

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА.

Н. А. Тимирязев.

РАСТЕНИЕ

И

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ.

Цена 1 р. 50 к.

Литературно-Издательский Отдел
Народного Комиссариата по Просвещению.
Москва.— 1918.

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА.

Н. А. Тимирязев.

РАСТЕНИЕ
И
СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ.

Цена 1 р. 50 к.

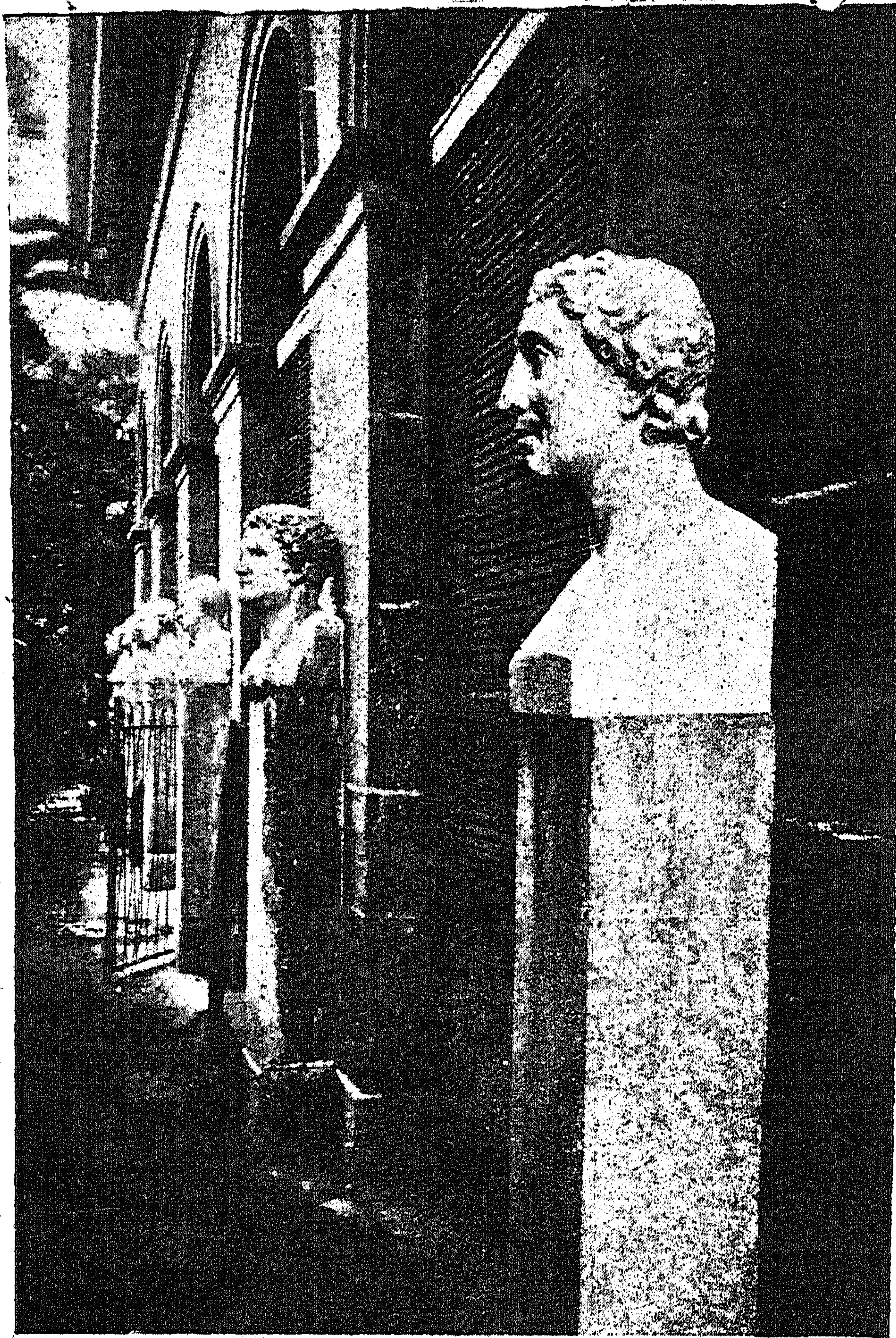
Литературно-Издательский Отдел
Народного Комиссариата по Просвещению.
Москва.—1918.

Право издания сочинения проф. **Н. А. Тимирязева** «**Растение и солнечная энергия**» приобретено в исключительную собственность Литературно-Издательского Отдела Народного Комиссариата по Просвещению сроком на 5 лет, по 1-ое ноября 1923 года.

Никем из книгопродавцев указанная на книге цена не может быть повышена под страхом ответственности перед законом страны.

Правит. Комиссар. Лит.-Изд. Отд.
П. И. Лебедев-Полянский.

Москва, 1/XI 1918.



**Бюст Жана Сенебье
в ботаническом саду в Женеве.**

Круговорот углерода.

I.

Тем, кто бывал в Женеве, без сомнения, случалось прогуливаться в тени вековых каштанов La Treille — этой террасы, с которой открывается панорама ближайших предгорий Grand и Petit Salève. Полюбовавшись видом, турист обыкновенно спускается в расположенный у подножия террасы ботанический сад и там, перед главным фасадом тенлицы, встречает ряд мраморных и бронзовых бюстов, воздвигнутых маленькой Женевской республикой ее гражданам, заслуги которых так или иначе связаны с успехами ботанических знаний ¹⁾. Ботанику этот ряд имен невольно напоминает, что он стоит на классической почве, на которой, в исходе прошлого столетия, возникла и сложилась новая отрасль его науки, что он на-

¹⁾ Прилагаемым изображением я обязан любезности М. П. Вараввы, по моей просьбе сфотографировавшего этот уголок Женевского ботанического сада. В настоящее время вся эта местность перестроена, о чем нельзя не пожалеть, как о факте, доказывающем, как мало ценятся современными правящими классами заслуги науки.

ходится, так сказать, у колыбели физиологии растений. Но тому, кто мало интересуется ботаникой и еще менее ее историей, имена эти окажутся знакомы в весьма различной степени. Рядом с именем человека, чье страстное, жгучее слово прогремело до отдаленных пределов образованного мира, чьи идеи сообщили окраску целому веку, — рядом с именем Руссо, чье общечеловеческое значение, до недавнего времени, заслоняло его значение как ботаника, наш турист встретит знакомые хотя бы по наслышке имена Де-Кандоля, Соссюра, пожалуй еще Бонне, и, наконец, остановится перед совершенно незнакомым именем — Jean Senebier. А между тем, имя это заслуживает более широкой известности, не потому только, что Сенебье принадлежит первый систематический трактат физиологии растений, но, главным образом, потому, что ему наука обязана одним из величайших открытий, когда-либо сделанных в области естествознания ¹⁾. Я разумею открытие происхождения углерода растений.

В настоящее время почти каждому образованному человеку более или менее известно, что углерод, эта основа всякого органического вещества, берется растением из атмосферы; что в форме растительного вещества он, прямо или косвенно, служит для питания всех живогных и человека; что, окисляясь в их теле, он является источ-

¹⁾ Напоминать это необходимо потому, что некоторые немецкие ботаники, без малейшего основания, оспаривают у Сенебье эту заслугу, беспорно признававшуюся за ним как современниками, так и потомством в течение целого века.

ником той энергии, которая приводит в действие их механизмы; что, наконец, возвращаясь в продукте дыхания обратно в атмосферу, он снова становится доступным растению и, таким образом, вновь и вновь совершает свой круговорот, проходя последовательно чрез все три царства природы. Сенебье принадлежит открытие главного момента в этом круговороте — момента перехода углерода из неорганического мира в мир органический, т.-е. из атмосферы в растение. Мы так свыклись с мыслью о существовании этого кругового процесса, что при изучении истории этого учения только с большим трудом можем вполне оценить усилия научного творчества, научной фантазии, проявленные первыми основателями этого учения.

Попытаемся, тем не менее, взглянуть на занимающее нас открытие глазами современников; перенесемся мыслью в последнюю четверть восемнадцатого века, в эту эпоху лихорадочной деятельности во всех отраслях человеческой мысли, разрешившейся в области положительных знаний рождением новой науки — современной химии.

Итак, мы в 1783 году. Внимание ученых обращено на эту новую нарождающуюся науку, а она сосредоточилась, главным образом, на изучении третьего состояния материи, до тех пор почти ускользавшего от ее внимания — на изучении газов. Еще недавно Пристли ознакомил нас с целым рядом газообразных тел. Не прошло еще десяти лет со времени открытия кислорода. Только десять лет тому назад Лавуазье, сжигая алмаз, показал, что он пре-

вращается в *air fixe* ¹⁾ — по - нашему, в углекислоту, но самое название это еще не существует; оно появится в первый раз в печати в будущем 1784 году, а разложена эта углекислота будет еще только через десять лет ²⁾. Всего пять лет тому назад Лавуазье раз'яснил состав органического вещества и, наконец, еще только через несколько месяцев, 25 июля, он возвестил изумленной академии поразительный факт, что вода не стихия, а соединение кислорода с горючим газом, *air inflammable*, который впредь будет звать водородом. Заметим еще, что все эти факты проникают в печать нередко через год, через два или три, и что только деятельная переписка, связывающая английских, французских, итальянских и шведских ученых, разносит эти вести во все края Европы. Прибавьте к этому ожесточенную борьбу двух лагерей: защитников блестящего, но отживающего свой век, учения о *флогистоне* и сторонников новой химии—химии Лавуазье, над которой официальная наука, устами Фуркруа, еще произнесет, обычный в таких случаях, приговор, что «она потрясает весь строй господствующего образа мыслей». Взвесим все эти обстоятельства, и нам станет понятно, как еще туманен был научный кругозор и какою пронизательностью нужно было обладать для того, чтобы пролагать новые, неизведанные пути для того, чтобы прозревать факты, которые еще трудно было облекать в слова.

1) Воздух, находящийся в твердом виде в твердых телах.

2) Между прочим, одним из первых русских химиков—Мусиным-Пушкиным.

В это горячее время, т.-е. в 1782 году, в Женеве, скромный труженик, даже не специалист ученый, а евангелический пастор, Сенебье, занимался изучением вопроса о действии солнечного света на тела всех трех царств природы, — вопроса, и до настоящего времени, несмотря на блестящие успехи его технических применений в области фотографии, почти не подвинувшегося с точки зрения его научной теории. В первом из трех томов, посвященных этому предмету, появившемся в 1782 году, Сенебье коснулся вопроса о действии света на листья, составившего главную славу его научной деятельности, а в следующем, 1783 году, посвятил ему целый новый том, в котором окончательно выяснил значение своего открытия. Посмотрим, в чем же заключалось это открытие.

Лет за сорок перед тем, другой женевец, и как мы только-что видели — сосед Сенебье по ботаническому саду, Бонне, заметил любопытный факт, что листья растений, погруженные в воду и выставленные на солнце, покрываются пузырьками воздуха. Бонне задался вопросом, откуда берется этот воздух — из растения или из воды? С этой целью он взял воду прокипяченную и, следовательно, не содержащую воздуха, и повторил опыт: пузырьков на листьях не появлялось более, откуда Бонне заключил, что они выделялись не из листьев, а только на поверхности листьев, из воды. Для проверки этого заключения, он несколько времени дышал через трубку в эту прокипяченную воду и заметил, что после этого листья снова покрывались пузырьками. Таким образом, Бонне неизбежно

должен был прийти к окончательному выводу, что растение не играет существенной роли в этом процессе, а потому и совершенно несправедливо приписывать этому ученому первый шаг в открытии этого отправления растения; напротив, несмотря на совершенно логический ход мышления, он должен был прийти к отрицанию роли растения, и виною тому было, конечно, не отсутствие в нем таланта экспериментатора, а недостаточность сведений, которыми располагала наука его времени по отношению к газам. Как только химия пополнила этот пробел, вновь стал на очереди и этот физиологический вопрос.

В 1772 году Пристли открыл факт первостепенной важности; он показал, что растения способны восстанавливать хорошие качества воздуха, «испорченного» дыханием животных или горящим телом, т.-е. делать его вновь пригодным для дыхания и горения. От Пристли, однако, ускользнуло на первых порах одно условие его опытов, именно влияние солнечного света на это отправление растений, а потому, когда через несколько лет он пожелал повторить свои опыты, он потерпел неудачу. Но эта неудача не заставила его отказаться от первоначального мнения, так как, говорил он, одно положительное свидетельство важнее целого ряда отрицательных. К тому же, в дальнейших опытах, при которых предметами служили не обыкновенные растения, а зеленый налет, появляющийся на стенках стеклянных сосудов с водою и состоящий, как позднее показал Сенебье, из водорослей, Пристли сам убедился в значении света. Эти опыты, а

равно и знакомство с исследованиями Бонне, дали возможность Ингенгузу, голландскому ученому, приехавшему в Англию и выведавшему у Пристли о его последних опытах, повторить их, вооружившись приемом исследования воздуха, введенным в науку Пристли и усовершенствованным аббатом Фонтана. Ингенгуз показал в 1779 г., что улучшение воздуха растениями происходит только под влиянием света, что при отсутствии света они, напротив, ухудшают воздух, подобно животным, на что уже ранее указывал, на основании своих опытов, Шеле¹⁾. Таким образом, выяснилось двойное отношение растений к воздуху: одно совершенно сходное с соответственным отправлением животных, т.-е. дыхание, портящее воздух, делающее его непригодным для дальнейшего дыхания или горения, и другое—исключительно свойственное растению под влиянием света, т.-е. улучшающее воздух, делающее его вновь пригодным поддерживать жизнь и горение.

Главным образом с этой, так сказать, гигиенической точки зрения вопрос этот и обращал на себя внимание и служил предметом исследований целого ряда ученых. Пристли, Лавуазье, Магелан, Ингенгуз, Шеле, Фонтана, Спаланцани и др. предпринимали новые исследования в этом направлении или высказывали живое участие к результатам чужих исследований²⁾. Сенебье первый

¹⁾ Ингенгуз поторопился напечатать свои результаты, чтобы обогнать Пристли, чем объясняется обыкновенно приписываемая ему роль в этом открытии.

²⁾ В числе последних можно упомянуть и нашего соотечественника князя Голицына.

взглянул на вопрос с совершенно новой точки зрения.

Он вернулся к опытам Бонне, но только применил к выделяющимся пузырькам воздуха приемы химического анализа газов, выработанные между тем наукой. Он погружал листья в воду, в сосуде, имевшем форму опрокинутой воронки с глухой узкой частью; в этой глухой, т.-е. закрытой сверху трубочке и собирался газ, выделявшийся с поверхности листьев. Оказалось, что собранный газ совершенно отличен от газа, растворенного в воде, — следовательно, он не был выделен из воды. Это не мог быть и газ, просто заключенный в листьях, так как об'ем его был значительно более об'ема листьев. Отличие его от обыкновенного воздуха состояло в том, что он был гораздо «чище» этого последнего, более способен поддерживать дыхание и горение, т.-е., как мы выразились бы теперь, богаче кислородом.

Таким образом, мнение Бонне оказалось, очевидно, несостоятельным: пузырьки воздуха, появляющиеся на листьях, не брались просто из воды; они существенно отличались, по своему составу, от воздуха, растворенного в воде. Но, тем не менее, верен был и факт, что для того, чтобы на листьях появлялись пузырьки, вода должна содержать воздух. Но какой? Сенебье сосредоточил свое внимание на этом вопросе и вскоре убедился, что для выделения листьями «чистого воздуха» (кислорода) необходимо, чтобы в воде находился не обыкновенный воздух, а именно воздух испорченный, содержащий air

fixe, т.-е. углекислоту, всегда встречающуюся в воде минеральных источников, иногда даже в большом количестве, как, напр., в сельтерской воде. Сенебье умножил число своих опытов, разнообразя их в различных направлениях, и пришел к окончательному заключению, что именно присутствие этого, и только этого, газа необходимо; что с увеличением его содержания увеличивается и количество пузырьков кислорода. Он показал далее, что пузырьки выделяются не на поверхности листьев, а из глубины тканей, из зеленой мякоти листа. Стало ясно, что выделение «чистого» воздуха происходит на счет air fixe, растворенного в воде; листья перерабатывают, превращают один газ в другой. Но в чем же состоит это превращение? Исследования Лавуазье уже давали ответ на этот вопрос. В настоящее время мы в несколько минут можем сжечь уголь в кислороде, превратить его в невидимый газ, в углекислоту, и вновь из этого газа выделить уголь в прежнем виде, т.-е. путем синтеза и анализа выяснить, в чем заключается взаимное превращение, взаимное отношение углекислоты и кислорода. Хотя воззрения Сенебье не могли быть так определены, как наши, хотя в его первых трудах, заключающих его открытие, мы не встретим самых слов «углерод», «кислород», «углекислота», которых и Лавуазье еще не употреблял в то время, но, благодаря Лавуазье, ему было известно, что «air fixe» происходит при горении и тлении, что горючее вещество, соединяясь с кислородом, при этом переходит в чистый воздух, заражая его.

Отсюда было очевидно, что при обратном процессе, когда «air fixe», деятельностью растения, превращается в «air pur», «air éminentement respirable»¹⁾, горючее начало должно оставаться, отлагаться в растении. Но это горючее начало ведь то самое вещество, из которого состоит растение,—следовательно, процесс этот должен иметь значение для растения; в него поступает то вещество, из которого оно состоит,—очевидно, это процесс *питания*. Для того чтобы оценить всю смелость этой мысли, что растение «питается воздухом», стоит вспомнить, что и долго после Сенебье, почти до нашего времени, многие ученые продолжали называть этот процесс дыханием—«дневным дыханием»—в отличие от настоящего дыхания, которое они называли «ночным», так как у растения оно обнаруживается с полной ясностью только при отсутствии света. В самом деле, питание воздухом представляется чем-то столь необычайным, так резко противоречит более понятному нам питанию животных, что нелегко было освоиться с этой мыслью.

Таким образом, между тем как предшественники Сенебье видели в этом процессе только средство, которым природа очищает атмосферу, он показал другое и гораздо более важное его значение: процесс этот питает растение, а через растение и весь животный мир. Не произнеся слова «углерод», Сенебье открыл самый факт его круговорота и вполне сознал все значение своего открытия,

¹⁾ Чистый воздух, «воздух, особенно пригодный для дыхания».

чем и объясняется та нескрываемая им тревога, с которой он торопился умножить число, разнообразить форму своих опытов, желая удостовериться, что им действительно найден закон природы такой колоссальной важности. «Когда полагаешь, что держишь в руках истину», — скромно поясняет он, — «не жалеешь никаких трудов, чтобы вполне овладеть ею, — когда идет дело о совершенно новых идеях, не может быть лишнего довода». В этой симпатичной стороне Сенебье (так же, как и Пристли), в том, что он как-будто боялся доверять себе, повторяя и разнообразя опыты, многие позднее полагали видеть только признак грубого эмпиризма, но он сам отражает это обвинение. «Частные выводы, — говорит он, — вытекающие из наблюдений, приобретают цену лишь тогда, когда они могут быть обобщены, могут послужить ключом для целого ряда явлений». «С другой стороны, — поясняет он, — и к самому факту мы приобретаем доверие только тогда, когда понимаем его смысл». Можно сказать, что Сенебье почти сразу усвоил современную точку зрения на это явление, да и доводы, которые он приводил, существенно не отличаются от наших. Он говорит, что разложение углекислоты не только улучшает воздух, но, что важнее, питает растение, а через него животное. Он доказывает далее, что это не только один из источников, а главный источник питания для того и другого, и приходит к этому выводу путем следующих рассуждений. Вещество растения должно происходить из окружающей его среды — но из какой: из земли, из воды, или из воздуха? Что оно бе-

рется не из почвы. Это доказывали еще классические опыты Ван-Гельмонта, а также возможность воспитывать растения в воде. Что не из воды,—это доказывалось ничтожностью того твердого вещества, которое растворено в воде, а также фактом, что кактусы и другие растения могут долго существовать без воды. Остается воздух, т.-е. его углекислота. Таким образом становится понятна возможность растительности на бесплодной каменистой почве, понятен и факт, почему растения, выращенные в почве или в воде, не отличаются по составу,—в том и в другом случае они черпают пищу из того же источника — из воздуха. В подтверждение этого факта Сенебье приводил и то соображение, что питание совершается именно в листьях. Без листьев растение не растет; соки, принимаемые из почвы, жидки, водянисты, соки, идущие из листьев, напротив, слизисты, богаты веществом; почки, плоды на растениях, у которых удалены ближайšie листья, не развиваются; наконец, у некоторых растений, как, напр., у Алое, запасы питательных веществ образуются непосредственно в листьях. На основании всех этих соображений, Сенебье, еще в 1783 году, положил основание учению о питании растения, в общих чертах сохранившемуся и до настоящего времени.

Не следует, однако, думать, чтобы идеи Сенебье немедленно были встречены общим сочувствием,—они были слишком оригинальны, питание воздухом шло слишком в разрез с ходячими понятиями. Главное затруднение заключалось в том, что долгое время продолжали смещи-

вать процесс разложения углекислоты с ее образованием, т.-е. дыханием; в этом отношении особенно неясны были мысли его предшественника и соперника Ингенгуза. В последнее время некоторые немецкие ботаники (Сакс, Ганзен, Детмер, Визнер и пр.) пытаются совершенно несправедливо заслонить заслуги Сенебье и, в ущерб ему, выдвинуть вперед Ингенгуза. Трудно себе представить, чем они при этом руководятся. Разве только, предвкушая близкое поглощение Голландии «обще-германским отечеством», задним числом уже считают Ингенгуза немцем? ¹⁾ Как далек был Ингенгуз от истинного понимания основной мысли Сенебье, свидетельствует тот факт, что даже через 12 лет, в 1796 году, он утверждал, что выделение углекислоты, т.-е. дыхание, служит для питания растения, что «растения, образуя углекислоту, таким образом сами готовят себе пищу», что «растения должны расти всего быстрее тогда, когда они вырабатывают наибольшее количество этой пищи, т.-е. тогда, когда они находятся в темноте». Из этих двух мест вполне ясно, что понятия Ингенгуза были до того смутны, что приход углерода (питание) он смешивал с его расходом (дыханием) ²⁾.

С другой стороны, высказывалось весьма веское сомнение, значение которого вполне допускал и Сенебье, именно

¹⁾ Сказано мною в 1883 году (Примеч. 1918).

²⁾ *An essay on the food of plants and the innovation of Soils.* (Опыт о пище растений и обновлении почв). И в этом-то именно произведении, обнаруживающем всю несостоятельность воззрений Ингенгуза, немецкие ботаники видят зачатки современных воззрений.

указывалось на тот факт, что громадное большинство растений своими листьями приходят в соприкосновение с атмосферой, а не с водой, а между тем аббат Фонтана утверждал, что он исследовал до 700 растений и не мог показать, чтобы их листья разлагали углекислоту в газообразном состоянии. Сенебье сам предпринимал подобные опыты и не мог получить сначала вполне определенных результатов, в чем сам откровенно сознается, но уже во втором своем сочинении (относящемся к 1783) упоминает, что ему удалось получить удовлетворительные результаты и в воздухе. Раз'яснить окончательно это недоразумение привелось уже позднее его соотечественнику Соссюру.

Но самое резкое и неустранимое в то время возражение было пред'явлено Гассенфрацом. Он доказывал, что теория Сенебье ложна в основании, что никакого усвоения углерода растением не происходит, и доказывал это следующим опытом, против которого его современникам трудно было что-либо возразить. Если растение питается углекислотой, говорил он, то стоит взять проросшее семя, поместить его в перегнанную воду, в избытке снабженную углекислотой, и растение должно развиться. Но на деле этого не бывает, — растение не развивается, а погибает. Нам теперь очень хорошо понятны причины неудачи Гассенфраца. Мы знаем, благодаря Сенебье, что растение нуждается в углекислоте, но знаем также, благодаря уже позднейшим исследованиям, что растение нуждается и в составных частях золы, а их-то

не доставлял своим растениям Гассенфрац. Растение, сверх того, нуждается в кислороде для дыхания, а его, вероятно, недоставало в воде, в которой находились прораставшие семена. Но, повторяю, для современников опыты Гассенфраца, казалось, подтачивали в корне учение Сенебье.

Вообще Сенебье был талантливый экспериментатор и строго логический исследователь, но не обладал той особенностью гениальных новаторов, которая необходима для того, чтобы выставить новое учение во всеоружии истины, а главное, в то время он не обладал еще достаточными сведениями в новой химии, даже находился в противном лагере. Зато позднее он сам откровенно признавал, что, когда ему удалось преодолеть «обычную косность человеческого ума», неохотно расстающегося со старыми воззрениями, он убедился, что его идеи стали для него самого более ясными при свете нового учения.

В Европе в это время было два человека, которые могли бы довести вопрос до конца, выследить все его последствия, но они оба были насильственно отняты у науки, когда она могла от них всего более ожидать. То были Лавуазье и Пристли. Пристли никогда не упускал из виду вопроса, возбужденного его открытием. Этим же вопросом, повидимому, глубоко интересовался и Лавуазье, как можно судить по его позднейшим докладам Парижской академии. Именно в своем докладе по поводу исследований Гассенфраца он очевидно становится на сторону Сенебье, говорит, что большинство ученых разделяет его

взгляд, что углерод углекислоты переходит в растение, образуя органическое вещество, но, с другой стороны, останавливается в недоумении перед фактами Гассенфраца, предлагая академии их проверить, и приходит к заключению, что *«едва ли какой другой научный вопрос более достоин ее внимания и изучения»*, как именно этот вопрос о происхождении углерода растений. Известно, что Лавуазье и ранее занимали опыты над выращиванием растений в воде, а также и другие вопросы, находившиеся в связи с земледелием. Трудно себе даже представить, какое развитие получили бы физиология растений и рациональное земледелие, если бы Лавуазье, как позднее Либих, как в наше время Бертло, обратил внимание на ее задачи. Как изменилась бы ее судьба, если бы во главе своих деятелей она могла записать имя гениального химика, если бы творец современной химии стал бы и творцом физиологии растений и агрономической химии. Но через год после произнесения приведенных выше слов Лавуазье сложил голову на гильотине. Сохранилось предание, что он унес с собою почти сложившиеся идеи о каких-то новых открытиях, которых еще не успел осуществить на опыте. Кто не слышал мрачных подробностей юридического убийства Лавуазье? Историки с известными тенденциями не раз эксплуатировали его в своих видах, указывая на него, как на яркое проявление республиканского вандализма, и охотно повторяя (апокрифические?) слова, сказанные будто бы на процессе Лавуазье — *la République n'a pas besoin de science!* Но те же исто-

рики менее охотно вспоминают о другом случае, местом действия которого, незадолго перед тем, была соседняя страна. Там другой гениальный химик, талантливый соперник Лавуазье, Пристли, только благодаря случаю спас жизнь от дикого самосуда уличной толпы. Вот как рассказывают этот эпизод его биографы. В Бирмингеме друзья Пристли, имевшие много связей во Франции, — сам он пользовался даже правом французского гражданства, — предполагали отпраздновать 4 июля 1792 г., годовщину взятия Бастилии. Враги Пристли, консервативные аристократы и клерикалы, давно ненавидевшие его за его независимый образ мыслей, политический и религиозный, воспользовались этим случаем, чтобы покончить с ним. Наущенная ими уличная толпа ворвалась в дом, где происходил обед, расправилась с собравшимися там и, не найдя между ними Пристли, направилась к его загородному домику с криком: «за церковь и короля!». Лаборатория, ценные инструменты, библиотека, рукописи — все было уничтожено, и дом сожжен до тла. Предупрежденный во-время друзьями, Пристли, с женой и двумя детьми, успел спастись от дикой расправы рассвирепевшей черни и из окон соседнего дома мог видеть, как гибли в пламени результаты целой трудовой жизни, быть может, надежды будущих великих открытий. Его биографы рассказывают, что даже в эти минуты ему не изменила обычная ясность духа и христианская кротость характера; ни одного слова укоризны не сорвалось у него по отношению к этой жалкой, темной массе, служившей только слепым

орудием, но зато до конца своей жизни не переставал он громко обличать ту руку, которая управляла этими действиями. «Никакие соображения не могли его остановить, когда он считал своим долгом отстаивать то, что признавал за истину,—говорит один из его биографов, Кювье, и добавляет далее:—и это качество, столь почтенное само в себе, уничтожало результаты любезных сторон его характера и было причиной мук, истерзавших его существование». Под любезными сторонами характера (*qualités aimables*) Кювье, вероятно, разумел житейскую мудрость, умеющую смягчать жесткость всякой истины. Протянув еще несколько времени в Англии, не скрываясь от своих врагов, бешенство которых только росло оттого, что они не имели ни малейшего повода к законному его преследованию, Пристли, наконец, изнемог в неравной борьбе и удалился в Америку. Благодаря случаю, жизнь его сохранилась, но для науки он был потерян безвозвратно.

Таким образом, на расстоянии двух лет насильственно сошли с научной сцены два величайших деятеля, влияние которых могло бы изменить исторический ход развития нашей науки. Эта параллель между судьбой Лавуазье и Пристли не лишена поучительности для беспристрастного историка. Убийство Лавуазье справедливо считается одним из самых черных пятен на совести человечества, но оно бледнеет в сравнении с неудавшейся попыткой на убийство Пристли. В Лавуазье обезумевший от отчаяния перед иноземным вторжением и внутренней изменой, ра-

зоренный, но готовый на новые жертвы, французский народ преследовал только одного из представителей ненавистного ему сословия откупщиков, в которых видел внутренних врагов и союзников внешнего врага. Лавуазье был одним из 26 *fermiers généraux*, откупщиков податей, взошедших в этот день на гильотину; он расплачивался за чужие грехи—за грехи целых поколений хищников, высасывавших из французского народа его жизненные соки. Он, несомненно, не был виновен в их преступлениях ¹⁾. Но нельзя сказать, чтобы он не разделял с ними их выгод. Существует указание, что он просил у короля откупа, как средства покрыть значительные расходы, связанные с его опытами. Кто видел его приборы в *Conservatoire des Arts et Métiers*, конечно, поймет, как велики должны были быть эти расходы, и, конечно, не мы, благодарные потомки, помянем ему какие-нибудь сотни тысяч ливров синекуры, которые он с лихвой возвратил Франции и человечеству. Но современники могли и не обладать должным хладнокровием и чувством справедливости. В минуту общего народного бедствия, когда, казалось, все рушится и почва уходит из-под ног, могло найти, конечно, не извинение, но об'яснение и то помрачение мысли и чувства, которое решило участь Лавуазье. Совсем иным представляется нам дело Пристли. Среди ничем не угрожаемого общественного спокойствия, друзья порядка и поборники религии натравливают уличную чернь на чело-

¹⁾ Известно, что даже в своей деятельности откупщика Лавуазье проводил полезные и гуманные меры.

века самого кроткого и безобидного, вся вина которого заключалась в том, что он думал не так, как думали в то время правящие классы ¹⁾. Если в Лавуазье, вследствие рокового ослепления, за предполагаемым расхитителем народного достояния не видели действительно гениального ученого, то в Пристли сознательно обрекали на мучительную смерть мыслителя — и только мыслителя. Но довольно этих мрачных картин вторжения человеческих страстей в ясную область науки. Поспешим отвернуться от этих диких взрывов красного — и, быть — может, еще более возмутительного белого террора и вернемся в мирную Женеву.

Рядом с Сенебье и ему на смену, уже на пороге XIX в., выступили два его земляка и, как мы видели, соседи его по ботаническому саду — Де-Кандоль и Теодор Соссюр. Де-Кандоль придал опытам Сенебье более наглядную, убедительную форму, а также доказал, что и багряные морские водоросли, следовательно, растения не зеленые, разлагают углекислоту. Исследования Соссюра, собранные в небольшом томике *Recherches chimiques sur la végétation* ²⁾, и до настоящего времени могут служить образцом строгого, точного физиологического метода. Приемы исследования изменились, усовершенствовались, задачи усложнились, но умение ставить вопросы и получать на них ясные, определенные ответы не было превзойдено и по-

¹⁾ Религиозные воззрения Пристли были сходны с тем, что через сто лет повторил Л. Н. Толстой.

²⁾ «Химические исследования над растениями».

следующими поколениями. Соссюр устранил всякое сомнение по вопросу о возможности разложения газообразной углекислоты; он взял несколько растений барвинка— Vinca, той самой Peruvence, которой Руссо посвятил такие патетические строки в своих Confessions¹⁾,—поместил их в искусственную атмосферу, содержащую довольно значительное количество углекислоты, и по прошествии нескольких дней убедился, что количество углекислоты убыло, а кислорода — прибыло. Определив, сколько его растения могли заключать углерода до опыта, и определив, сколько его оказалось после опыта, он непосредственно доказал прибыль углерода, т.-е. его отложение из углекислоты в растение. Соссюру же наука обязана первыми, долгое время сохранившими свое значение количественными определениями углекислоты в атмосферном воздухе. Он показал, что содержание углекислоты в атмосфере в средних цифрах $\frac{4}{10000}$, и только сравнительно недавние, более точные исследования заставляют предполагать, что эта цифра должна быть немного уменьшена (до $\frac{3}{10000}$ или даже до $\frac{2}{10000}$?). Этим завершился ряд важных услуг, оказанных науке четырьмя женеvцами по отношению к занимающему нас вопросу. Соссюру не по силам было разрешить последнюю задачу, устранить последнее сомнение, которое стояло еще на пути учения Сенебье: именно, может ли растение улавливать и разлагать углекислый газ, так скупо рассеянный в природе? А пока это не

¹⁾ «Исповедь». Современные художники изображают его на памятниках с этим цветком в руках.

было доказано, скептики имели право утверждать, что все до сих пор доказанное еще не вязалось непосредственно с действительностью, с тем, что происходит в природе.

Эту задачу, требовавшую методов гораздо более тонких, разрешил, уже в 1840 году, Буссенго. Он доказал, что растение разлагает атмосферную углекислоту, и—при благоприятных условиях освещения—почти начисто. До какой степени изумительною казалась современникам точность этого опыта (как и большинства исследований Буссенго), может лучше всего показать анекдот, который я слышал от самого Буссенго. Мы предприняли исследование, рассказывал он, вместе с Дюма, но так, что каждый производил взвешивания, вел журнал опытов отдельно, не сообщая другому, для того чтобы лучше контролировать полученные результаты. Сначала все шло хорошо; растение, как и с едовало ожидать, разлагало углекислоту. Вдруг картина изменилась. Несмотря на ясные солнечные дни, оно закапризничало и вместо того, чтоб разлагать углекислоту, стало ее выделять. С недоумением подводили мы в своих записных книжках вечерние итоги, бросая друг на друга немые вопросительные взгляды. Обоим невольно приходила на память неудача, испытанная Пристли, когда он хотел повторить свой знаменитый опыт. Так продолжалось несколько дней. Наконец, в одно прекрасное утро Реньо (знаменитый физик), внимательно за нами следивший, видя наши вытянутые физиономии, разразился неудержимым хохотом и покалялся

нам, что причиной нашего горя был он: каждый день, когда мы уходили завтракать, он подкрадывался к прибору и немного в него дышал «для того чтобы убедиться, как он выразился, что вы не шарлатаните, а действительно можете учитывать такие малые количества углекислоты»! Реньо, проделывающий школьнические шалости над Дюма и Буссенго, — какой комический контраст с тем торжественным представлением, которое вызывали в нас имена этих научных олимпийцев, встречаемые на страницах учебника! Этот опыт над виноградной лозой, получивший такую неожиданную проверку, заслужил классическую известность; он окончательно разрешал сомнение о возможности происхождения углерода растения из атмосферы и, так сказать, завершал изучение вопроса с его химической, статической точки зрения. Позднее производившиеся почти бесчисленные опыты, в которых растение в течение всей своей жизни не получало другого источника углерода, кроме атмосферного воздуха, поставили этот вывод вне всякого сомнения.

Итак, самый существенный момент в круговороте углерода, подмеченный Сенебье, прослежен вполне. Полюбопытствуем узнать, как же быстро совершается этот круговорот. Зная, как велико содержание углекислоты в атмосферном воздухе, предположив (что не вполне верно), что содержание это равномерно во всей атмосфере, зная, наконец, среднее давление, следовательно вес атмосферы, мы можем определить, как велик запас углерода, носящегося в воздухе. С другой стороны, мы можем опре-

делить, как велико количество углерода, в форме растительного вещества, ежегодно извлекаемое из атмосферы, напр., нашими сельскохозяйственными растениями, и, сопоставляя эти цифры, прийти к грубо приблизительным, но, тем не менее, довольно любопытным выводам относительно быстроты круговорота. Если б можно было выделить столб атмосферы, стоящий над полем пшеницы, то заключающегося в нем количества углерода достало бы на четыре с половиной года; для клевера достало бы его только приблизительно на два года. Отсюда понятно, как быстро должно возобновляться это содержание углерода в атмосфере. Откуда же оно будет пополняться? Делались попытки вычислить, как велико количество углекислоты, освобождаемое главнейшими процессами окисления (горением, дыханием и проч.), пытались даже указать на равенство между этими процессами, но эти вычисления представляют слишком мало прочных данных.

Не следует забывать постоянный запас углекислоты, представляемый той частью атмосферы, которая находится над океаном, и самим океаном. Этот запас служит регулятором, обеспечивая общее постоянство состава атмосферы, если б даже оказывалось местное нарушение в равенстве между приходом и расходом углекислоты. С другой стороны, несомненно, что в тропическом поясе потребление углерода растительностью должно совершаться гораздо энергичнее, но зато и процессы тления совершаются там также гораздо быстрее, так что в общей сложности, при той подвижности, которой отличаются газы, едва ли есть

основание полагать, чтоб где бы то ни было на земном шаре мог оказаться недостаток в этом первом источнике питания. Точно так же и в будущем, при увеличении интенсивности производства, очевидно усилится и потребление органического вещества, т.-е. в итоге только ускорится круговорот углерода. Высказывались и другого рода опасения; указывали на мощные толщи углекислой извести¹⁾, отложившейся, очевидно, на счет углекислоты атмосферы; этот процесс, конечно, имеет последствием устранение углекислоты из общего круговорота, переводя ее в неподвижную форму. Но и этот геологический процесс не встречает ли себе противовеса в другом геологическом процессе, в потоках углекислого газа, извергаемых вулканами, на которые Буссенго давно указывал, как на важнейший источник атмосферной углекислоты. Эти соображения, я полагаю, могут нас избавить от преждевременных опасений даже за самое отдаленное будущее, без обращения к тем утешениям, которые недавно предлагал один американский ученый, убеждая, что если б углекислота когда-нибудь не хватило на нашей планете, то она явилась бы к нам на выручку из глубины космических пространств.

Таким образом, девятнадцатый век завершил задачу, завещанную ему восемнадцатым, но он этим не ограничился и, в свою очередь, выдвинул новую задачу, о которой восемнадцатый мог только смутно гадать.

1) Мела, известняков.

II.

В том же 1840 году, когда Буссенго производил свой классический опыт над лозой, на острове Яве молодой немецкий врач, находившийся на службе в каком-то голландском торговом доме, пуская кровь больному, заметил, что цвет крови был более яркий, алый, чем он привык видеть в Европе. Ничтожное наблюдение, которое в другом случае прошло бы даже незамеченным, стало исходной точкой целой цепи умозаключений, на другом конце которой, через два года, явилось провозглашение «закона», по словам Фарадея, «высшего из всех, доступных человеческому пониманию, в области физических знаний — закона сохранения силы». Этот молодой доктор был знаменитый и так жестоко поплатившийся за свою славу — Роберт Майер. Несоответственность между громадностью результата и ничтожностью ближайшего повода, так часто повторяющаяся в истории наук и даже утешающая толпу завистливой посредственности, убаюкивая ее мыслью, что все великие открытия обязаны своим происхождением только случаю, — эта несоответственность, конечно, и на этот раз не опровергала любимой аксиомы Майера: *aequat causa effectum*¹⁾. — Не в факте кровопускания лежала причина открытия, — он играл только роль «освобождающей причины», «*Auslösung*», давшей

¹⁾ Следствие равно причине.

прорваться наружу запасу потенциальной энергии, таившемуся в мозгу Майера и называемому гением¹⁾.

Но в чем же заключалось это сцепление идей, связывающее цвет венозной крови с самым широким обобщением, когда-либо высказанным в сфере физических наук, фактически обнимающим всю совокупность физических явлений? Майер руководился учением Лавуазье о горении и дыхании. Он рассуждал так: при более высокой температуре, окружающей организм, он менее охлаждается. Но если он менее охлаждается, то и менее нуждается в тех процессах, которые поддерживают его температуру. Менее высокая температура находится, следовательно, в связи с меньшей тратой как вещества организма, так и кислорода крови, — отсюда и более алый цвет венозной крови. Значит, трата вещества и проявление теплоты взаимно дополняются; чем менее тратится вещества, тем менее освобождается тепла. Значит, эта теплота была скрыта, таилась в этом веществе, а не возникла, — значит, физические силы не возникают и не исчезают, а только превращаются. Мысль Лавуазье о вечности вещества должна быть дополнена, обобщена, распространена и

¹⁾ Любопытно, что Майер, построивший всю аргументацию в своих знаменитых трудах на общей логической посылке о равенстве между причиной и следствием, в последние годы задумал большой труд, в котором старался разъяснить именно механизм «Auslösung», т.-е. объяснить действие малых причин, вызывающих несоответственные следствия, и желал провести это положение чрез все сферы явлений, начиная с химии и кончая умственным творчеством и политическими движениями.

на силу. *Ex nihilo nil fit. Nil fit ad nihilum*¹⁾. Когда мы видим, что образуется во а, мы ищем, из чего она образовалась, и убеждаемся, что из водорода и кислорода; когда при горении исчезает уголь, мы ищем, во что он превратился, и убеждаемся, что в углекислоту. Точно так же, когда мы присутствуем при появлении или кажущемся исчезновении какой-нибудь физической силы—движения, теплоты, света, электричества, мы должны искать, откуда она взялась или во что обратилась. «В этом предположении, что сила может принимать скрытую неподвижную форму,—говорит Дюринг,—и заключается самобытная мысль Майера, самым очевидным плодом которой явилось выражение теплоты в единицах механической силы». Майер не ограничился применением своего воззрения к неоживленной природе. В первый раз усмотрев его на жизненном явлении, он и поспешил в 1845 г. развить его в применении к жизненным явлениям. Не задумываясь высказал он основное положение, что или мы должны допустить, что в организмах сила не возникает сама собою, а лишь превращается, или должны признать безгранично царившую в то время «жизненную силу», т.-е. «должны пресечь себе всякий путь к дальнейшему исследованию; отказаться от мысли применить к изучению жизненных явлений законы точных наук»²⁾.

1) Ничто не происходит из ничего. Ничто не превращается в ничто.

2) До чего доходили физиологические воззрения виталистов того времени, можно видеть из приводимого Майером мнения од-

Обращаясь к явлениям органической жизни, Майер прежде всего остановился на растении. Всякое растение представляет нам не только запас вещества, но и тепла, которое освобождается при его сжигании. Откуда же берется эта теплота? Она не возникает из ничего, — значит, она берется извне. Может-быть, в форме теплоты же, из окружающей среды? Но нет; для существования растения одной теплоты недостаточно. Для этого нужен свет. Мы, таким образом, получаем рациональное объяснение для открытия, — что разложение углекислоты происходит только при солнечном свете. Но у Майера уже нет речи о каком-то непонятном влиянии света; нет, он прямо высказывает мысль, что солнечный свет затрачивается, исчезает, превращается, принимает твердую форму, слагаясь в запас и обнаруживаясь вновь в форме тепла же и света, когда мы сжигаем вещество растения. Здесь должно заметить, что мысли эти вполне определенно высказал Сенебье еще в 1791 году следующими словами: «Я вижу, как моя кровь образуется в хлебном колосе... а древесина (le bois) отдает зимою теплоту, огонь и свет, похищенные ею у солнца» ¹⁾. Майер даже намекал на форму опыта,

ного ученого, высказывавшего мысль, что животная теплота передается новорожденному по наследству. В награду за такое открытие, замечает Майер, стоило бы пожелать его автору печку, которая передавала бы по наследству неистощаемую теплоту своей прародительницы печки. Можно пожелать и новейшим защитникам витализма почаще перечитывать приведенные выше слова Р. Майера.

¹⁾ Майер, конечно, не мог знать этого места из физиологии Сенебье, так как оно неизвестно даже современному специально

к сожалению, и до сих пор превышающего экспериментальные средства науки, — опыта, который должен был бы непосредственно учесть это поглощение света. Всякий знает, что поверхность земли, покрытая растительностью, не так нагревается, как голая почва. Если бы могли точно определить, какую долю этого охлаждения должно приписать испарению воды, то избыток охлаждения указал бы нам на поглощение света растением.

Таким образом, в растении может отложиться лишь столько углерода, сколько принесено извне в форме углекислоты, и лишь столько тепла, сколько растение могло поглотить его в форме солнечного света. А так как это только две стороны одного и того же процесса, то мы можем сказать, что и количество принятого растением углерода будет зависеть от количества выпадающего на растение света, т.-е. мы приходим к выводу, что между самым существенным процессом растительной жизни и солнечным светом должно искать определенного количественного отношения.

Таковы основные мысли, высказанные Майером по отношению к занимающему нас процессу. Когда вспомнишь, что все свои гениальные идеи он высказал в краткий период *трех лет*, когда знаешь, как занимало его именно применение этих идей к органическому миру, то невольно спрашиваешь себя: чего могла бы ожидать от него наука в последовавшие затем *тридцать три года* его жизни, занимавшемуся этим вопросом немецкому ботанику (Визнеру) и поющему с его голоса русскому (Арцихавскому).

если б мелкая зависть цеховых ученых и невежество окружающей среды не превратили эту жизнь в ряд невыносимых страданий? Нельзя без гнетущего чувства читать подробности этой страдальческой жизни, раскрытые другим неудачником, Дюрингом, в его книге: Robert Mayer, der Galilei des neunzehnten Jahrhunderts¹⁾. До их появления в печати и немедленно после появления идеи Майера были встречены специалистами с крайнею враждебностью. «Физики, с которыми он был в сношениях, и слышать не хотели о нем, и едва мог он добиться, чтобы первое сжатое изложение его идей проникло в печать», — пишет Гельмгольц и прибавляет: «то же, чрез несколько лет, пришлось испытать и мне»²⁾. Затем, в течение долгих лет, к этим идеям был применен прием, так метко названный — «La conspiration du silence»³⁾. Наконец, когда имя Майера было совершенно забыто, заслонено славой его более счастливых соперников, Джоуля и Гельмгольца, и он выступил в защиту своих прав, — местные авторитеты снова обрушились на него оскорбительными газетными статьями. Он хотел возражать, но редакции не принимали его ответов. Тогда разнесся слух, что он сошел с ума, и вслед за тем, — что он умер в доме для умалишенных. Последний слух был так упорен, что Потгендорф в своем биографическом словаре

1) Роберт Майер, Галилей девятнадцатого столетия.

2) Этих слов, кажется, достаточно для того, чтобы избавить Гельмгольца от тех подозрений, которые на него возводит Дюринг.

3) Заговор замалчивания.

так и уморил его заживо и уже в прибавлении исправил свою ошибку. Только в шестидесятых годах, главным образом благодаря Тиндалю, напомнившему о его заслугах, о нем, наконец, вспомнили. Оказалось, что он еще жив, уже не сумасшедший, а просто влачит темное существование практического врача в своем родном городе Гейльбронне. Раз только, казалось, судьба ему улыбнулась. В 1869 году его уговорили явиться на с'езд немецких натуралистов в Инсбруке. Он произнес речь; ему сделали овацию—позднее признание его заслуг. Но и это запоздалое торжество было отравлено новыми неожиданными врагами. Майер был искренно религиозный человек, и притом, по замечанию Дюринга, был им всегда, а не стал только под гнетом невыносимой жизни. В нем не было, однако, ни тени фанатизма или ханжества; на допрос Дюринга он просто и чистосердечно ответил, на своем швабском диалекте: «Ich bin ein Christ»¹⁾. В своей Инсбрукской речи он позволил себе несколько фраз в религиозном смысле. Этого не могли ему простить люди противоположного лагеря, и Карл Фогт, в газетном отзыве об этой речи, деликатно намекнул, что это говорит человек, выпущенный из дома для умалишенных! Такова, по обыкновенным рассказам, жизнь этого несчастного человека. Но Дюрингу, познакомившемуся с ним лично и вызвавшему его на откровенность, удалось разоблачить весь трагический ужас этого существования. Майер засвиде-

1) Я христианин.

тельствовав ему, что никогда не был сумасшедшим. Отвергнутый учеными, но сознавая значение своих идей, он вскоре сделался посмешищем и предметом преследований всех окружающих, начиная с ближайших членов своей семьи. Мало-по-малу сложилось мнение, что он страдает манией величия. Можно себе представить положение человека, обреченного на жизнь в ничтожном провинциальном городишке, окруженного завистливым злорадством мелочной среды, встречающего главных врагов в самых близких, в родственниках, в жене, находившей, что лучше бы ему бросить свои бредни и побольше заниматься врачебной практикой, в детях, которым внушали, что отец—полоумный сумасброд. Измученный этой мелочной, вседневной борьбой, не встречая нигде справедливости, Майер не выдержал и впал в тяжкую меланхолию. Этим воспользовались, чтобы уговорить его посоветоваться с психиатрами; он сам добровольно поехал в одно лечебное заведение, в Винентале, и был там задержан, повидимому, не без содействия родственников. Ученый эскулап также сообразил, что его пациент страдает манией величия, а что его «механический эквивалент» — что-то в роде квадратуры круга. Он пустил в ход орудия пытки (Zwangsstuhl), которыми располагала наука того времени, причем постоянно предлагал своему пациенту вопрос, не сознает ли он, наконец, своего заблуждения. Целый год выдержал Майер эту пытку, но не отрекся от своих идей. «Это ли не повторение истории Галилея в самой середине XIX столетия?!» — восклицает Дюринг. «Человека пыт-

кой вынуждали отказаться от его идей, составляющих гордость, славу его века! Это ли не Галилей?—с тем только различием, что гонителями Галилея были невежественные монахи, а на этот раз — то были просвещенные профессора, а палачом служил ученый психиатр, вообразивший, что он призван быть цензором над произведением гения!»



Роберт Майер.

Как бы то ни было, Майер вернулся из Винтала нравственно и физически искалеченный, с разбитой волей, но с ясным, попрежнему, умом и неизлечимой мономанией—с убеждением, что открытие механического эквивалента не было делом сумасшедшего¹⁾. Дюринг ставит ему в укор только излишнюю его научную

скромность и христианскую кротость. Боевой натуре Дюринга слишком чуждо это «непротивлению злу», и он выска-

¹⁾ Повидимому, боязнь лишиться практики, т.-е. средств к существованию, вынудила разбитого борьбой Майера примириться с мыслью прослыть за выздоровевшего сумасшедшего, скорее чем потребовать в ответу своих родственников.

зывает убеждение, что, обратись Майер во-время к суду общественного мнения, ответ он своим врагам резкой, язвительной брошюрой, дай он ей надлежащий ход, и роли изменились бы, его дело было бы выиграно, и вся жизнь его приняла бы иной оборот. Но скромность Майера, повидимому, превышала его гениальность. Ни в одном письме, ни в одном разговоре, приводимом Дюрингом, не встречаем ни одной черты самоуверенности или гордости. Раз только в его разговоре проскользнуло нечто в роде похвальбы: «Ich habe doch wirklich populär geschrieben»¹⁾, сказал он Дюрингу, очевидно сознавая, что обладал столь редким между учеными его соотечественниками даром не только понятного, но даже изящного изложения своих мыслей. С какой пользой и до сих пор многие ботаники могли бы читать эти блестящие шесть страничек, которые Майер посвятил растению в своей известной статье «Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel»²⁾, — а сколько еще потребуются труда, таланта и времени, чтобы осуществить на опыте все намеченные там идеи!

Подобно Пристли и Лавуазье, Роберт Майер был насильственно отнят у науки в момент полного расцвета своего таланта. Словно какой-то злой рок тормазил развитие занимающего нас вопроса, удаляя с научной сцены именно тех, кто всего более могли способствовать движению науки в этом направлении. Самые противоположные

1) Я ведь действительно писалъ популярно.

2) «Органическое движение в его зависимости от круговорота вещества».

условия, самые враждебные течения мысли—как-будто тайно служили одной цели. Бирмингамские пожары и Винентальские холодные души, богатство Лавуазье и бедность Майера, уличное буйство невежественной толпы и затаенная зависть ученых профессоров, насилующая нетерпимость религиозных фанатиков и язвущая нетерпимость правоверного материалиста — все шло впрок, все, казалось, вступило в заговор для того только, чтоб обогатить мартиролог науки именами этих трех гениальных ученых и во всех отношениях безупречных людей. И не любопытна ли эта последовательность: Лавуазье ученый — пострадал за Лавуазье практического деятеля; Пристли ученый — за Пристли политического и религиозного мыслителя; наконец, Майер ученый — за то только, что был гениальным ученым в среде окружавшей его жалкой посредственности.

Рассматриваемый с точки зрения Майера процесс усвоения углерода приобретает новый и еще более широкий интерес ¹⁾. До сих пор мы видели в нем только любопытный момент в круговороте углерода, теперь мы усматриваем в нем еще более любопытный момент в том превращении силы, или, выражаясь современным языком, в том превращении солнечной энергии ²⁾, от которого

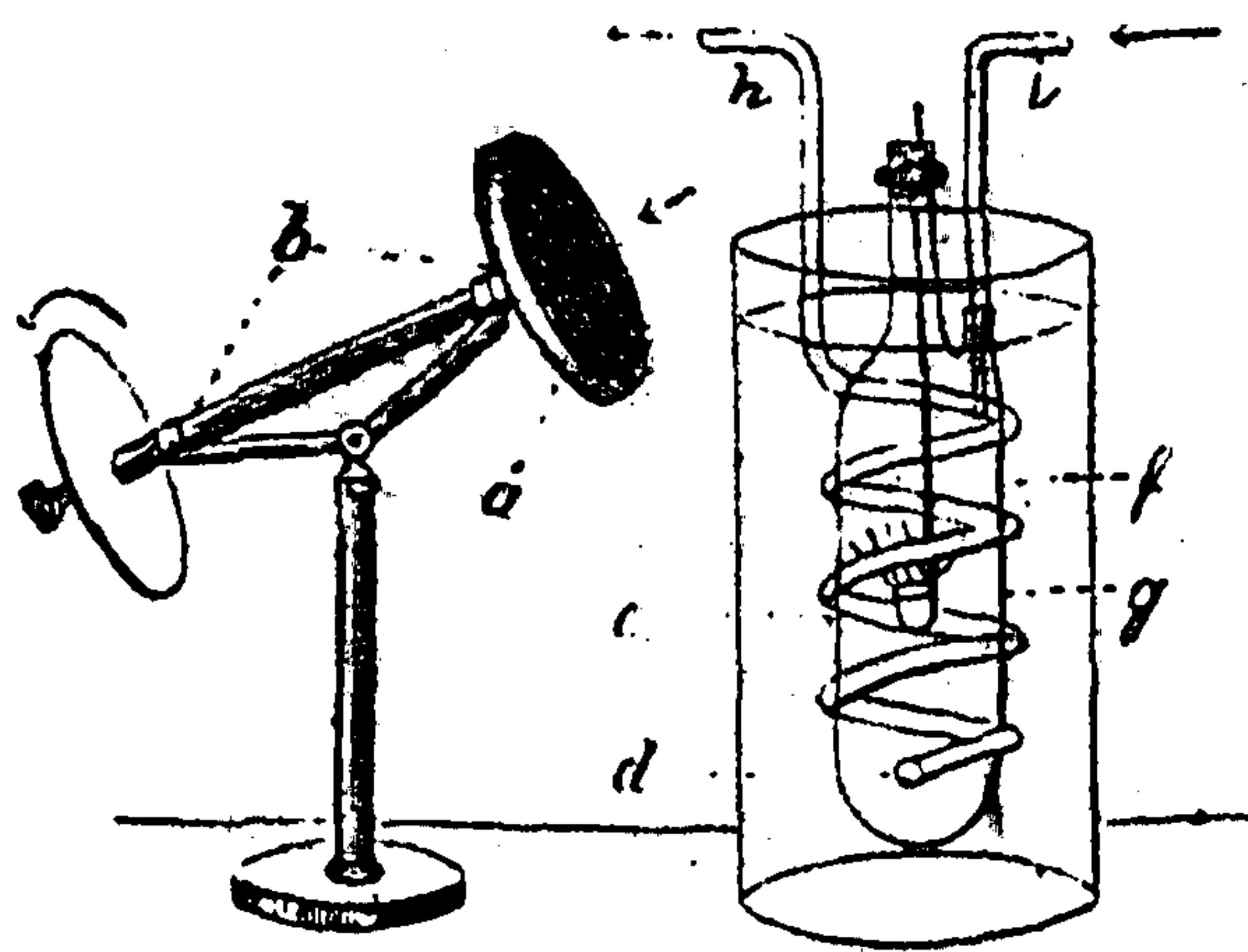
¹⁾ Сходные воззрения высказывались почти одновременно и другими учеными, но никто ранее Майера не выражал его с такой определенностью и ясностью.

²⁾ Я здесь не касаюсь основ учения об энергии,—желающие с ним ознакомиться найдут сжатое изложение в моей книге «Жизнь в стенах»—приложение: «Растение, как источник силы».

зависит существование жизни на земле. В процессе разложения углекислоты, солнечная энергия переходит в скрытое состояние, становясь достоянием живых существ. Усвоение углерода растением есть, в то же время, усвоение солнечной энергии.

Мы узнали в общих чертах, в какой степени растение утилизирует атмосферную углекислоту; попытаемся определить, конечно, приблизительно, в какой мере растение утилизирует солнечную энергию, без которой невозможна и утилизация углекислоты. Прежде всего укажем на громадный интерес подобной оценки. Мы видели, что запас углерода, в соседстве с растением, обеспечен подвижностью углекислоты; большее потребление его человеком только обеспечивает снабжение им растения,—только ускоряет круговорот. Точно так же во власти человека снабдить растение в форме удобрения и теми питательными веществами, которые неподвижны и, будучи однажды удалены из ближайшего соседства растения, сами уже не возвращаются. Только одно условие не лежит во власти человека, это—количество солнечной энергии, выпадающее на известную площадь земли, а от этого количества зависит, как учит Майер, и количество образующегося в растении органического вещества. Но как сравнить между собою эти, повидимому, столь разнородные величины? Очень просто. Мы можем их привести к одной и той же мере, выразить их в тех же единицах. Какую меру выберем мы для определения энергии солнечного луча? Конечно, не световое его напряжение, не степень

его яркости, зависящую от свойства воспринимающего его физиологического аппарата, т.-е. глаза. Для определения энергии солнечного луча, в ее совокупности, мы имеем одно только средство. Мы превращаем ее в теплоту и измеряем в тепловых единицах — в калориях. Для этого, по мысли французского физика Пульета, мы выставляем на солнечный свет, всегда в одном и том же определенном положении по отношению к лучу, тонкий, плоский, металлический сосуд (а) с водой и термометром (б) ¹⁾.



Калориметр Пульета.

Освещенная поверхность его вычернена, закупчена (а) для возможно полного поглощения света, т.-е. для возможно полного превращения его в теплоту ²⁾. Зная, сколько наш прибор содержит воды и на какое число градусов

повышается его температура в минуту (конечно, соблюдая целый ряд поправок, о которых здесь не место говорить), мы узнаем, сколько калорий посылает солнце на известную нам поверхность нашего калориметра. Теперь посмотрим, как определим мы скрытую теплоту растения. Положим, мы вырастили растение, тщательно собрали

¹⁾ Для того, чтобы вода равномерно нагревалась, сосуд вращают, как показывает стрелка.

²⁾ Полное поглощение световых лучей представляло бы, конечно, только такое тело, на которое нельзя было бы отбросить тени, но такого черного тела мы не знаем.

его, вместе с корнем, разрезали и высушили, чтоб удалить воду. Полученное сухое органическое вещество мы помещаем в небольшую чашечку (*g*), зажигаем и быстро опускаем в стоящий рядом прибор (*cf*)—также калориметр. Он состоит из стеклянного сосуда с одной трубкой (*i*), чрез которую доставляют воздух или, лучше, кислород, и другой (*d*), образующей много оборотов и, наконец, выходящей над поверхностью воды в наружном сосуде (*h*). Чрез эту трубку продукты горения выходят охлажденными, предварительно нагрев на своем длинном пути окружающую воду. Зная опять, сколько воды было в калориметре, на сколько градусов повысилась ее температура, мы узнаем, сколько единиц тепла заключалось, в скрытом состоянии, в нашем растении и освободилось при его сжигании. Следовательно, и количество энергии, заключающейся в солнечных лучах, и количество скрытой энергии, заключенное в растении, мы измеряем тем же способом, при помощи тех же приборов,—калориметров,—в тех же единицах тепла. Значит, и сравнение этих, как казалось сначала, разнородных величин разрешается весьма просто, то-есть весьма просто в теории, хотя много еще пройдет десятков лет, много потребуются сложных и тонких исследований, прежде чем удастся разрешить это уравнение вполне удовлетворительно. Но важно то, что уже предвидится возможность установления такой количественной связи между растительным процессом и солнечной энергией. Пока мы должны довольствоваться только первыми попытками в этом направлении — и вот

каким путем мы их осуществляем. Положим, мы желаем узнать, какое количество солнечной энергии утилизируется известной какой-нибудь культурой. Для этого нам нет, конечно, надобности собрать жатву с целой десятины, вместе с корневыми остатками, и сжечь ее в калориметре; если мы знаем, сколько сухого вещества заключается в этом сборе и каков его химический состав, мы можем, на основании уже известных нам калориметрических данных, вычислить, какое количество скрытого тепла сгорания заключает это органическое вещество. С другой стороны, при помощи калориметра (пиргелиометра) Пульета, с которым мы познакомились выше, мы можем определить, сколько солнечной энергии выпало на ту площадь, которая покрыта нашей культурой—за период вегетации ¹⁾. На основании таких вычислений оказывается, что самые интенсивные культуры утилизируют около *одного процента*. Но мы имеем и другой, более точный путь для вычисления количества солнечной энергии, утилизируемой растением. Мы можем прямо определить, сколько данный лист разложит углекислоты в известный период времени, напр., в час. Отсюда мы знаем, сколько тепла

¹⁾ К сожалению, это вычисление только приблизительное. В этом отношении, метеорология заставляет еще многого желать. Новейшие любопытные исследования Крова в Монпелье и Савельева в Киеве вскоре дадут физиологам необходимые данные для более точного вычисления (1883). Позднее английский астроном Вильсон придумал упрощенный остроумный прибор, делающий возможным учитывать солнечное тепло (в калориях) сразу за целый день, что значительно упрощает дело (Примеч. 1918 г.).

потребовалось растению для этого разложения, а пиргелиометр, попрежнему, даст нам другую цифру для сравнения. Такое вычисление более точно и приводит к более высокой цифре. До *двух* и даже *пяти* процентов ¹⁾ солнечной энергии утилизируется зеленым листом, поставленным в самые благоприятные условия освещения,—и эту цифру мы, вероятно, должны считать близкой к пределу производительности зеленого листа. Повторяю, цифры эти только приблизительные; потребуется еще много поправок и данных для точного вычисления, но пока важны не цифры, а самая возможность цифр. Важно то, что уже может быть речь о числе и мере там, где царил произвол жизненной силы, точные же цифры — только вопрос времени. Интересна возможность вычисления размеров естественного процесса, едва ли не самого важного из совершающихся на поверхности нашей планеты. Вычисление это, в сущности, не что иное, как определение *годового бюджета жизни* на земле. Мы можем доставить растению сколько угодно удобрений, сколько угодно воды, можем, пожалуй, оберегать его от холода в теплицах, можем ускорить круговорот углекислоты, но не получим органического вещества более того количества, которое соответствует количеству солнечной энергии, получаемой растением от солнца. Это—предел, переступить за который не во власти человека. Но раз мы узнаем этот предел, мы получим настоящую, строго научную

¹⁾ Наиболее точное измерение дало 3,40%.

меру для предела производительности данной площади земли, а в то же время будем в состоянии судить о том, насколько наши культуры приближаются к совершенству, — как в далеком будущем получим возможность судить и о том, насколько совершенны те искусственные процессы получения органического вещества, которые, конечно, рано или поздно, подражая растению, выработает физика и химия. Калориметр скажет сельскому хозяину, что он получил, а пиргелиометр, — что мог или должен был получить. Тогда станет понятно, что если последствия хищнического хозяйства, непроизводительного удаляющего из почвы питательные вещества, и поправимы тем или иным способом, путем удобрения земли, то окончательно непоправимо только расточительное, неумелое пользование *главным источником народного богатства — солнечным светом*. Не утилизированный в данный момент, он утрачивается уже безвозвратно. Тогда станет понятно, что каждый луч солнца, не уловленный нами, а бесплодно отразившийся назад в мировое пространство, — кусок хлеба, вырванный изо рта отдаленного потомка, а вместе с тем станет понятно, что *владение землей не право только или привилегия, а тяжелая обязанность, грозящая ответственностью перед судом потомства*.

Но оставим пока эти соображения и заключения, которые двадцатый век несомненно выведет из той точки зрения, с которой девятнадцатый учит нас смотреть на вопрос о круговороте углерода, и вернемся назад в восемнадцатый, попытаемся еще раз отдать ему должное, попы-

таемся показать, что если он и не формулировал идей Майера в таких ясных выражениях, то уже смутно угадывал их содержание.

Если любопытно знать «последнее слово науки», то не менее назидательно при случае знакомиться с ее первыми словами, — хотя бы они и казались нашему высокомерию только детским лепетом.

Мы уже видели, что приверженность к отживавшему свой век учению о *флогистоне* препятствовала Сенебье оценить свои собственные открытия с тою ясностью, с которою они ему представились, когда со свойственным ему беспристрастием он из рядов противников перешел в ряды сторонников новой химии Лавуазье. Но зато старое учение дозволило ему заглянуть в сущность открытого им процесса глубже своих современников и ближайших преемников. Это учение о флогистоне, как известно, перешло в историю с не совсем лестной славой. Но потомство успело и к нему отнестись с должною справедливостью. История науки полна таких примеров. Колоссальная фигура Ньютона заслоняет на время Гюйгенса, — но являются Юнг и Френель; Кювье давит своим авторитетом Ламарка, но выступает вперед Дарвин¹⁾. Ограниченные люди, пожалуй, готовы из этого вывести заключение о непроч-

¹⁾ Известно, что теория Гюйгенса, надолго вытесненная теорией Ньютона, нашла защитников в Юнге и Френеле и теперь всеми признана. Воззрения Ламарка, отвергнутые авторитетом Кювье в значительной мере (хотя не во всем), нашли оправдание в учении Дарвина.

ности научных построений. Но дело об'ясняется совсем иначе,—наука, как выражается Сенебье, «дитя своего времени»; быть слишком дальноруким в науке почти так же опасно, как и быть слишком близоруким. Нечто подобное (хотя не в такой степени, как в двух приведенных примерах) оправдывается и по отношению к *флогистону*. Во второй половине настоящего столетия целый ряд авторитетов (Майер, Гельмгольц, Одлинг и др.) попытался обнаружить основную мысль, таившуюся в том, что считалось упорным заблуждением защитников флогистона. Это учение страдало тем, что хотело охватить в одном взгляде слишком многое и, по французской поговорке «qui trop embrasse mal entreint»¹⁾, упустило из виду некоторые факты, а затем стало с ними в прямое противоречие. Что такое *флогистон*? Подставьте на место этого слова современные понятия,—химическое напряжение, потенциальная, скрытая энергия,—и сущность этого учения станет ясна²⁾. При горении тела теряется, освобождается нечто—флогистон, говорили его защитники, и были правы. При горении тела приобретается, связывается нечто—кислород, говорил Лавуазье, и был еще более прав. Ошибка сторонников флогистона заключалась в том, что одним уравнением они хотели выразить и превращение вещества и превращение энергии. Эта скрытая энергия, освобождающаяся при горении, правда, представлялась

1) Кто слишком много охватывает, плохо удерживает.

2) Об энергии см. «Жизнь растения».

им в форме материи, но вспомним, как долго и после них физики не могли расстаться с тепловой, световой, электрической материей¹⁾. Лавуазье на время ограничил вопрос, остановился на его исключительно химической стороне,—в этом и обнаруживается зоркость гения, понимающего задачу своего века. Сузив, таким образом, русло науки, он способствовал его углублению,—и вот только теперь, окрепнув на своем более ограниченном, но зато и более прочном фундаменте, химия возвращается вновь к более широким динамическим задачам. Но какую же услугу это учение о флогистоне могло принести Сенебье? А ту, что, благодаря этому учению, его воззрения существенно не отличаются от наших, что и для него, как мы видели выше, круговорот углерода был такой процесс, при помощи которого солнечный луч улавливается, слагается в запас в виде «флогистона», освобождающегося потом в пламени свечи, топлива и т. д. «Флогистон,—говорит он в одном месте,—это свет потухший, но всегда готовый вспыхнуть вновь», и в другом месте: «Мне кажется, что я вижу, как частицы света соединяются с телами,—мне хочется думать, что они вновь обнаружатся нашему глазу в пламени горючих веществ», и еще далее: «Наконец, этот флогистон, который свет образует в растении, не служит ли он источником и того, который обращается и в других царствах природы?» Не

¹⁾ Не забудем, что и для Лавуазье уравнение образования воды было: водород+кислород—теплород=вода.

подлежит сомнению, что для Сенебье процесс усвоения углерода растением был в то же время и процессом усвоения солнечного света.

До сих пор мы имели в виду почти исключительно внешние факторы занимающего нас процесса и оставляли в стороне роль главного участника—растения. Мы узнали, что происходит с углекислотой, омывающей растение, узнали окончательно судьбу солнечного луча, падающего на растение, но пока еще ничего не сказали о том, что происходит в самом растении; где совершается это превращение углекислоты—в органическое вещество, солнечного луча—в запас тепла. Первые шаги и в этом направлении, как мы увидим, принадлежат тому же Сенебье.

Почему и зачем растение зелено?

I.

Сент-Бёв, характеризуя одну из сторон деятельности Руссо, со свойственной ему меткостью замечает, что в обществе и литературе, совершенно ушедших в искусственно созданную ими жизнь, Руссо сумел пробудить — *le sentiment du vert* ¹⁾. Люди, словно в первый раз, сознали в себе присутствие какого-то глухого инстинкта, какого-то неизведанного и вместе с тем как-будто давно присущего им влечения, а для самого виновника этого внезапного просветления, гонимого, больного, нищего скитальца, умиротворяющий «зеленый шум» ²⁾ стал единственным утешением и врачующим средством от угнетавших его тяжелых мыслей, тех честных мыслей, «в которых так много и злобы и боли, в которых так много любви» ³⁾.

Сенебье, конечно, не обладал могучим, чарующим словом своего великого земляка; он не открыл глаза

1) «Чувство зелени», т.-е. чувство природы, любовь к природе, сознание ее красоты.

2) Слова Некрасова.

3) Слова Некрасова.

изумленному человечеству на новый источник высших и чистейших наслаждений, мимо которого оно проходило, казалось, того не замечая, но зато он один из первых задумался над вопросом: почему этот зеленый мир—зелен?

Часто приходится слышать очень верную мысль, что люди обращают внимание на ничтожные, случайные явления только потому, что они случайны, редки, и, наоборот, проходят без внимания мимо крупных, широко распространенных явлений только потому, что они слишком распространены, слишком обыкновенны. К числу таких фактов, конечно, должно отнести и зеленый цвет растительности.

Кто не знает, что с пробуждением растительной жизни весной вся природа одевается в этот зеленый наряд; что на какую бы точку земного шара мы ни перенеслись, несмотря на различие в почве и климате, при почти безграничной пестроте цветов и плодов, мы встретимся, в различных, правда, оттенках, но с тем же неизменным зеленым цветом листвы. Наконец, кто не знает, что утрата этого зеленого цвета осенью есть верный признак приближения зимней спячки или смерти. Все это так верно и так хорошо известно, что зеленый цвет даже стал эмблемой жизни и надежды ¹⁾.

Мало, я полагаю, найдется фактов более обыкновенных, а многим ли приходилось задавать себе вопросы:

¹⁾ К сожалению, он стал цветом кадетов. Невольно вспоминаются слова Чернышевского: «Мухи знают, что сахар сладок, но зачем они его засиживают».

да почему же растение всегда и везде зелено? Имеет ли этот зеленый цвет какое-нибудь для него значение, или это действительно только случайный наряд? Чтоб это замечание не показалось укором, поспешу прибавить, что и сами ботаники недавно только стали серьезно задаваться этим вопросом.

Прежде чем перейти к тому ответу, который дал на этот вопрос опыт, то-есть сама природа, необходимо точнее поставить и рассмотреть самый вопрос.

Почему и зачем растение зелено? Вот в какой форме мы его поставим и, наверно, услышим от натуралистов старого поколения возражения, что ученый может ставить себе только первый вопрос, второй же слишком отзывается устарелой телеологией. Нужно ли об'яснять, что, наоборот, именно это возражение является устарелым и не выдерживает критики. Современное эволюционное воззрение на происхождение организмов делает и второй вопрос вполне научным. Распространенность какого-нибудь органа или свойства прямо наводит на мысль, что они имеют какое-нибудь полезное значение для обладающего ими организма. Раскрыв, когда это окажется возможным, физические условия, при которых образуется то или другое строение, та или другая особенность организмов, мы об'ясняем, *почему* они возникли; раскрыв их пользу, их значение для обладающего ими организма, мы указываем, *зачем*, *для чего* эта особенность сохранилась, закрепилась и усовершенствовалась. Иногда бывает трудно ответить на первый вопрос, в других случаях, наоборот,

на второй. Бэр, знаменитый натуралист, высказывал мысль, что в биологии обыкновенно гораздо легче ответить на второй вопрос, т.-е. узнать, *для чего* существует та или другая особенность, чем ответить, *почему*, т.-е., какими физическими средствами она осуществляется. Но мне кажется, что замечание это более применимо к животным организмам, многие функции которых человек сравнительно легко угадывает из аналогии с своим личным опытом; по отношению же к растению эта руководящая нить аналогии может не только не содействовать, но, наоборот, нередко сбивает с пути. Что глаза животных служат для того, чтоб видеть, легкие—для того, чтоб дышать, понять было нетрудно, но что растение поглощает воздух для того, чтоб им питаться, этого не могла подсказать простая аналогия; напротив, аналогия заставляла долго и упорно называть этот процесс газового обмена—дыханием. Мы вскоре увидим и другой пример подобного неудачного заключения по аналогии. Таким образом, ботанику нередко бывает сравнительно легко узнать, почему, как, при каких условиях, в зависимости от каких физических деятелей слагается та или другая особенность растительного организма, и гораздо труднее объяснить, зачем она существует, т.-е. к чему клонится, чем полезна растению. К числу таких случаев, очевидно, относится и вопрос о зеленом цвете растения.

Почему растение зелено, т.-е. присутствию какого вещества оно обязано этим цветом, в каком виде отлагается это вещество, при каких условиях оно образуется, сохра-

няется или исчезает, — на все эти вопросы мы можем получить ответы сравнительно легко; но гораздо сложнее представится нам другой вопрос: к чему служит растению этот зеленый цвет, и могло ли бы оно и не быть зеленым?

Займемся сначала первым вопросом. Зеленый цвет зависит от присутствия во всех растениях одного и того же вещества, названного *хлорофиллом* (*листозеленью*). Вещество это окрашивает зеленые органы растения не сплошь; оно обыкновенно распределено в клеточках этих органов в форме зернышек, — да и самые зернышки не состоят сплошь из хлорофила, а, повидимому, только покрашены им с поверхности. Стоит вымочить какой-нибудь зеленый лист в спирте, и мы заметим, что спирт окрасится в зеленый цвет, а лист станет совершенно бесцветным. Следовательно, это зеленое вещество — хлорофилл — растворяется в спирте. Этот зеленый раствор представляет много любопытных особенностей; мы остановимся только на его своеобразном цвете. Известно, что если разложить луч света призмой, то он даст изображение, называемое спектром и состоящее из семи основных цветов радуги: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового. Если мы пропустим наш луч через сосуд с зеленою жидкостью, напр., с раствором хлористой меди, то вместо семи цветов спектра получим только узкую полосу зеленого цвета, все остальные лучи будут поглощены раствором. Но если мы поставим на пути луча сосуд с зеленым раствором хлорофила, то получится не только зеленая полоса, но и узкая красная, отделенные

одна от другой широким совершенно черным промежутком. Эта черная полоса в спектре представляет самую характеристическую особенность хлорофила, к которой нам придется не раз возвращаться. Вследствие этого свойства его спектра, и самый зеленый цвет хлорофила представляет особенность, отличающую его от других зеленых тел; он содержит, как мы только что видели, не только зеленые, но и красные лучи. Убедиться в этом можно очень легко; стоит на залитый ярким солнечным светом ландшафт посмотреть через особое синее стекло, которое пропускает красные и синие лучи, но задерживает зеленые, для того чтобы перед нашими изумленными взорами вся природа совершенно преобразилась; под обычным синим небом мы увидим кроваво-красную растительность ¹⁾. Не в этой ли особенности цвета хлорофила лежат те трудности, с которыми, очевидно, приходится бороться ландшафтной живописи? На палитре живописца, повидимому, нет тех зеленых тонов, которые представляет вблизи ярко освещенная растительность. Не потому ли ни у старых мастеров, начиная с отца ландшафтной живописи Тициана, ни у Сальватора Розы, ни у Клода Лоррена, ни у Рейсдаля, ни у новейших: Руссо, Каллама, Дяза, Шишкина и др., мы и не встретим попыток разрешения этой, повидимому, неразрешимой задачи—изображения ярко-зеленой растительности, и только у молодых, неопытных художников

1) Еще проще тот же результат достигается, если смотреть чрез фиолетовые желатинные пластинки, которые употребляют для детских фонариков, завертывания конфет и пр.

почти на любой выставке наталкиваемся на режущие глаза своим неестественным, малахитово-зеленым цветом луга и леса.

Итак, совершенно своеобразный зеленый цвет растительности отличается тем, что в его спектре отсутствуют не все вообще красные лучи, а известная группа красных и оранжевых лучей. Лучи эти, следовательно, поглощаются растением, как бы потухают в нем.

Ботаники долгое время думали, что зеленый цвет растения зависит от смеси синего и желтого красящего вещества, дающей, как известно всякому художнику, зеленый цвет, но почти двадцать лет тому назад мне удалось показать, что предполагаемого синего пигмента в природе не существует, что хлорофилл — смесь зеленого же и всегда его сопровождающего желтого пигмента. Первое тело я предложил назвать *хлорофиллином*, второе — *ксантофиллом*. Факт этот объясняет нам многие естественные явления, напр., осеннюю окраску листьев. Хлорофиллин легко разлагается, разрушается светом, ксантофилл, напротив, менее чувствителен к свету. Если мы оставим на солнечном свете спиртовой раствор хлорофила, то он вскоре пожелтеет — разрушится хлорофиллин, и останется желтый ксантофилл. То же происходит осенью в листьях. Под влиянием света и низкой температуры хлорофиллин разрушается, а остается ксантофилл. Таким образом, удалось воспроизвести искусственно то разрушение хлорофила, которое наблюдается и в природе осенью. Люди, желающие видеть печать таинственности во всем, что

касается жизненных явлений, нередко делали ботаникам-физиологам возражение, которое не так давно предъявлялось, в еще более широких размерах, и химикам, именно: что исследователь в своей лаборатории умеет только разрушать, но бессилён создать внавь то, что разрушает. Давно ли еще считалось чуть не научным догматом, что химик может только анализировать органические тела, одна только природа обладает тайной их синтеза. Быстрые успехи синтетической химии опровергли это воззрение; молодому поколению оно представляется каким-то отголоском седой старины, — а ведь переворот этот совершился на наших глазах. Сходное возражение чуть не вчера еще высказывалось и по поводу хлорофила. Вне растения, говорили, возможно разрушение хлорофила, только растение обладает тайной его образования. Но мне удалось воспроизвести и это явление. Желтая жидкость, не имеющая никакого сходства с хлорофилом, у нас на глазах в несколько минут зеленеет, превращаясь в хлорофил со всеми его характеристическими свойствами — спектром и т. д., и происходит это явление при тех же условиях, как и в живом растении, т.-е. при окислении на счет кислорода воздуха. Таким образом, оказывается еще одной, так-называемой жизненной тайной менее: процесс образования хлорофила, считавшийся исключительным уделом живого организма, может быть воспроизведен *in vitro*¹⁾.

¹⁾ См. мои статьи в *Comptes Rendus* за 1886 и *Nature* за 1885 и 1886. С тех пор мне удалось получить это вещество и из растения. Это последнее исследование помещено в *Comptes Rendus* за

Но знаем ли мы в точности, при каких условиях образуется хлорофил в растении? Физиологи довольно тщательно изучили эту сторону вопроса. Необходима обильная азотистая пища: растения, получившие азотистые удобрения, резко, на глаз, даже в поле отличаются ярким зеленым цветом, как мне самому случилось особенно ясно наблюдать это на известной Ротгамstedской опытной станции. Затем необходимо доставить растению железные соли. Это доказывается опытом, одним из самых простых и изящных физиологических опытов, принадлежащим Кнопу. Стоит приготовить искусственную почву или раствор, содержащие все питательные вещества, в том числе и железо, а рядом другую почву или раствор, отличающиеся только отсутствием железа. В первом случае получится здоровое зеленое растение, во втором — хилое, с листьями белыми, как почтовая бумага. Смочим эти последние железным раствором, и они позеленеют.

Кроме этих двух веществ, доставляемых почвой, для образования хлорофила необходимо еще присутствие кислорода воздуха. Чтоб доказать это, прорастим в темноте какие-нибудь семена. Известно, что ростки тогда получаются не зеленые, а желтые. Разделим полученные таким

1889, а самый способ производства опытов подробно показан мною на с'езде естествоиспытателей в Петербурге, в том же 1889 г. Несмотря на то, пять лет спустя Г. Монтеверде (на IX съезде в Москве) счел возможным приписать это открытие себе. (См. мою статью С. Р. за 1895 г.). И ни один русский ботаник не возмутился этим дерзким плагиатом!

образом ростки на две кучки; одни оставим в обыкновенном воздухе, другие заключим в прибор с воздухом, лишенным кислорода, и вынесем все на свет. Первые через какие-нибудь четверть часа позеленеют и вскоре получают обычную зеленую окраску; вторые, сколько бы мы их ни держали на свете, останутся желтыми. Но допустим к ним кислород, и они немедленно позеленеют ¹⁾.

Таковы химические условия, при которых образуется хлорофил. Но мы только что видели, что этого еще мало; необходимо, чтоб были удовлетворены еще известные физические условия, без чего хлорофил также не будет образовываться. К числу этих условий должно отнести два: теплоту и свет. Зависимость образования хлорофила от света еще в XVII веке доказал ботаник Рей в Кембридже. Если растение, выдержанное в темноте и обыкновенно желтое, вынести на свет, то оно позеленеет только в таком случае, если будет находиться при достаточно высокой температуре. По наблюдениям Сакса, для этого нужно обыкновенно более 5 градусов. При температуре ниже этой оно не позеленеет, сколько бы времени мы его ни подвергали влиянию света, как это показал Эльфинг. Наоборот, как бы благоприятна ни была температура, растение не позеленеет, если будет оставаться в темноте ²⁾. Света, однако, для этого достаточно самого ничтожного;

¹⁾ Опыты эти были произведены молодым талантливым, рано умершим русским ботаником Дементьевым.

²⁾ Существуют, впрочем, немногочисленные исключения из этого правила, верного, однако, для громадного большинства растений.

растение начинает зеленеть даже при освещении, недостаточном для чтения крупной печати. Света газовой горелки или лампы уже вполне достаточно для того, чтоб вызвать появление хлорофила. Даже оказывается, что слишком сильный свет вреден, что он замедляет зеленение. Это объясняется уже нам знакомым явлением — разрушением хлорофила под влиянием света. Таким образом, зеленый цвет растения является результатом известного равновесия между двумя противоположными процессами, зависящими от света: процессом образования и процессом разрушения хлорофила.

Мы узнали, что растение обязано своим зеленым цветом хлорофилу; что этот хлорофил имеет вид зернышек, только окрашенных тем веществом, которое извлекается спиртом; познакомились с главнейшим свойством этого вещества, его спектром и зависящим от того своеобразным цветом; ознакомились, наконец, с химическими и физическими условиями образования и разрушения этого вещества в растении и вне растения, — посмотрим теперь, можем ли мы найти какую-нибудь связь между присутствием хлорофила и жизненными явлениями растения.

Исследования Сенебье, а уже отчасти Ингенгуза дают самый определенный ответ на этот вопрос, — ответ, безусловная верность которого подтверждена целым столетием исследований. Присутствие хлорофила необходимо для того, чтобы растение могло разлагать углекислоту. Только зеленые растения или, выражаясь точнее, только растения, содержащие хлорофил, — хотя бы скрытый, замаски-

рованный другим пигментом (как во многих наших нестролистных растениях или в морских водорослях), способны разлагать углекислоту. Сенебье показал, что и в зеленых листьях именно только зеленая их ткань, а не другие части, вызывает это разложение. Растения, не содержащие хлорофила, как, напр., грибы или некоторые паразиты, углекислоты не разлагают, как не разлагает их и ни одно молодое растение, пока оно не позеленеет. Наконец, если мы сравним между собою различные зеленые растения, то убеждаемся, что чем зеленее они, тем более разлагают углекислоты. Словом, с какой бы стороны ни проверяли мы это положение, везде встречаем его подтверждение. Хлорофил есть орган растения, в котором происходит самый существенный жизненный процесс растения — разложение углекислоты, усвоение углерода, сопровождаемое, как мы уже знаем, и усвоением солнечной энергии.

Нечувствительным образом от вопроса, почему растение зелено, мы уже перешли к другому, — зачем оно зелено, т.-е. какую роль, какое отправление играет в нем этот зеленый хлорофил, и убедились, что роль эта самая существенная, что ни один орган в растительном организме не может сравниться по важности с хлорофилом. Я выразился осторожно, что мы *почти* затронули второй вопрос, и это совершенно верно. Тех фактов, с которыми мы ознакомились, достаточно для того, чтобы ответить, зачем растению нужно присутствие хлорофила, но они не дают нам ответа на вопрос, нужно ли для растения,

чтобы это вещество было именно зеленого цвета. Факты эти не отвечают нам на вопрос, потому ли именно хлорофил полезен, что он зелен, или этот цвет только побочное обстоятельство, случайное совпадение. Только тогда, когда нам удастся доказать, что именно в зеленом цвете и заключается значение хлорофила, только тогда мы ответим на вопрос, зачем растение зелено, т.-е. почему ему полезно быть именно такого, а не иного цвета.

II.

Французская поговорка учит *гесулер роуи тиеух сау-тер*, т.-е. пятиться для того, чтобы с разбегу далее прыгнуть. Этим мудрым правилом должен бы всегда руководиться физиолог. Для разрешения своих сложных задач он должен прежде попятиться, — познакомиться с более простыми химическими и физическими процессами, лежащими в основе изучаемых им жизненных явлений. Только несоблюдением этого основного требования можно себе объяснить то неудовлетворительное состояние, в котором еще находятся многие отрасли физиологии растений.

Прежде всего остановимся на вопросе: эта физиологическая роль хлорофила, — т.-е. его участие в процессе разложения углекислоты, — связана ли она вообще с его цветом? — а вслед за тем уже зададим себе другой, более определенный, вопрос: могло ли бы это вещество в такой

же степени исполнять свою роль в растении, если б оно было иного цвета?

Для разрешения этой двойной задачи мы должны, как только-что сказали, на некоторое время покинуть область физиологии растений и вступить в более общую область фотохимии, т.-е. того отдела физической химии, который трактует о химическом действии света и, как мы заметили ранее, несмотря на значительные технические успехи, еще очень мало подвинулся с точки зрения своей теории.

Разложение углекислоты светом, очевидно, только частный случай фотохимического действия, случай самый важный из всех нам известных, потому что от него зависит существование органического мира, — но, до настоящего времени, далеко не достаточно понятый и известный, главным образом потому, что большинство ботаников, бравшихся за его изучение, не обладали необходимыми для того знаниями физики, а химики и физики недостаточно знакомы с фактами, уже приобретенными в ботанике ¹⁾.

Фотохимия пока еще очень бедна определенными, точными законами, но, тем не менее, они уже начинают

¹⁾ Как на доказательство справедливости этих слов, могу указать на «Lehrbuch der allgemeinen Chemie» (Учебник общей химии) Оствальда. Книга эта считается лучшим трактатом физической химии, а между тем параграфы, посвященные этому вопросу, указывают на недостаточное знакомство автора с литературой предмета и на отсутствие критической оценки приводимых фактов.

выясняться из прежнего нестройного хаоса фактов. Первый закон, в настоящее время не подлежащий сомнению, тот, что не существует, как еще недавно полагали, каких-либо особых химических лучей, а что, напротив, все лучи спектра, как видимые, так и невидимые, простирающиеся по обеим сторонам видимого спектра, в известных случаях способны вызывать химическое действие. Теперь в этом уже никто не сомневается, но еще не так давно существовало убеждение, что химическое действие вызывают только лучи синие, фиолетовые и так-называемые ультра-фиолетовые, т.-е. невидимые, лежащие за фиолетовым концом спектра. Это мнение возникло из того факта, что внимание химиков и физиков было сосредоточено исключительно на небольшом числе химических явлений, вызываемых светом, и, главным образом, на тех явлениях, которые лежат в основе искусства фотографии, т.-е. на явлениях химического разложения, вызываемого светом в хлористых, бромистых и иодистых солях серебра. Кто заглядывал в темную комнату фотографа, знает, что фотограф может производить свои обыкновенные операции только при желтом свете, т.-е. при свете фонаря с желтым стеклом; в этом желтом свете отсутствуют синие, фиолетовые и ультра-фиолетовые лучи, вызывающие фотографическое действие. Еще нагляднее то же явление зависимости известного химического действия от синих и прочих лучей можно показать при помощи реакции соединения хлора с водородом. Эти два газа под влиянием света соединяются с сильным взрывом. Всего нагляднее произ-

водят опыт следующим образом: под черным сукном находится стеклянная клетка, четыре стороны которой состоят из разноцветных стекол: первое—красное, второе—желтое, третье—зеленое, четвертое—синее. Под клеткой стеклянная трубочка со смесью хлора и водорода. Если поднять сукно со стороны красного стекла и поднести зажженную проволоку магния,—никакого результата не оказывается. Повторяют то же, поднося горящий магний последовательно к желтому и зеленому стеклу,—результата нет. Но как только поднесут горящую проволоку к синему стеклу, раздается взрыв, подобный пистолетному выстрелу, и если поднимем теперь клетку, то увидим, что под ней не осталось и следа стеклянной трубочки,—она разбилась в мельчайшие дребезги. Вот эти-то и подобные им случаи привели первоначально ученых к убеждению, что только половина спектра, проходящая через синее стекло (т.-е. лучи синие, фиолетовые и темные за их пределом), вызывает химическое действие,—желтая же его половина, проходящая через желтое стекло (т.-е. зеленые, желтые, красные и темные за их пределом), неспособна его вызывать. Но позднее целый ряд явлений вынудил отказаться от этого воззрения. Стоит указать на самый разительный пример. Мы только что говорили, что фотографическое действие обыкновенно обнаруживается исключительно в синей половине спектра, но новейшие успехи фотографии доказали возможность фотографировать и при помощи зеленых, желтых и красных лучей. Мало того, известный английский теоретик—фотограф Абней—достиг того, что мог сфотографировать

в совершенной темноте котелок с горячей водой. Следовательно, даже те невидимые лучи, которые испускаются в темноте нагретым телом, могут уже, при известных условиях, вызывать фотографическое действие. Значит, не существует специальных лучей, которые исключительно вызывали бы химическое действие, и эту роль, совершенно напрасно, долго приписывали только синим, фиолетовым и т. п. лучам. Но пока были в этом убеждены, считали очевидным, что от этой же синей половины спектра (условимся ее так называть для краткости) должно зависеть и разложение углекислоты. Это мнение высказывали в сороковых годах Дюма и Буссенго и, несколько позднее, Гельмгольц; это воззрение можно было встретить в химических и физических сочинениях еще недавно, несмотря на то, что уже в тридцатых и сороковых годах два ученых, англичанин Добэни и американец Дрэпер, доказали, что разложение углекислоты зависит от другой половины спектра, — будем ее называть желтой, — т.-е. именно от того желтого света, который не оказывал действия в фотографии.

Когда убедились в невозможности установить аналогию между разложением углекислоты и фотографическим действием света, обратились за сравнением в другую сторону, — прибегли к другой и, как оказалось, еще менее удачной аналогии. Не действует ли свет на растение именно как свет, т.-е. так, как он действует на глаз; не будут ли наиболее действительными именно те лучи, которые представляются и глазу наиболее яркими? Известно, что относительная яркость различных лучей возрастает, начи-

ная с красного конца спектра, достигает наибольшей силы в желто-зеленой части и оттуда снова убывает к сине-фиолетовому концу. Самыми яркими, следовательно, представляются желто-зеленые лучи, и если свет разлагает углекислоту в силу своей яркости, то именно эти лучи должны оказывать наибольшее действие. Дрэпер предпринял ряд опытов и полагал, что ему удалось доказать справедливость этого предположения, что разложение углекислоты зависит от яркости света и происходит всего сильнее в желто-зеленой части, быстро ослабевая к обоим концам спектра, т.-е. как в сторону красной, так и в сторону сине-фиолетовой части.

Это мнение господствовало в науке более четверти века, т.-е. до 1869 года, когда, убедясь в его теоретической несостоятельности, я доказал на опыте его фактическую неверность. Нетрудно убедиться в теоретической несостоятельности этого воззрения. Именно его я имел в виду, говоря несколько выше о том, как опасны при изучении жизненных явлений растения слишком поспешные аналогии с явлениями животной жизни. В самом деле, понятие о яркости света чисто субъективное, вне глаза, в природе не имеющее смысла. Даже различные глаза выносят совершенно различные впечатления об относительной яркости цветов, — стоит вспомнить дальтонистов, глаза которых нечувствительны к известным цветам; мало того, всякий нормальный глаз после приема сантонина ¹⁾ становится менее чувствителен к синему

¹⁾ Вещество, получаемое из так-называемого цытварного семени.

цвету. Итак, световое, в тесном смысле слова, напряжение лучей, или их относительная яркость, в природе, помимо глаза, не существует; это—только субъективное впечатление нашего зрительного аппарата, откуда совершенно нелогично ожидать, чтобы это свойство играло роль в объективных явлениях внешнего мира—в химическом процессе, совершающемся в растении. Для растения света, как света, не существует, а, следовательно, и не существует степеней яркости. Прилагая к растению наши представления о свете, мы впадаем в невольную, но, тем не менее, грубую логическую ошибку, по привычке, безотчетно перенося известные понятия из одной области явлений в другую, к которой они совсем неприменимы. В упомянутом исследовании я не только доказал неверность результатов Дрэпера, но и объяснил причину его ошибки, а своими опытами показал, что главное действие на разложение углекислоты оказывают не самые яркие, желтые, как утверждал Дрэпер, а гораздо менее яркие—красные лучи. Позднее Бонье подтвердил ту же мысль очень наглядным образом; он показал, что невидимые для глаза ультра-фиолетовые лучи, концентрированные собирательным стеклом, могут, хотя очень слабо, разлагать углекислоту в растении—значит, между яркостью и даже видимостью света и его действием на разложение углекислоты, как и следовало ожидать, не существует никакой связи.

Итак, разложение углекислоты зависит не от тех лучей, которые действуют в фотографии, и не от тех, к которым

особенно чувствителен глаз,—а от лучей красных и смежных с ними оранжевых. Но если различные лучи спектра вызывают различные химические явления, то от чего же зависит, что в одном случае действуют одни лучи, в другом—другие,—в фотографии синие, в растении красные. Очевидно, что причину этого различия должно искать в природе самого изменяющегося или, как выражаются, чувствительного к свету вещества. Здесь выясняется второй основной фотохимический закон. От природы самого тела, т.-е. от его цвета, зависит, какого рода лучи будут оказывать на него действие. В тридцатых годах Гершель, а еще ранее Гротгус высказали основное правило, что действовать могут только лучи, поглощаемые данным телом. А если эти лучи поглощаются, потухают, то, очевидно, они будут отсутствовать в том свете, который пропускается или отражается этим телом,—этот свет будет цвета суммы остальных лучей спектра, т.-е. цвета дополнительного. Так, напр., если тело желтого цвета, то это значит, что лучи дополнительного цвета, т.-е. синего, поглощены телом, и мы должны ожидать, что именно эти лучи будут действовать на него химически, и т. д. Правило это очевидно само по себе; оно вытекает, как необходимое следствие, из закона сохранения энергии. Световая энергия, производящая работу, должна затрачиваться, следовательно, исчезать, как свет; те же лучи, которые прошли чрез тело и вышли из него не затрачиваясь, очевидно, не могли и произвести химической работы. Утверждать противное, значило бы отрицать закон сохра-

нения энергии, и, однако, подобные явления могут еще встречаться в ходячих ботанических сочинениях ¹⁾).

Таким образом, зная цвет тела, мы можем вперед сказать, какие лучи будут вызывать в них химические изменения, какие не будут. Если тело желтое, оно будет разлагаться синими и смежными с ним лучами; если оно синее, то будет, наоборот, действовать желтая половина спектра. Пример этого правила мы только-что видели: хлор—газ желтого цвета, потому и соединение его с водородом зависит от лучей дополнительного цвета, т.-е. синих. Но еще точнее узнаем мы, какие лучи действуют, изучая спектр тела. Если мы перед спектроскопом поставим раствор какого-нибудь цветного тела, то на месте тех лучей, которые задерживаются, поглощаются этим телом, в спектре получают перерывы, темные полосы,— это полосы поглощения. Зная положение этих полос, мы можем вперед сказать, что именно в этих лучах спектра должно ожидать химическое действие света. Это правило особенно убедительно оправдалось и по отношению к растению. В 1874—75 годах при помощи исследования процесса разложения углекислоты листьями в спектре,— исследования, в котором мне удалось избежать ошибок предшествовавших (и последующих) наблюдателей,—я мог объяснить результаты, полученные мною, как мы видели,

¹⁾ Напр., Детмер, развивая теорию Сакса о роли света в явлениях гелиотропизма (т.-е. влияния света на искривления растений), утверждает, что свет мог бы действовать в абсолютно прозрачном теле, т.-е. вовсе не поглощаясь.

еще в 1869 году, т.-е. объяснить, почему именно разложение происходит всего сильнее в красной части спектра. В этой части спектра хлорофила лежит самая черная; самая характеристическая его полоса поглощения. Мы можем в этом убедиться и под микроскопом, если получим в поле микроскопа маленький спектр. Зерно хлорофила, прозрачно-зеленое в зеленой части спектра, становится черным как уголь; как только мы его передвинем в известную полосу красной части спектра. Эти лучи хлорофил поглощает; эти лучи он и затрачивает на разложение углекислоты в живом растении, и при этом, чем сильнее поглощение, тем сильнее разложение. Но, как мы видели, своеобразный зеленый цвет хлорофила от того и происходит, что он поглощает известные лучи,—значит, зеленый цвет и есть то свойство, которое определяет направление хлорофила. Значит, мы нашли звено, связывающее цвет растения с его главным направлением—его способностью разлагать углекислоту при помощи света. Зеленый цвет и усвоение углерода растением не два эмпирически только связанные факта, как это тщетно пытаются еще утверждать некоторые ботаники, а два явления, находящиеся в необходимой, вполне нам понятной и точными опытами доказанной причинной связи¹⁾.

Но, строго говоря, высказанная в такой форме, эта связь между поглощением света хлорофилом и действием

¹⁾ Позднее мне удалось доказать тот же факт и еще иным способом. См. мою книгу «Усвоение света растением» и статью в *Comptes Rendus* Французской академии 23 июня 1890.

света на углекислоту представляет еще логический пробел. Когда мы видим, что желтый, следовательно, поглощающий синие лучи хлор под влиянием этих самых лучей вступает в реакцию, смысл этой связи нам понятен, но еще спрашивается, какая связь между цветом хлорофилла — одного тела и разложением углекислоты — совсем другого и, к тому же, бесцветного тела? Аналогия пока, очевидно, еще не полная. Этот пробел, этот скачок мысли был выполнен успехами новейшей фотографии, почему, вслед за открытием этих фактов в фотографии, я и поспешил указать на их важное значение для физиологии растений. Фогель открыл любопытнейший факт, сделавший переворот во всей практике фотографии, что если к обыкновенным фотографическим препаратам, т.-е. серебряным солям, прибавить какое-нибудь цветное тело, поглощающее и такие лучи, по отношению к которым серебряные препараты сами прозрачны, то фотографическое действие обнаружится и в тех лучах, которые поглощаются подмешанным цветным телом. Другими словами, оказывается, что действие света может как-то передаваться от одного тела другому. Поглощается свет одним телом, а разлагается другое тело. Движение, сотрясение, сообщенное частицам одного, сообщается и частицам другого. Бекрель показал далее, что таким цветным телом может быть и спиртовой раствор хлорофилла, и в настоящее время существует даже особый фотографический прием, основанный на этом свойстве хлорофилла. Но если хлорофилл в фотографическом процессе может передавать дей-

ствие поглощаемых им лучей частицам серебряной соли, вызывая ее разложение, то естественно, что он может оказывать такое же действие и в растении на частицы углекислоты, вызывая их разложение. Все тела, передающие световое действие другим телам, делающие их чувствительными к лучам, к которым сами по себе эти тела не чувствительны, называются *оптическими сенсibilизаторами*¹⁾. Хлорофил, очевидно, должен быть отнесен к числу этих *сенсibilизаторов*. Благодаря открытию этой роли хлорофила, как сенсibilизатора, оправдалась и та аналогия, которую, как мы видели, пытались установить, но безуспешно, еще в сороковых годах Дюма и Буссенго и Гельмгольц. Эти ученые полагали, что те же лучи должны действовать и в фотографии и в растении, но это предположение не оправдалось. Теперь, как я показал, оно оказывается вполне верным; если сенсibilизатором, чувствительным веществом, в фотографическом процессе будет хлорофил, то фотографический процесс будет зависеть от тех же самых лучей, от которых зависит физиологический процесс в живом листе.

Значит, первый из поставленных вопросов уже нами разрешен: цвет хлорофила — зеленый цвет растительности — не случайное, побочное какое-нибудь свойство, а именно

¹⁾ В отличие от *химических с.*, ускоряющих химическое действие света, не поглощая последний. Ботаники, как, напр., пр. Лепешкин, до сих пор этого различия не понимают (см. его Курс физиологии растений).

то из физических свойств растения, с которым существенно связано физиологическое его отправление¹⁾).

Теперь этот факт нам представляется чем-то даже очевидным а priori²⁾, чем-то таким, чего и следовало ожидать: в самом деле, если главное отправление растительного организма зависит от света, то очевидно, что и главную особенность растения должно искать в его оптических свойствах.

Значит, важнейшее из отправлений растения находится в прямой связи с его цветом, но из этого еще не следует, что этот цвет должен быть именно зеленый. Вопрос, таким образом, еще суживается и сводится к следующему: могло ли бы растение быть и какого иного цвета, или этот именно зеленый цвет, т.-е., выражаясь точнее, этот именно характеристический спектр хлорофила представляет особое для него значение.

Лучи, поглощаемые хлорофилом, т.-е. соответствующие черной полосе в его спектре, — отличаются ли они чем-нибудь от остальных лучей спектра, и может ли отличающее их качество послужить ключом для объяснения их роли в процессе разложения углекислоты?

1) Этим я не хочу сказать, чтобы и другие, напр., химические свойства хлорофила не играли роли в его отправлении, а только желаю указать на то, что оптическому свойству, цвету, следует приписать существенную роль, определяющую самое отправление его. В пигменте крови, напр., цвет является свойством побочным, сопровождающим, а не определяющим его отправление.

2) Заранее, т.-е. на основании чего-нибудь уже установленного, доказанного.

До сих пор мы рассматривали, от какого свойства тел зависит их способность разлагаться под влиянием света; теперь посмотрим, от какого свойства самого луча зависит его способность вызывать это разложение. Мы уже видели неудачу и логическую несостоятельность попытки найти связь между этой способностью лучей и их яркостью. Оставалось другое объяснение, то, которое я высказал еще в 1869 году и которое, несмотря на его прямое противоречие с известными тогда эмпирическими фактами, оказалось совершенно верным. Случай сам в себе назидательный. В науке, особенно в физиологии растений, нередко существует какой-то суеверный страх перед тем, что величают названием *факта*. Теория, самая очевидная, отбрасывается в сторону, как только на ее пути становится самый ничтожный факт. Не дают себе труда пристально взглянуться в этот факт: не разбирают, что в этом факте — фактического и что составляет только толкование наблюдателя. Забывают, что всякая теория (я разумею серьезную научную теорию, а не те, лежащие за пределом опыта, фантастически трансцендентные построения, какими изобилуют произведения современных немецких физиологов) — забывают, говорю, что всякая научная теория не только факт, но и совокупность многих фактов, а свидетельство многих всегда заслуживает большего доверия, чем свидетельство одного. Теория, т.-е. совокупность наших знаний о химических явлениях, заставляла предполагать, что разложение углекислоты, как явление, сопровождаемое энергическим поглощением тепла, будет зависеть именно от

теплого напряжения лучей. Но, когда я приступил к изучению этого вопроса, против такого предположения говорили решительно *все факты*. Ботаники утверждали, что разложение углекислоты зависит от желтых лучей, а физики принимали, что наибольшим тепловым напряжением обладают темные; невидимые лучи, лежащие за красным концом спектра. Ботаникам я возражал, что их факты основаны на экспериментальной ошибке—и, произведя точное исследование, избежав этой ошибки, *действительным фактом* доказал, что самое энергичное разложение углекислоты вызывается не желтыми, а красными лучами. Физикам я напоминал, что господствующее воззрение, будто наибольшим тепловым напряжением обладают темные лучи, основывается на недоразумении, что на основании имеющихся в науке данных еще нельзя заключить, какие лучи или, точнее, какие световые волны обладают наибольшим тепловым напряжением, т.-е. в состоянии вызывать наибольший тепловой эффект. Я утверждал, что это еще открытый вопрос и что обладающими наибольшим тепловым напряжением могут оказаться именно те красные лучи, которые, поглощаясь хлорофиллом, вызывают разложение углекислоты. Появившиеся почти десять лет спустя исследования американского физика Ланглей и английского—Абнея вполне подтвердили верность моего предположения. Но для того, чтобы объяснить, как могло случиться такое коренное изменение в воззрениях физиков, полезно несколько ближе, хотя по необходимости очень кратко и поверхностно, разъяснить сущность

дела. Для разрешения вопроса, какой световой волне соответствует наибольший тепловой эффект, мы должны белый луч света разложить на его составные части—волны различной длины, из которых он состоит, т.-е. получить спектр. Спектр можно получить двумя путями: при помощи призмы или при помощи так-называемых решеток. В последнем случае заставляем луч проходить через стекло, покрытое тончайшими штрихами, или заставляем его отразиться от зеркальной металлической поверхности, также изборожденной параллельными тончайшими штрихами. Подобная решетка, изготовленная под руководством американского физика Роланда и представляющая одно из чудес современной механической техники, на протяжении каждого дюйма имеет 14,500 штрихов. Отраженный от нее луч дает в середине белое изображение щели, через которую пропущен этот луч, и по обе стороны ряды блестящих спектров, яркость которых убывает по мере удаления от этого срединного изображения щели. Рядом с этим спектром решеток, или *нормальным*, как его называют физики, отбросим на тот же экран спектр, полученный при помощи призмы. Прежде всего мы увидим, что *призматический* спектр, полученный от того же источника света, чрез ту же щель, гораздо ярче, чем любой из *нормальных* спектров,—что и понятно, так как то же количество света, которое дает здесь один спектр, там пошло на образование целого ряда спектров. Но, присматриваясь внимательнее, мы заметим, что спектр *нормальный* и спектр *призматический* представляют не

только различие в яркости, но и следующее качественное различие. Между тем как в спектре нормальном красная часть почти так же широка, как и синяя, в призматическом красная сравнительно узка, а синяя очень широка, очень растянута. Это значит, что сноп цветных лучей, выходящий из призмы, рассыпается не во всех своих частях в одинаковой степени, а в синей части гораздо сильнее, чем в нормальном спектре, в красной, наоборот, слабее. Постараюсь пояснить сравнением. Представим себе сделанный из черной и цветной бумаги веер. Слева черная бумага—это, положим, темные тепловые лучи, затем идут по порядку слева направо, как в спектре, цвета: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый и опять черная бумага, изображающая невидимые лучи другого конца спектра, т.-е. ультра-фиолетовые. Веер сделан так, что, когда он распушен равномерно во всех частях, протяжение различных цветов соответствует их протяжению в спектре нормальном; таков, следовательно, сноп лучей, образующих на экране спектр нормальный. Для того, чтобы подражать тому снопу лучей, который выходит из призмы, я должен значительно собрать красную часть моего веера (и смежную с ней черную), а, наоборот, распустить синюю и фиолетовую (и смежную с нею черную) его часть. Какую бы мы ни взяли решетку, какой бы спектр мы ни исследовали, такой ли, который образован лучами, прошедшими через стеклянную решетку, или такой, который образован лучами, отразившимися от зеркальной решетки, — *относительное*

протяжение различных частей спектра будет одно и то же. Наоборот, относительное протяжение частей спектра призматического будет изменяться с изменением вещества призмы. В первом лучи располагаются только в зависимости от их природы (длины волны), во втором же — еще в зависимости от природы призмы, — отсюда первый и получил название *нормального*. Всякий призматический спектр отличается от нормального тем, что вследствие влияния призмы лучи красной (и смежной темной) части более сближены, скучены, лучи же синей (и смежных) частей более растянуты, рассеяны, чем в спектре нормальном. Отсюда понятно, что если мы желаем узнать тепловое действие отдельных световых лучей, то мы не можем для этого пользоваться спектром призматическим, — все равно, как мы не могли бы определить количество труда, произведенного отдельным рабочим, зная только совокупный труд целых артелей и не обращая внимания на то, сколько в каждой из них находится рабочих. До самого недавнего времени физики изучали распределение тепла только в призматическом спектре, и в нем наибольшее нагревание наблюдалось в темной части за красным концом, но, как мы теперь знаем, не потому, чтобы эти лучи вызывали сами по себе большее нагревание, а потому, что они здесь более скучены. Когда, благодаря усовершенствованию приемов исследования (изготовлению решеток, изобретению новых приборов для измерения малых разностей температуры и пр.), стало возможным изучить распределение тепла

в спектре нормальном, тогда и обнаружилось, как я предсказывал, что наибольшее нагревающее действие оказывают волны красного цвета и именно того красного, который поглощается хлорофиллом ¹⁾).

Таким образом, как и следовало ожидать на основании теоретических соображений, разложение углекислоты вызывается теми лучами спектра, теми световыми волнами, которые вызывают наибольшее нагревание. Не теория разбила о враждебные факты, а неверные факты подчинились верной теории. Факт зависимости фотохимического действия от тепловой энергии луча, повидимому, применяется не к одной углекислоте. По всей вероятности, мы должны видеть в нем третий основной закон фотохимии, что действие луча зависит от его энергии ²⁾).

Эта зависимость разложения углекислоты от энергии луча может быть выражена в еще более наглядной и поразительной форме.

Физика учит нас, что свет есть не что иное, как волнообразное движение. Волны света, ударяясь о тела, вызывают в них то движение частиц, которое мы называем теплотой. Когда это согревание частиц тела достигнет известного предела, оно может иметь еще более глубокие последствия: будет нарушаться связь между составными частями химических соединений, наступит разложение

¹⁾ То же самое достигается и путем вычисления, на основании точных определений тепла в спектре призматическом.

²⁾ См. мою статью «Фотохимическое действие крайних лучей видимого спектра». Труды Физич. отд. Общ. Люб. Ест., т. V.

этих соединений. Но какие же волны всего вероятнее будут вызывать это разрушение? Мы знаем, что буря тем опаснее, чем выше валы, чем учащеннее их удары. Оказывается, что то же буквально верно и в применении к действию света на разложение углекислоты. Физикам давно была известна длина световых волн, скорость их распространения, а следовательно, и число волн в секунду, но только после упомянутых уже исследований о распределении тепла в нормальном спектре явилась в первый раз возможность определить их относительную высоту (или, выражаясь научным языком, их относительную амплитуду). Сделав такое вычисление, я получил поразительный результат, что самые высокие волны оказываются именно в той красной части спектра, которая вызывает самое энергичное разложение углекислоты, т.-е. в той части, которая поглощается хлорофиллом. Таким образом, оказывается, что растение опередило открытие физиков; из бесчисленных световых волн, бегущих от солнца и ударяющихся о поверхность нашей планеты, оно улавливает своими хлорофидовыми зернами именно те, которые обладают наибольшей высотой и вследствие этого наиболее способны вызывать химическое действие—разложение углекислоты.

Значит, лучи, поглощаемые хлорофиллом, отличаются от всех остальных наибольшею пригодностью для потребностей растения. Значит, хлорофилл не выполнял бы своего отправления с таким же совершенством, если бы поглощал не те лучи, которые поглощает. Значит, отпра-

вление хлорофила прямо зависит от его своеобразного спектра, то-есть, другими словами, от его характеристического зеленого цвета. Мы получаем, следовательно, вполне определенный ответ на наш вопрос. Зеленый цвет не случайное только свойство растения. Оно зелено потому, что от этого именно цвета зависит его важнейшее отправление. *В зеленом цвете, этом самом широко распространенном свойстве растения, лежит ключ к пониманию главной, космической роли растения в природе*¹⁾.

Можем ли мы, однако, вполне удовлетвориться этим ответом? Может ли физиолог сложить руки, почесть свою задачу исчерпанною? Сказано ли этим последнее слово о хлорофиле? Конечно, нет. Потребуется еще поколения ученых, быть-может, второе столетие, пока будет сказано это последнее слово. Но что же будет означать это последнее слово? А вот что: физиологи выяснят в малейших подробностях явления, совершающиеся в хлорофилловом зерне; химики разьяснят и воспроизведут вне организма его процессы синтеза, имеющие результатом образование сложнейших органических тел, углеводов и белков, исходя из углекислоты; физики дадут теорию фотохимических явлений и выгоднейшей утилизации солнечной энергии в

¹⁾ Достоинно удивления, как мало еще известно это важное значение зеленого цвета растений. Даже такой выдающийся ученый, как, Уоллес, в своей книге «Darwinism» говорит, что зеленый цвет растений такой же простой факт, как и цвет минералов, и, очевидно, никакого биологического значения не имеет.

химических процессах, а когда все будет сделано, то-есть раз'яснено, тогда явится находчивый изобретатель и предложит изумленному миру аппарат, подражающий хлорофилловому зерну,—с одного конца получающий даровой воздух и солнечный свет, а с другого—подающий печеные хлебы. И тогда всякому станет понятно, что находились люди, так настойчиво ломавшие себе головы над разрешением такого, казалось бы, праздного вопроса: почему и зачем растение зелено?

Но единственная ли это будет польза, которую принесут эти вековые исследования? Точно ли в одних открытиях, увеличивающих материальное благосостояние, сумму жизненных удобств, заключается высшее оправдание и доказательство полезности изучения природы? Так думают, конечно, только те, кого не коснулась эта строгая школа, эта высшая дисциплина человеческого ума. Не так думал Сенебье, о котором мы так часто упоминали. В его научной деятельности есть еще замечательная черта. Занимаясь исследованием частных явлений, делая свои открытия, он никогда не упускал из виду методологической стороны экспериментального изучения природы, как высшей практической школы логики. Первым его литературным произведением было появившееся в 1767 г. исследование, под заглавием: «*Essai sur l'art d'observer et de faire des expériences*»¹⁾, излагающее общие приемы исследования природы, поясненные многочисленными при-

¹⁾ Об искусстве наблюдать и делать опыты.

мерами из классических трудов знаменитых натуралистов. Сделавшись сам блестящим исследователем, он снова возвращается к излюбленной теме, но на этот раз небольшая книга разрастается до трех томов. «Более четверти столетия самостоятельных исследований,—говорит он в предисловии,—отделяют эти два издания и ручаются за большую зрелость высказываемых мыслей; действительно, производя все свои отдельные исследования, я никогда не терял из виду их отношения к общим методам научного исследования,—мысль о чем едва ли часто приходит в голову исследователям, всецело поглощенным интересом задачи». Конечно, чтение этой книги в настоящее время не представляет такой пользы, как изучение позднейших и более талантливых произведений Гершеля, Милля, Клода Бернара и др., но, тем не менее, она содержит много полезных и светлых мыслей. Особенно симпатична заключительная глава, где Сенебье, как позднее Кювье, обращаясь к молодому поколению, увещивает учащихся,—независимо от того, для какой практической деятельности они себя готовят,—закалить свой ум, воспитать в себе чувство правдивости в этой школе изучения природы, где мысль на каждом шагу контролируется фактом, где человек вернее, чем в какой иной области знания, научается высшему из искусств, искусству, равно необходимому и в науке и в жизни,—искусству искать и находить истину.



Список нерусских слов и упоминаемых в книге ученых.

А.

Аббат — настоятель католического монастыря.

Абней — английский физик, известный исследованиями о световых, тепловых и химических действиях лучей.

Аксиома — самоочевидная истина, признаваемая за несомненную, из которой выводятся другие истины.

Аналогия — сходство, подобие; заключение по аналогии — заключение на основании сходства.

Анекдот — небольшой малоизвестный исторический факт или рассказ.

Апокрифический — ложный, не подлинный, не достоверный.

Атмосфера — воздушная оболочка земного шара.

Б.

Ботаника — наука о растениях.

Буссенго — французский химик, знаменитый своими исследованиями по земледелию и физиологии растений.

Бэр — немецкий ученый, живший в России, прославился ис-

следованиями по утробной жизни человека и животных.

Бюджет — роспись приходов и расходов государства, отдельного человека и т. д.

В.

Вандализм — от вандалов, народа, разорившего древний Рим; употребляется в смысле дикого погрома чего-нибудь ценного, достойного уважения.

Венозная кровь — кровь, текущая в венах, более темная, чем ярко-красная, текущая в артериях.

Виталисты — отсталые ученые, пытающиеся объяснить то, что происходит в живых существах, какой-то особой жизненной силой.

Г.

Газообразный — подобный воздуху и другим газам, как светильный или в шипучих жидкостях.

Галилей — великий итальянский ученый, замученный католическими попами.

Гелиотропизм — свойство растений тянуться к свету или от него, зависящее от действия света на рост, испарение и т. д.

Гельмгольц — великий немецкий физик и физиолог.

Гершель — знаменитый английский астроном.

Гигиенический — касающийся гигиены, науки о здоровье.

Гротгус — немецкий физик, живший в России.

Д.

Дюма — известный французский химик.

Дрэпер — известный американский ученый, физик, физиолог, историк.

И.

Инсбрук — главный город Тироля в Австрии.

Интенсивность — сила, напряженность.

Инстинкт — кажущийся разум животных, объясняемый привычкой, собственной или наследственной.

К.

Калориметр — прибор, которым измеряют количество тепла.

Квадратура круга — неосуществимая попытка определить вполне точно площадь, ограни-

ченную кругом, задачу, разрешаемую только с желаемой степенью приближения. Выражение, употребляемое для обозначения погони за чем-нибудь невозможным.

Классический — имеет два смысла: как принадлежащий древности или как признаваемый образцовым, каким прежде считалось только завещанное древностью.

Клод - Бернар — знаменитый французский физиолог.

Кноп — немецкий химик.

Контролировать — учитывать, проверять достоинство чего-нибудь.

Космический — относящийся к вселенной (космосу).

Л.

Ливр — старинная французская монета, замененная франком.

Логика — наука, учащая правильно рассуждать.

М.

Мартиролог — список мучеников.

Майер, Роберт — немецкий врач; открыл и доказал принцип сохранения энергии и определил соотношение между теплотой и механической работой (механический эквивалент теплоты).

Механический эквивалент — найденное Майером число, выражающее отношение между единицами тепла и механической работы, в котором они могут взаимно превращаться.

Методический — производимый по методу, т.-е. в известном обдуманном, разумном, научном порядке или согласно правилу.

Милль — английский писатель, прославившийся своими книгами о логике, утилитаризме (см. сл.), политической экономии и проч.

Мономания — помешательство на одной какой-нибудь мысли.

Н.

Нормальный — правильный, обычный, соответствующий естественному закону.

О.

Олимпиец — выражение, применяемое к обитателям на горе Олимпе — богам древних; употребляется в применении к крупным поэтам, ученым и т. д., выделяющимся над толпой.

П.

Панорама — вид в природе или в искусстве, охватывающий большой простор.

Параллель — от параллельной линии — линии, отстоящей во всех точках на равном расстоя-

нии от другой; отсюда сравнение предмета с различных точек зрения с другим предметом.

Патетические — трогательные.

Пиргелиометр — прибор, измеряющий теплоту солнечных лучей.

Потенциальная энергия — скрытая энергия (см. сл.), энергия в состоянии возможности, а не явная, обнаруживающаяся в действии.

Пристли — знаменитый английский химик и писатель. Первый положил основание химии газов и показал главное химическое различие между животными и растениями.

Р.

Реньо — известный французский физик.

Руссо — великий французский писатель, провозвестник революции, защитник равенства всех людей, первый обративший внимание на красоту природы и предельность жизни среди нее.

С.

Сенебье — известный женеvский ученый, разъяснивший зависимость растения от солнца, основавший физиологию растения.

Сенсибилизатор — вещество, прибавление которого делает другое вещество чувствительным к таким лучам света, к ко-

торым само по себе оно не было чувствительно.

Сент-Бёв — известный французский писатель, критик.

Синекура — казенное содержание, получаемое в виде подачки. Кормление на казенный счет.

Синтетическая химия — химия, получающая сложные вещества из более простых, а не наоборот.

Соссюр — известный Женевский химик, прославившийся исследованиями над питанием растений.

Суб'ективный — существующий в ощущении и сознании человека, в отличие от объективного, существующего во внешнем мире и вызывающего субъективные впечатления.

Т.

Телеология — метафизическое философское учение, дающее ложное объяснение совершенству органических существ.

Температура — степень нагретости предметов, измеряемая термометром.

Тиндаль — известный английский физик, особенно прославившийся как популяризатор.

У.

Утилитарный — относящийся к пользе, имеющий в виду пользу.

Ф.

Факт — все, что делается, случается, существует, подтверждается действительностью, не может быть отрицаемо, если было проверено на опыте.

Физиология — наука о явлениях, совершающихся в живых существах; делится на физиологию растений и физиологию животных и человека.

Флэгистон — предполагаемое химиками XVIII столетия, находящееся в телах в скрытом состоянии начало огня, обнаруживающееся при горении; соответствует потенциальной энергии (см. сл.) современной физики.

Фотография — искусство получать изображения (портреты, виды и проч.) при помощи света, на особым образом приготовленных чувствительных к свету поверхностях (металлах, стекле, бумаге и проч.).

Фотохимия (правильнее актинохимия) — часть химии, изучающая действие света (фото), или, правильнее, лучей (актино), видимых глазом или невидимых, вызывающих химические превращения (сюда относится и фотография).

Х.

Характеристический — признак, присущий обладающему им предмету, отличающий его от других предметов.

Хлорофил — листозелень, зеленое красящее вещество растения, состоящего из зеленого и сопровождающего его желтого вещества.

Хлорофиллин — зеленое составное начало хлорофила.

Ш.

Швабский диалект — местное наречие или говор немецкого языка в Баварии.

Я.

Ява — остров в Индийском океане.

Э.

Эмблема — условный знак, на-

поминающий предмет, явление и т. д.

Эмпирический — опытный, чаще в смысле опирающийся на грубый, научно не обоснованный опыт, нередко вводящий в заблуждение.

Энергия — по учению физиков, то, что производит работу. Энергия механическая, тепловая, химическая и т. д.; отличаются явную, обнаруживающуюся в действии, в движении, и скрытую — в состоянии запаса, *потенциальную* (см. сл.)

Эскулап — у древних греков бог лечебного искусства; в шутку называют так и современных докторов.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
Круговорот углерода	5
Почему и зачем растение зелено	51
Список нерусских слов и упоминаемых в книге ученых . .	87

В ближайшее время будут выпущены следующие книги, 9
входящие в состав научно-популярной библиотеки:

Проф. К. А. Тимирязев. Чарльз Дарвин и его учение.

" " Значение науки (Луи Пастер).

" " Столетние итоги физиологии растений.

" " Земледелие и физиология растений.

А. К. Тимирязев.

Что такое физика и какую пользу приносят физические инструменты.

К. Пирсон.

Наука и обязанности гражданина. Ц. 1 р. 50 к.

Проф. Г. В. Вульф.

Симметрия и ее проявление в природе.

А. Богданов.

Наука об общественном сознании.

" "

Краткий курс политической экономии.

Ф. С. Красильников.

Кавказ и его обитатели.

"

Украина и украинцы.

Кроме того, готовится к печати ряд других изданий.

В ближайшие дни также будут выпущены серии книг по общественно-политическому, педагогическому, школьному, детскому и др. отделам.

С запросами следует обращаться:

Москва, Тверская, 24. Книжный Склад Литературно-Издательского Отдела Народного Комиссариата по Просвещению.

Петроград, у Чернышова моста, Комиссариат Народного Просвещения, комната № 127.
