесь могучим средством является к его услугам начало *искусственного отбора*. Начало это широко прилагалось для выработки усовершенствованных пород, но едва ли когда-нибудь с той специальной целью, которую мы теперь имеем в виду. Обращалось почти исключительно внимание на органы, ради которых культивируется данное растение, и едва ли когда в достаточной мере на органы, без посредства которых не получались бы эти продукты, не обеспечивалась бы самая возможность существования организма при тех или иных неблагоприятных условиях. Урожайность, качество съедобной или так или иначе идущей в пользу части — вот главная, почти исключительная забота хозяина при выборе породы, причем не всегда еще принимается во внимание, что растение, дающее хорошие результаты при одних условиях, может их и не дать при совершенно иных. Обращалось ли при выборе той или другой породы достаточно внимание на длину корней, обеспечивающую более обильный приход воды? Обращалось ли когда-нибудь внимание на толщину кожицы, на опущение или восковой налет листьев, на число устьиц, свертывание или периодическое складывание листовых пластин или, наконец, на их положение к горизонту? Все это обстоятельства, сокращающие расход воды. Мы видели, например, что одно вертикальное положение листьев при известных климатических условиях могло бы внести экономию на испарении, равносильную обильному

орошению, — и кто знает, со временем, при внимательном изучении, не удастся ли подметить и усовершенствовать отбором это явление, обнаруженное в более или менее ясной степени у некоторых наших культурных и дикорастущих форм? В самое недавнее время обнаружился факт, имеющий более близкое отношение к занимающему нас вопросу. Оказывается, что ости наших злаков испаряют значительные количества воды — свыше 40% всего количества, испаряемого растением в этот период его жизни. Отсюда понятно, какое важное значение в борьбе с засухой имело бы предпочтение безостых разновидностей. Насколько полезна и осуществима была бы такая мера, может решить, конечно, только точно поставленный опыт, и это, несомненно, один из вопросов, заслуживающих самого серьезного внимания¹.

Этими указаниями я только хочу пояснить мысль, что, с распространением физиологических знаний, при выборе пород сельский хозяин не будет руководиться только свойствами одних ценных продуктов, а более дальновидно будет обращать внимание на свойства и других органов и при должной наблюдательности и терпении выработает путем отбора такие приспособления в борьбе с засухой, которые будут превосходить все то, с чем мы только что успели ознакомиться, в такой же мере, как и сочные плоды и тяжеловесные зерна наших садовых и полевых растений превосходят соответствующие органы их отдаленных дикорастущих предков.

К числу внешних воздействий, при помощи которых человек может понизить непроизводительную трату воды растением, относится прежде всего применение удобрений. Целый ряд наблюдателей приходит к согласному заключению, что для растений, получающих удобрение (особенно азотистое), понижается указанное выше отношение между образующимся органическим веществом и испаряемой водой, то-есть на каждую единицу веса образуемого органического вещества растение, получившее удобрение, испаряет менее, чем растение, не получившее его. Не следует, однако, понимать этот вывод так, что растение удобренное испаряет менее неудобренного, — такое толкование могло бы повести к печальным недоразумениям. Растение, получившее удобрение, испаряет абсолютно более воды, что и понятно, так как оно разовьется роскошнее и образует большую поверхность испарения, но эту воду оно расходует с относительно большей пользой,

так как за равное количество воды дает более органического вещества в сравнении с растением, не получившим удобрения. Это различие, очевидно, очень существенно, и его полезно всегда иметь в виду. Если, например, растению будет доступно количество воды, только строго обеспечивающее малый урожай, то удобрением мы, пожалуй, можем поставить его в такие условия, что оно даст урожай еще худший, так как несвоевременно может истощить свой ограниченный запас воды. Понижающая испарение роль удобрения еще не вполне разъяснена теоретически. Возможно, что более обильное присутствие органических веществ в соке растений просто понижает скорость испарения этих растворов, но возможно и следующее объяснение. Мы видели выше, что на солнечном свете испарение и питание (то-есть разложение углекислоты) зависят от лучей, поглощаемых зеленым веществом листа (хлорофиллом), так что французские физиологи предлагают обозначить этот частный случай испарения особым термином — *хлоровапоризацией*. Вследствие этого в присутствии углекислоты испарение на солнце понижается, так как часть солнечной энергии, идущей иначе на испарение, затрачивается на химический процесс разложения углекислоты. В настоящее время мы еще не имеем возможности строго учесть количественное отношение этих процессов между собой и количеством солнечной энергии, поглощаемой хлорофиллом листа¹. Но уже на основании приблизительных данных об испарении на солнечном свете мы можем заключить, что при ослаблении полуденного света наполовину поглощаемой зеленым веществом солнечной энергии будет недостаточно для поддержания прежнего испарения и полного питания. Таким образом, при всяком направлении солнечного света ниже указанного питания листа и хлоровапоризация будут находиться в антагонизме — другими словами, питание листа будет прямо содействовать понижению испарения. Отсюда ясно, как существенны даже и с точки зрения испарения воды заботы о том, чтобы питание листа было наилучшее; а это, в свою очередь, осуществимо только при условии удовлетворительного удобрения.

Если необходимо заботиться о том, чтобы культурное растение экономно пользовалось доступной ему водой, то еще важнее заботиться о том, чтобы сорная растительность не отдавала бесполезно воздуху той воды, которую она косвенно отнимает у культур. То же соображение,

¹ Высказывают, например, предположение, что ости своим испарением способствуют привлечению питательных веществ в колос, но это нуждается еще в подтверждении.

¹ Это составляет в настоящее время предмет моих исследований (1891). В настоящее время уже имеются приблизительные данные (см. мою статью в «Истории нашего времени» «Успехи ботаники в XX веке», 1918 г., изд. бр. Гранат).

быть может, не мешает иметь в виду и при оценке одного культурного приема, получающего все более и более широкое распространение. Так как одно из самых ценных питательных начал почвы — селитра — легко вымывается, особенно осенними дождями, то предлагают осенью, после уборки хлеба, засеивать поля каким-нибудь быстро растущим растением, которое своими корнями собирало бы селитру и затем само шло на зеленое удобрение¹. Дегерен приводит пример подобного опыта с горчицей, причем действительно совершенно прекратился сток дренажных вод². Если горчица своим испарением задерживала только тот избыток почвенных растворов, который так или иначе удалится бы из почвы, то, конечно, она приносила бы только пользу; но если она еще черпала из запаса осенней влаги, то спрашивается: при всяких ли климатических условиях польза от сбережения азота вознаградит за израсходованную воду?

На основании сказанного о необходимости устранения сорной растительности для ограничения расхода воды можно было бы сделать вывод (и он был сделан), что в случае опасения за недостаток воды полезно сокращать и число растений, возделываемых на данной площади, то-есть прибегать к более редкому посеву; но это заключение нужно принимать с некоторой оговоркой. При наступлении засухи для растений важно не абсолютное количество воды в окружающей его почве, а количество ее в ближайшем соседстве с корнями, или степень насыщения почвы водой. Так, Гельригель показал, что при одном и том же абсолютном количестве воды в малом горшке растение могло существовать, между тем как в большом оно уже завядало.

Но если хозяину важно обеспечить свое растение от сорных трав, расхищающих его запас воды, то он только с пользой может прибегать к защите более крупных растений — в форме живых изгородей и лесных опушек, замедляющих движение ветра и тем значительно умеряющих испарение. На этот раз он только повторяет в большем масштабе то, что, как мы видели, растение широко прилагает в микроскопических размерах.

Переходим теперь к рассмотрению мер, в которых человек выступает активным деятелем, не приспособляясь к данным климатическим усло-

виям, не подчиняясь, а подчиняя себе природу. Как ни покажется это парадоксальным, но и в этой активной своей роли человек, в основе, мог бы с пользой подражать растению. На этот раз задача должна заключаться не в ограничении расхода, а в обеспечении прихода воды на культурной площади. Круговорот воды в природе, обеспеченный в общих чертах, может оказаться нарушенным в известном месте в известное время, и потому в большей части случаев засуха является последствием не абсолютного недостатка в воде, а лишь неравномерного, не соответствующего условиям культуры распределения осадков в течение годичного периода. На нашей хлебоборудной равнине, очевидно, главную роль должно играть сохранение осенних, а еще важнее — весенних вод, задержание той массы в краткий срок прибывающей и сбегавшей без пользы воды, которую дают тающие снега¹. Здесь, очевидно, могут принести пользу две меры: во-первых, задержание возможно большего количества воды в самой почве при помощи ее разрыхления, то-есть глубокой, особенно осенней, вспашки, и сохранение не удерживаемого почвой избытка в оврагах, превращенных в водохранилища². О пользе устройства запруд приходится достаточно часто слышать, но их устройством разрешается только половина — и сравнительно более легкая половина — задачи³. Из обыкновенных глубоких оврагов, превращенных в водохранилища, воду еще нужно поднять для орошения полей, так как

¹ Я не касаюсь здесь ни искусственного вызывания дождей, ни облесения. Замечу кстати, что растение представляет нам также примеры запасливости. Существует целый ряд особенностей, главным образом в строении листовых черешков, превращающих их в водохранилища; самым разительным примером служит *Ravenala madagascariensis*, так называемое «дерево путешественников», и один вид ворсянки. Сюда же относится особая водоносная ткань, встречающаяся под кожей многих растений и служащая запасом воды.

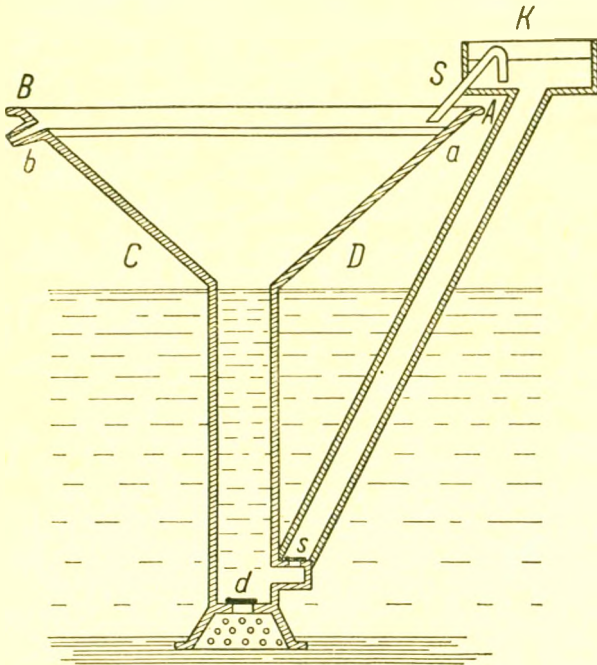
(Такое задержание зимних осадков и весенних вод в настоящее время осуществляется в грандиозном плане степного лесоразведения, принятом партией и правительством в 1948 году для борьбы с засухой. *Ред.*)

² Польза глубокой вспашки как одной из мер борьбы с засухой, кажется, не подлежит сомнению вследствие достигаемого ею двойного результата — накопления и лучшего сбережения влаги. Припоминаю разительный пример, который мне самому случилось наблюдать. В 1867 году Вольное экономическое общество организовало несколько опытных полей. Мне пришлось наблюдать за опытами в Симбирском уезде, где этот год отличался продолжительной засухой. Три во всех отношениях сходных участка были вспаханы на различную глубину (сохой и плугом), и одним из главных результатов оказалось преимущество глубокой вспашки. Глубокая вспашка, очевидно, важна не только как средство для увеличения запаса воды, но и как средство для развития более глубоко идущих за нею корней.

³ То-есть, придерживаясь терминологии нашего известного специалиста этого дела Жилинского, обеспечивается только водоснабжение, но не оводнение.

¹ Когда зеленым удобрением служат бобовые растения, то эта польза увеличивается еще усвоением азота из воздуха.

² Горчица должна быть отнесена к сильно испаряющим воду растениям, так как, по Вольни, для нее отношение между образующимся органическим веществом и испаряемой водой — $1/400$, между тем как для злаков, мы видели, оно — $1/300$.



Фиг. 113. Схема солнечного насоса Мушо.

немного найдется, вероятно, местностей, где бы можно было воспользоваться естественным скатом, устройством запруды в более высоко расположенных верховьях оврагов. Прибегать к паровым двигателям для подъема воды при дороговизне топлива едва ли окажется под силу большинству наших хозяев. Здесь, естественно, рождается мысль о необходимости подражать растению и заставить работать на себя те самые враждебные и даровые силы природы, с которыми приходится вступать в борьбу. Растение страдает от иссушающих ветров и солнечного зноя, и эти самые враждебные силы оно заставляет ограничивать свой расход и обеспечивать приход воды. Почему не мог бы сделать того же человек? Если голландцы при помощи своих ветрянок борются с океаном, превращают море в сушу, если в наших городах различные усовершенствованные ветряные двигатели качают воду в верхние этажи домов, почему бы тот же ветер не мог бы поднять воду со дна оврага до уровня полей? Почему не заставить его возвращать корням ту воду, которую он отнимает у листьев? А солнце... почему не воспользоваться его палящими лучами для орошения полей? Известна остроумная попытка Мушо устроить насосы, действующие солнечным нагреванием, — насосы, словно сознательные существа, подающие тем более воды, чем сильнее засуха.

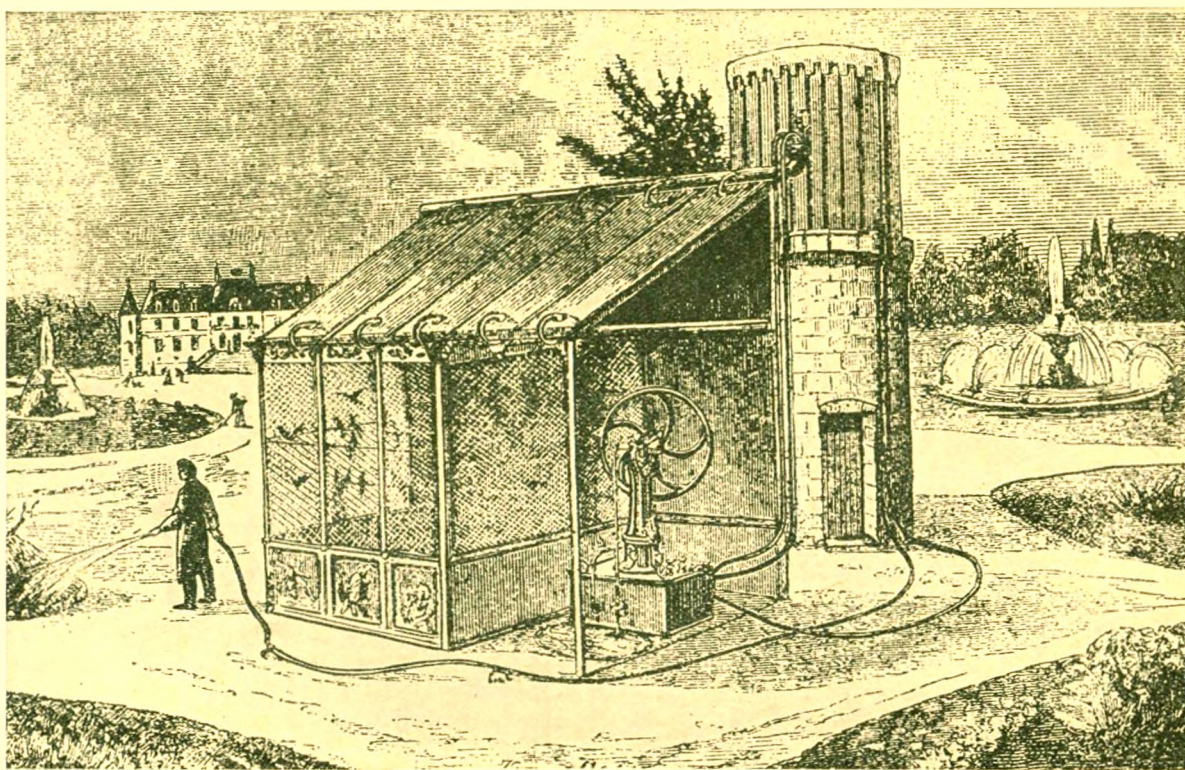
Основная идея солнечного насоса Мушо крайне изящна по своей простоте. Представим

себе конусообразный сосуд из листового железа ABCD, продолжающийся в трубку, погруженную в воду (фиг. 113). Металлическая крышка конуса (ba) вычернена и представляет поверхность солнечного нагрева. При s и d — клапаны, оба открывающиеся вверх. Представим себе, что прибор уже отчасти наполнен водой. Вследствие расширения нагретого воздуха в верхней части воронки вода закрывает клапан d и, открыв клапан S, через боковую трубку подымается в сосуд (K), откуда через сифон (S) выльется на нагретую черную поверхность (ba). Тогда воздух в воронке охладится и, сжимаясь, засосет новое количество воды (закрывая клапан S и открывая d). Тем временем вода на крышке воронки успела стечь через b в водопровод, а вычерненная поверхность снова начнет нагреваться солнцем, и т. д. Аппарат, как видно, действует совершенно автоматически, без всякого за ним ухода и тем успешнее, чем жарче греет солнце. В последнее время во Франции появились солнечные насосы другой системы, принадлежащей Телье, и получившие, повидимому, уже практическое применение¹. Аппарат Телье основан на нагревании раствора аммиака. Приемником солнечного тепла (инсолятором) служит крыша изображенного на рисунке птичника (фиг. 114); она состоит из спаянных между собою двух листов железного толя, промежуток между которыми наполнен раствором аммиака. Освобождающийся аммиачный газ приводит в движение обыкновенный газовый двигатель и, отработав, поглощается холодной водой и возвращается назад в инсолятор. При поверхности нагрева в 70 кв. метров насос подымает в час 60 куб. метров воды на высоту 10 метров². Такой насос доставлял бы в час на десятину слой воды в 7 миллиметров, а все количество воды, которого недоставало в 1891 году (с апреля до июля) полям восточной России, равнялось 69 миллиметрам. Другими словами, такой насос, действующий даровой силой солнца, доставил бы в десять часов на десятину все то количество, которого ей недоставало в засуху 1891 года. Мы, очевидно, близки к осуществлению таких солнечных насосов, которые дадут вполне практические результаты³. По основной идее насосы Мушо гораздо проще. Правда, они поднимают воду на сравнительно небольшую высоту — полутора метров, но при дешевизне их устройства их

¹ О практическом применении насоса Мушо мне, к сожалению, ничего не известно. Его паровую машину, действовавшую солнцем, видели все, кто побывал на Парижской выставке в 1878 году.

² То-есть на четыре с лишком сажени — высоту, во многих случаях достаточную.

³ Остается, конечно, вопрос экономический. Насосы Телье стоят от 3000 до 5000 франков.



Фиг. 114. Солнечный насос Тельс.

можно расположить целые ряды, постепенно возвышающимися террасами, а главное, насколько мне известно, еще нигде не применялась другая остроумная мысль Мушо — значительно увеличить действие этих насосов, зарядив их (раз навсегда!) жидкостью с низкой точкой кипения. Простота устройства таких насосов и их целесообразно-автоматическое действие при помощи даровой силы заслуживали бы, кажется, чтобы над ними были произведены опыты, тем более что и необходимая жидкость у нас, кажется, найдется под руками: это те легкие нефтяные продукты, с которыми наши нефтепромышленники, как приходилось не раз слышать от людей хорошо осведомленных, не знают что и делать¹.

Ветер и солнце, качающие воду из оврагов, превращенных в запруды, и подающие тем более воды, чем сильнее в ней потребность, — вот радикальное, теоретически удовлетворительное разрешение вопроса о борьбе с засухой².

¹ Сказано в 1891 году. (Примечание 1919 г.)

² Говоря об орошении, не мешает указать и на следующее обстоятельство. Несколькими наблюдателями удостоверяется факт, что растение, получавшее в начале своего развития воду в изобилии и в позднейшем возрасте более требовательное к ней, более страдает от засу-

Природа, превращенная в послушный автомат, как бы сознательно предупреждающий грозное бедствие еще до его наступления, — вот идеальное разрешение задачи, на котором только и может вполне успокоиться вооруженный наукой человеческий ум.

Фантазия, воздушные замки! — скажут люди практические. Но сколько таких фантазий осуществилось уже на глазах одного нашего поколения! Электрический свет стал такой заурядной вещью, что ему смешно даже удивляться, а далеко ли то время, когда мы сбегались, съезжались издалека, чтобы на несколько минут полюбоваться диковинным зрелищем, о повсеместном, будничном применении которого, казалось, не могло быть речи! Или еще ближе: я очень хорошо помню, как весь ученый Париж любовался вторичными элементами Планте. Для теоретиков-фантазеров сразу было понятно, что означают эти элементы: это электричество, запасенное впрок, электричество в кармане, элек-

хи, легче может быть спалено солнцем. Эта привычка не представляет ничего таинственного и вполне может быть объяснена на основании известных физиологических данных. Во всяком случае, с этим фактом должно считаться при распределении орошения, если запас воды только ограниченный.

тричество-товар. Скептики, как всегда, мотали головами, но не прошло десяти лет — и весь свет, ученый и неученый, заговорил об аккумуляторах Труве. Такими ли еще чудесами порази́т нас будущее! Будем же надеяться, что те же «суховеи», тот же солнечный зной, которые иссушают наши поля, будут со временем только орошать поля наших потомков¹.

Но даже доведя свою борьбу с засухой до такого последовательного конца, человек будет только последовательно идти по пути, как бы намеченному ему растением. И единственный ли это пример для подражания, доставляемый нам изучением растения? Мне кажется, попутно мы могли подметить и другой, имеющий еще более широкое значение. Не раз в течение всей лекции приходилось нам повторять то слово, которое поставлено в ее заголовке. То роковое слово «борьба», которое так часто по недоразумению, а еще чаще с вполне определенным умыслом бросают в лицо современным натуралистам, обвиняя их в том, что вместе со словом они ввели в обиход человеческой жизни и самое понятие, оправдывая им водворение чуть не звериных нравов. Недавно мне случилось прочесть мнение одного юриста, будто учение о «борьбе за су-

ществование» в значительной мере ответственно даже за тот расцвет милитаризма, свидетелем которого привелось быть нашему поколению.

Если б это было верно, то пришлось бы допустить, что никогда еще, за память истории, научная идея не приносила таких скороспелых и уродливых плодов. Идеи Дарвина проникли в Германию в начале шестидесятых годов, а в 1864 году немецкие войска уже штурмовали Дюпель! Не вероятнее ли допустить, что дюппельские герои не несли в своих ранцах «Происхождение видов» и что бесполезно взваливать заслуги проповедника «крови и железа» на плечи Дарвину, — с него довольно и своих. Во всяком случае, в применении к тем фактам, с которыми мы только что ознакомились, мы могли убедиться, что на языке ботаники, к которому охотно прибегал и Дарвин, слово «борьба» означает не истребление себе подобных, а только самооборону — победу жизни над враждебными силами мертвой природы. И человек, казалось, мог бы смело подражать этой борьбе. Если бы свои силы, затрачиваемые во взаимной борьбе, глухой или открытой, он дружно сосредоточил на бескровной борьбе с природой, если бы хоть часть труда и знания, которые он растратил на изобретение орудий истребления — хотя бы на изобретение пороха, бездымного и дымного, которое, по какой-то злой иронии, избрал символом своей изобретательности и ума, — он обратил на изучение и подчинение себе природы, то, конечно, бедствия, подобные засухам и голоду, уже давно стали бы достоянием истории¹.

¹ Солнечные двигатели и проч. продолжают быть задачей дня, причем изобретатели идут в двух противоположных направлениях: одни добиваются возможно могучих, но в то же время дорогих приспособлений, другие заботятся о возможной простоте и доступности (Энсас — в первом, Шуман — во втором направлении). Несомненно практически уже оказываются кухонные приборы, действующие солнечной теплотой, особенно для жарких климатов. (Примечание 1919 г.)

(Об использовании солнечной энергии у нас в СССР см. популярную брошюру М. Эйгенсона «Книга о солнце», Детгиз, 1948. Ред.)

¹ Сказано в 1891 году. Замечу, как давно люди науки угадывали будущее и предостерегали от тех ужасов, с которыми человечество борется безуспешно вот уже пятый год. (Примечание 1919 г.)



ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Агава, 105.
Азот, 48, 49, 74, 76, 77, 80, 81.
Азотная кислота, 80, 81.
Аммиак, 74, 99.
Анютины глазки, 185.
Апельсин, 148.
Арбуз, 44.

Б

Бактерии, 82, 150.
Баобаб, 107, 156.
Белковые вещества, 51, 52, 60, 69; их образование, 99.
Белок, 60, 64; б. кофейный, 60.
Береза, 152.
Боб, 39.
Бобовые, 39, 80, 81.
Бобы, 34.
Борьба за существование, 190, 196.
Брак в близких степенях родства, 151.
Брожение, 175.
Бурачниковые, 183.

В

Вакуоля, 139.
Валлиснерия, 149, 163.
Веллингтония, 106.
Вельвичия, 106.
Венчик, 37; его значение, 150.
Весы, их значение, 47.
Вид, 187; в. и разновидность, 187; хорошие виды, 187.
Вишня, 39.
Вода, количественное определение в., 48; значение в. при прорастании, 58; выделение п. листьями, 118; испарение в. листьями, 118.
Водород, 48, 49.
Водоросли, 43, 166.
Волокна, 110, 112; в. лубяные, 113.
Волоски корневые, 83, 84.
Воспроизведение организмов связано с размножением, 191.
Восстановление, 100.
Всхожесть семян, 69.
Вьющиеся растения, 108.

Г

Гарпагофитон, 160.
Гедизарум, 170.
Гелиотропизм, 129; г. положительный и отрицательный, 132.
Геология, 46.

Глюкоза, 51, 62.
Годичные кольца древесины, 113, 137.
Голосемянные, 157.
Горение, 68, 100.
Горох, 34, 61.
Горчичное масло, 62.
Грибы, 43, 103; г. слизистые, 163.

Д

Двугубые цветки, 153.
Деление клеточек, 135.
Дербенник, 151.
Десмодиум, 170, 176.
Диастаз, 62, 68, 69.
Диктамнус, 155.
Диссоциация, 101.
Диффузия, 53—57, 68, 88, 97, 121.
Дуб, 112.
Дынное дерево, 63.

Е

Единица тепла, 200.

Ж

Желвачки корневые, 81.
Железная соль, ее диффузия, 56, 57.
Железо, 78, 79.
Живородящие растения, 158.
Жизненная сила, 181.
Жиры, 50, 52.

З

Завязь, 39, 149.
Запасы питательных веществ, 122.
Запах цветов и его значение, 155.
Зародыш, 60, 62, 146.
Зародышевый мешок, 146.
Зародышевый пузырек, 147.
Зерновка злаков, 158.
Злаки, 190.
Зола, 48, 49, 75.
Зооспоры, 165.

И

Ива, 121.
Известковая вода, 66.
Изменения организмов; причины, их вызывающие, 191.
Иод, 52; и. с хлористым цинком, 52.

К

Каламиты, 43.
Калий, 77.

Кальций, 80.
 Камбий, 113.
 Камелия, 37.
 Капуста, 193.
 Картофель, 183.
 Каучук, 110.
 Каштан конский, 35.
 Каштан на Этие, 107.
 Кирказон, 154.
 Кислород, 48; поглощение к. семенами, 67.
 Клевер, 167.
 Клейковина, 50, 63.
 Клен, 35.
 Клеточка, 44, 49, 50, 108, 110.
 Клетчатка, 52.
 Ковыль-тырса, 160; к. перистый, 161.
 Кожица, 91.
 Козлобородник, 159.
 Кокосовая пальма, 159.
 Коллоидум, 55.
 Коллоиды, 57, 63.
 Конопля, 67.
 Кора первичная, 113 ; к. вторичная, 114.
 Корень, 40.
 Корневой чехлик, 83.
 Крапива, 79.
 Крахмал, 50, 57, 62.
 Кремнезем, 79.
 Кремний, 49, 79.
 Кристаллоиды, 57.
 Крылатка, 159.
 Кувшинка, 37, 45.
 Кукушкины слезки, 189.
 Культура искусственная, 75; к. водная, 76.
 Культурные растения, 155.

Л

Лен, 109, 151.
 Лепестки, 37, 49.
 Лепидодендроны, 43.
 Лианы, 108.
 Лилия, 37.
 Линария, 161.
 Липа, 35.
 Лист, 88; анатомическое строение л., 91; листовая мякоть, 91; значение л., 108—109.
 Листовка, 159.
 Листорасположение, 108.
 Лодоицея, 159.
 Луб, 113.

М

Магний, 49.
 Маис, 60.
 Мак, 60.
 Мангровое дерево, 71.
 Мангровые растения, 158.
 Масла, 50, 52.
 Материя, закон ее сохранения, 47, 99.
 Метаморфоз, 40, 46.
 Микрохимические исследования, 52.
 Мимоза, 168, 171.
 Миндаль горький, 62.
 Миозин, 62.
 Мироновая кислота, 62.
 Можжевельник, 145.
 Морфология, 30.
 Мухоловка, 63, 170, 171, 173.
 Мхи, 43, 166.

Н

Напряжение тканей, 126; н. поперечное, 133.
 Насекомоядные растения, 63, 170.
 Недотрога, 159.
 Незабудка, 182.
 Нектарники (медоносные железки), 151, 152.
 Нервы, 91, 110.
 Нить тычиночная, 38.
 Норичник, 182, 183.
 Ночная фиалка, 153.

О

Огурец бешеный, 159.
 Одуванчик, 159.
 Олеандр, 121.
 Ольха черная и серая, 185.
 Оплодотворение, 147; о. перекрестное, 152.
 Опыт с колокольчиком, 142.
 Орган элементарный, 44.
 Организм, 30.
 Органическое вещество, 48, 49, 99.
 Орхидные, 153.
 Осина, 145.
 Осмотические явления, 115.
 Ось, 40.
 Отбор искусственный, 156; о. естественный, 189.

П

Пальмы, 106, 113.
 Папоротники, 42, 43, 46, 166.
 Паразиты, 103.
 Пасленовые, 183.
 Пепсин, 63.
 Пептоны, 63.
 Перегон, 74, 90.
 Пестик, 39, 146.
 Пилеа, 149.
 Пион, 36, 38, 39.
 Пирогалловая кислота, 95.
 Питание животного и растений, 173.
 Плазмолиз, 138.
 Пластина листовая, 36.
 Плауны, 43, 46, 183.
 Плач растения, 114.
 Плесень, 43, 103, 148; п. на мертвых мухах, 164.
 Плод, 157.
 Плодник, 39.
 Плодолистик, 39, 157.
 Плодосменное хозяйство, 80.
 Плоды акации желтой, 159.
 Плоды мясистые съедобные, 160.
 Повилика (Cuscuta), 103.
 Поглощительная способность почвы, 80.
 Подорожник, 105.
 Подушечки листовые, 169.
 Покрытосемянные, 157.
 Полегание хлебов, 79, 136.
 Поры окаймленные, 120.
 Почка листовая, 35.
 Притяжение земное, 124.
 Прорастание, период п., 70.
 Протоплазма, 50.
 Пузырчатка, 173.
 Пучки сосудистоволокнистые, 111.
 Пыльники, 38.
 Пырей, 145.

Р

Разбухание, 61.
 Разделение труда между органами, 71; р, т, между частями клеточек, 71.

Разложение углекислоты, 93.
 Размножение организмов в геометрической прогрессии, 189.
 Размножение растений, растительное, 145.
 Растения бесцветковые, 43, 46; р. споровые, 43, 46.
 Роза, 38, 182.
 Рост, 47, 122, 123; р. и питание, 123; р. корня и стебля, 124; р. корня, 124; действие света на р., 124; способы измерения р., 130, 131; действие температуры на р., 131; р. клеточек, 133, 138.
 Росянка, 173.
 Рыльце, 39.

С

Самоопыление, 151.
 Сахар виноградный, 51.
 Сахаристые вещества, 51.
 Свет: волнообразное движение, 101; разложение углекислоты в растении с., 102; действие с. на рост, 149; действие с. на рост клеточек, 137.
 Селитра, 74, 76.
 Семена омелы, 160.
 Семена осины, тополя и проч., 159.
 Семенодоли, 34, 46, 59.
 Семя, 34, 59.
 Сера, 49, 79.
 Сердцевина, 112, 122.
 Сердцевинные лучи, 112, 122.
 Серная кислота и сахар, 52.
 Сила: какая с. заключается в пище, 197; понятие о с., 197.
 Слоновая кость, растительная, 44.
 Смоковница индийская, 144.
 Смородина, 35.
 Сок клеточный, 50.
 Соли, 49.
 Солнце — источник энергии, 200.
 Сон листьев, 167; его польза, 171; с. цветов, 167.
 Соотношение развития, закон, 191.
 Сосна, 145.
 Сосуды, 109.
 Сохранение энергии, 199.
 Спектр солнечный, 206.
 Спектр хлорофилла, 207.
 Спирогира, 133, 148.
 Спора, 43.
 Сравнительная анатомия растений, 189.
 Сродство химическое, 100.
 Стебель, 40.
 Столбик, 39.
 Сходство между растением и животным, 194.

Т

Тайнобрачные растения, 145.
 Танин, его диффузия, 56.
 Температура: низшая, высшая, лучшая, 69.
 Теплота, развитие т. при прорастании, 69; т. сгорания, 99, 100; т., поглощаемая при химических явлениях, 99.
 Термотропизм, 132.
 Ткань, 44; т. основная, 110; т. образовательная, 113.
 Ток восходящий (воды), 113.
 Традесканция, 50.
 Тычинка, 38.

У

Углеводы, 51, 98.
 Углекислота, 66.
 Углерод, 48, 49.
 Усвоение вещества растением, 70, 72.
 Устьица, 92, 97, 116.

Ф

Фасоль, 35.
 Фелингова жидкость, 51, 52, 62.
 Ферменты, 62, 63, 70, 147, 174.
 Фиалка, 185.
 Физиология, 30, 32.
 Физиология животных и медицина, 32.
 Физиология растений и земледелие, 32.
 Фикус, 109.
 Финиковая пальма, 145.
 Формы переходные, 35, 36, 37, 40, 46, 182, 183, 185.
 Фосфор, 79.
 Фукус, 166.

Х

Хвощи, 42, 46.
 Химический состав растения: элементарный, 47, 48; ближайший, 52.
 Хлор, 49, 78, 79.
 Хлорофилл, 98.
 Хохлатка, 151.
 Хроматин, 135.

Ц

Цветень, 150.
 Цветные трубочки, 147.
 Цветы махровые, 38, 39.
 Целесообразность организмов, 180, 181.
 Центробежная сила, ее влияние на рост, 124.

Ч

Часы флоры, 167.
 Чашелистик, 37, 150.
 Чашечка, 37.
 Черешня, 39.
 Черешок, 36.
 Чувствительность, 176.

Ш

Шалфей, 153, 183, 184.
 Шиповник, 38.

Щ

Щелочь едкая, 66.

Э

Эквизетиты, 43.
 Энергия, 100; запас энергии, 101; э. явная и потенциальная, 199; э. солнечная, утилизируемая растением, 204.

Я

Явнобрачные растения, 145.
 Ядро клеточное, 50; его деление, 71.
 Яичко, 39, 149.
 Ясень, 35.

СОДЕРЖАНИЕ

Биографический очерк проф. Л. А. Иванова	5
I. Наука и общество. Внешнее и внутреннее строение растения . . .	29
II. Клеточка	47
III. Семя	59
IV. Корень	73
V. Лист	89
VI. Стебель	105
VII. Рост	123
VIII. Цветок и плод	144
IX. Растение и животное	162
X. Образование органических форм	180
Приложение I. Растение как источник силы	197
Приложение II. Единство растительного мира	215
Приложение III. Растение-сфинкс	221
Приложение IV. Борьба растения с засухой	231
Предметный указатель	252

Для средней школы

Ответственный редактор В. Касименко

Художественный редактор Н. Комарова

Технический редактор М. Кутузова

Корректора: Ю. Носова и Е. Трушковская

Подп. к печати 3/VIII-1949 г. 32 печ. л. + 6 вкл.
(26,3 уч.-изд. л.) 39200 зн. в п. л. А 10016

Отпечатано в типографиях М - 114 и М - 108
с матриц Фабрики детской книги Детгиза,
Москва.

391.



10/4-173



