

~~ЧИТ. ЗАЛ~~

~~ХХ~~

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗЪ ХЛОРОФИЛЛА.

РАЗСУЖДЕНІЕ

ПРЕДСТАВЛЕННОЕ ВЪ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКІЙ ФАКУЛЬТЕТЪ ИМПЕРАТОРСКАГО С.-ПЕТЕРБУРГСКАГО УНИВЕРСИТЕТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНІЯ СТЕПЕНИ
МАГИСТРА БОТАНИКИ

К. А. Тимирязевымъ.

Пр. Гер.

Библиотека биологической
литературы АН СССР
Москва, Ленинск. пр., 33

САНКТ-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ТОВАРИЩЕСТВА «ОБЩЕСТВЕННАЯ ПОЛЬЗА»,
по Мойка, № 5.

1871.

По опредѣленію физико-математическаго факультета Императорскаго
С.-Петербургскаго Университета печатать позволяется.

Деканъ *А. Бекетовъ*.

24-го апрѣля. 1871.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



ОГЛАВЛЕНИЕ.

ПРЕДИСЛОВІЕ

I. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРКЪ.

Пелтье и Каванту.—Макеръ-Принсепъ.—Кламоръ-Марквартъ.—Берцеліусъ.—Мульдеръ.—Моро.—Вердель.—Рислеръ.—Фипсонъ.—Саксъ.—Пфаундлеръ.—Фреми (первое изслѣдованіе).—Фильоль.—Кромайеръ.—Фреми (второе изслѣдованіе).—Микели.—Фильоль.—Жоденъ.—Мюллеръ.—Спектральныя изслѣдованія.—Брюстеръ.—Стоксъ.—Ангстрёмъ.—Гартингъ.—Аскенази.—Микели.—Шёнъ.—Дуневскій. стр. 1—12

II. СОБСТВЕННЫЯ ИЗСЛѢДОВАНІЯ.

Приборъ и способъ наблюденія.—Количественное опредѣленіе.—Первый способъ Фреми.—Филлоціанинъ и филлоксантеинъ.—Филлоксантинъ.—Сочетанный спектръ филлоксантина и филлоксантеина.—Два способа осажденія филлоціанина.—Безцвѣтное тѣло, сопровождающее филлоціанинъ.—Несостоятельность элементарныхъ анализовъ.—Ничтожныя количества хлорофилла въ растеніи.—Различіе спектровъ нормальнаго хлорофилла и хлорофилла, измѣненнаго кислотами.—Изслѣдованіе по второму способу Фреми.—Полученіе чистаго филлоксантина.—Полученіе филлоціановой кислоты.—Спектръ ея.—Превращеніе ея спектра при дѣйствіи щелочей.—Филлоціанинъ и филлоціановая кислота не одно и то же тѣло.—Ихъ взаимное отношеніе.—Разложеніе органическою кислотою.—Хлорофиллинъ.—Непостоянство его растворовъ.—Хлорофиллеинъ.—Предлагаемая номенклатура.—Другіе способы раздѣленія хлорофиллина и ксантофилла.—Происхожденіе филлоксантеина изъ филлоксантина, хлорофиллеина изъ хлорофиллина.—Сомнѣнія насчетъ однородности состава филлоксантеина и хлорофиллеина.—Превращеніе филлоксантина въ хлорофиллинъ.—Происходитъ ли это превращеніе путемъ окисленія?—Превращеніе хлорофиллина происходитъ ли путемъ возстановленія?—Значеніе окис-

ловъ желѣза и цинка. — Дѣйствіе свѣта на хлорофиллъ. — Состоитъ въ превращеніе хлорофиллина въ филлоксантинъ. — Обратное превращеніе инсолированного хлорофилла въ зеленый. — Дальнѣйшее дѣйствіе свѣта на хлорофиллъ. — Отношеніе филлоксантина къ окиси углерода. — Выводы. стр. 13—42

III. ФИЗИОЛОГИЧЕСКІЕ ВЫВОДЫ.

Значеніе желѣза для растительности. — Физиологическое отравленіе хлорофилла въ процесъ усвоенія углерода растеніями стр. 43—54

IV. ЛИТЕРАТУРА стр. 55—65

ОБЪЯСНЕНІЕ ТАБЛИЦЪ.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Въ изслѣдованіи, могущемъ разсчитывать только на ограниченный кругъ читателей специалистовъ, излишне, даже неумѣстно было бы распространяться о важномъ фізіологическомъ значеніи хлорофилла, а слѣдовательно о томъ глубокомъ интересѣ, который представляетъ изученіе этого тѣла.

Въ настоящее время не подлежитъ сомнѣнію, что зерно хлорофилла—тотъ органъ, въ которомъ неорганическое вещество, углекислота и вода, превращаются въ органическое, что зерно хлорофилла тотъ фокусъ, та точка въ міровомъ пространствѣ, въ которой живая сила солнечнаго луча, превращаясь въ химическое напряженіе, слагается, накапливается для того, чтобы въ послѣдствіи исподволь освобождаться въ тѣхъ разнообразныхъ проявленіяхъ движенія, которыя намъ представляютъ организмы, какъ растительные такъ и животные. Такимъ образомъ, зерно хлорофилла—исходная точка всякаго органическаго движенія, всего того, что мы разумѣемъ подъ словомъ жизнь.

Но если, благодаря новѣйшимъ успѣхамъ физики и химіи, мы на столько подвинулись въ общемъ пониманіи этого процесса—усвоенія углерода растеніями, то самый механизмъ этого процесса для насъ и теперь почти такъ же теменъ, какъ онъ былъ за сто лѣтъ предъ симъ *). Здѣсь не мѣсто вдаваться въ объясненія причины этого непонятнаго застоя фізіологіи растеній. Очевидно, что для разъясненія сущности этого процесса необ-

*) Великому открытію Пристли въ настоящемъ году минетъ равно сто лѣтъ—оно сдѣлано 18 августа 1771 года.

ходимо вполне изучить физическія условія, при которыхъ онъ происходитъ (т. е. вліяніе свѣта, теплоты и проч.) и ближе ознакомиться съ веществомъ, присутствіемъ котораго онъ обусловливается, т. е. съ хлорофилломъ.

Между тѣмъ изученіе этого тѣла сопряжено съ непреодолимыми трудностями: во первыхъ, оно встрѣчается въ почти неизмѣримо малыхъ количествахъ, не кристаллизуется, не летуче и т. д., словомъ не обладаетъ ни однимъ изъ физическихъ свойствъ, необходимыхъ для полученія тѣла въ чистомъ состояніи. Химическая функція его также неизвѣстна. Этихъ условій достаточно, чтобы показать всю бесплодность попытокъ установить его формулу. И дѣйствительно, произведенные элементарные анализы полны противорѣчій. По мнѣнію однихъ изслѣдователей, хлорофиллъ содержитъ азотъ; по мнѣнію другихъ, не содержитъ его. Содержаніе углерода колеблется въ различныхъ анализахъ между 48% и 76%, содержаніе водорода между 5% и 11%. Наконецъ бесплодность элементарныхъ анализовъ становится окончательно очевидной, когда узнаемъ, что даже относительно ближайшаго состава существуетъ полное разногласіе: по мнѣнію однихъ, это однородное тѣло, по мнѣнію другихъ — соединеніе или смѣсь двухъ, трехъ, четырехъ или пяти тѣлъ.

Такимъ образомъ, первый вопросъ, который предстоитъ разрѣшить, это вопросъ о ближайшемъ составѣ хлорофилла, но этотъ то вопросъ, въ виду указанного отсутствія опредѣленныхъ физическихъ свойствъ, и представляется крайне затруднительнымъ. Значительнымъ пособіемъ въ этомъ отношеніи однако могутъ служить извѣстныя оптическія свойства хлорофилла, открытыя Брюстеромъ и подробнѣе описанныя Стоксомъ, именно своеобразное поглощеніе свѣта и флуоресценція. Эти признаки драгоцѣнны особенно въ томъ отношеніи, что они позволяютъ намъ слѣдить за изслѣдуемымъ тѣломъ во всѣхъ операціяхъ, которымъ оно подвергается, и несомнѣнно указываютъ тотъ моментъ, когда оно начинаетъ измѣняться, т. е. терять тѣ свойства, которыми оно отличалось въ самомъ организмѣ, напр. въ живомъ листѣ. Такимъ образомъ, благодаря этому методу изслѣдованія, устраняется одинъ важный источникъ ошибокъ, становится невозможнымъ смѣшивать продукты измѣненія или разрушенія съ дѣйствительными ближайшими составными началами. Плодо-

творность этого метода изслѣдованія съ избыткомъ доказывается примѣромъ его примѣненія къ изученію пигментовъ крови.

Примѣненіе спектральнаго анализа къ опредѣленію ближайшаго состава хлорофилла составляетъ предметъ настоящаго изслѣдованія. *)

Мнѣ казалось, что подобнаго рода изслѣдованіе представляетъ необходимый и самый логическій приступъ къ изученію хлорофилла, но само собою понятно, что его слѣдуетъ разсматривать только какъ первый шагъ, который опредѣлитъ направленіе дальнѣйшихъ изслѣдованій.

Изслѣдованіе раздѣлено на три части: въ первой приведенъ сжатый очеркъ предшествовавшихъ изслѣдованій, предпринятыхъ для разъясненія ближайшаго состава хлорофилла. Очеркъ этотъ дополняется, по возможности, полнымъ сводомъ литературы, приведеннымъ въ концѣ. Во второй части изложены собственные наблюденія и опыты; въ ней приведены только факты и умышленно опущено всякое отношеніе ихъ къ фізіологическимъ явленіямъ. Эти выводы и заключенія составляютъ предметъ третьей части.

Считаю необходимымъ сказать нѣсколько словъ объ этой послѣдней части. По самой сущности своей, она имѣетъ совершенно гипотетическій характеръ; это, на сколько мнѣ извѣстно, первая попытка, первое приближеніе къ объясненію фізіологической роли хлорофилла. Многіе, быть можетъ, найдутъ ее преждевременной и неумѣстной, но мнѣ кажется, что въ фізіологіи, какъ наукѣ по преимуществу дедуктивной, гипотеза имѣетъ вполне законное право на существованіе, лишь бы пользующіеся этимъ орудіемъ изслѣдованія, знали ему цѣну, не смѣшивали гипотезы съ доказанной теоріей.

Гипотеза должна быть только попыткой объяснить явленіе на основаніи имѣющихся на лицо данныхъ. Она представляетъ только связанное изложеніе наличнаго, въ данный моментъ, запаса фактовъ, слѣдовательно, по самой своей природѣ измѣнчива. Вѣроятныхъ объясненій факта много, возможныхъ еще болѣе, истина одна. Умѣніе изъ массы возможныхъ объясненій факта сразу выхватить единственное ис-

*) Изслѣдованіе это произведено главнымъ образомъ въ 1869 году, въ лабораторіи Бунзена, и отчасти въ 1870 году, въ лабораторіи Бертло.

тинное, даръ немногихъ избранныхъ умовъ; масса научныхъ дѣятелей достигаетъ истины болѣе копотливымъ путемъ исключенія возможныхъ и вѣроятныхъ объясненій до тѣхъ поръ, пока не наткнется на истину. Это единственный вѣрный путь, каждый шагъ на которомъ составляетъ пріобрѣтеніе.

Такимъ образомъ гипотеза, даже ложная, приноситъ свою долю пользы: въ случаѣ ея опроверженія, остается однимъ возможнымъ объясненіемъ менѣе, ограничивается число остающихся объясненій, суживается кругъ, приближающій насъ къ единственному центру—къ истинѣ. Въ томъ заслуга всякой гипотезы, въ томъ ея оправданіе.

І. ИСТОРИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ.

Первое основательное изслѣдованіе зеленаго начала листь- Пелтье и
евъ принадлежитъ Пелтье и Каванту. Эти изслѣдователи Каванту.
назвали его хлорофилломъ. Подъ хлорофилломъ они разумѣли
вещество, извлекаемое алкоголемъ изъ свѣжихъ частей расте-
ній и обработанное кипящей водой. Они вѣрно описали нѣко-
торыя его свойства, отношеніе къ растворителямъ, осажденіе
гидратомъ глинозема, известковой водой и т. д. Имъ было из-
вѣстно, что уксусная кислота не измѣняетъ хлорофилла, а ми-
неральныя кислоты измѣняютъ; впрочемъ, по непонятной при-
чинѣ, они дѣлають исключеніе для сѣрной кислоты, которая,
по ихъ мнѣнію, не измѣняетъ хлорофилла.

Слѣдующее, въ хронологическомъ порядкѣ, изслѣдованіе Макеръ-
принадлежитъ Макеръ-Принсену. Его занималъ собственно во- Принсенъ.
просъ о переходѣ зеленаго вещества въ желтое и красное ве-
щество осеннихъ листьевъ и въ пигменты цвѣточныхъ покровъ.
Онъ не сомнѣвался въ происхожденіи всѣхъ этихъ тѣлъ
изъ хлорофилла Пелтье и Каванту, который онъ называлъ, по
примѣру Декондаля, «Chromulle». Превращеніе зеленаго веще-
ства въ желтое онъ считалъ окисленіемъ и описалъ обратное
превращеніе желтаго вещества осеннихъ листьевъ въ зеленое,
при дѣйствіи щелочей. Впрочемъ, фактъ этотъ былъ опровер-
гнутъ Кламормъ-Марквартомъ. Кламормъ-Марквартъ получилъ Кламормъ-
хлорофиллъ тѣмъ же способомъ, какъ Пелтье и Каванту, за Марквартъ:
тѣмъ исключеніемъ, что выпаривалъ спиртовой растворъ и ра-
створялъ остатокъ въ эфирѣ, для отдѣленія нѣкоторыхъ экс-
трактивныхъ веществъ. Онъ желалъ преимущественно опредѣ-
лить отношеніе хлорофилла къ синимъ и желтымъ пигментамъ

цвѣточныхъ покрововъ и пришелъ на основаніи своихъ опытовъ къ заключенію, что хлорофиллъ, соединяясь съ водою (при продолжительномъ соприкосновеніи съ нею), превращается въ желтое тѣло антоксантина, а теряя воду въ прикосновеніи съ сѣрной кислотой, образуетъ синее тѣло, антоціанъ.

Берцелиусъ. Берцелиусъ изучилъ хлорофиллъ основательнѣе своихъ предшественниковъ и даже позднѣйшихъ изслѣдователей. Онъ полагалъ возможнымъ различать три видоизмѣненія этого тѣла, но должно сознаться, что способъ ихъ получения и характеристика весьма неопредѣленны. Вотъ, вкратцѣ, результатъ его изслѣдованій.

Матеріаломъ служили листья *Crataegus Agra*, содержащія, судя по темному цвѣту, много хлорофилла. Изъ одной порціи хлорофиллъ былъ немедленно извлеченъ эфиромъ и полученный растворъ изслѣдованъ по прошествіи полугода. Другая порція была засушена и подвергнута обработкѣ эфиромъ чрезъ нѣсколько мѣсяцевъ. Она дала менѣе хлорофилла и цвѣтъ его былъ желтоватый. Растворы были изслѣдованы отдѣльно.

Отгнавъ часть эфира и сливъ оставшуюся (а) съ полученнаго осадка, онъ подвергъ этотъ остатокъ обработкѣ алкоголемъ, который извлекъ изъ него часть (b) высокаго зеленого цвѣта и оставилъ черноватый остатокъ (с).

Растворъ b далъ *первое видоизмѣненіе*, цвѣта *свѣжихъ листьевъ*; эфирный растворъ a и нерастворимый въ алкоголь осадокъ c — *второе видоизмѣненіе*, цвѣта *сухихъ листьевъ* *).

Первое видоизмѣненіе, цвѣта свѣжихъ листьевъ. Спиртовой растворъ b былъ выпаренъ и остатокъ растворенъ въ хлористоводородной кислотѣ. Кислый растворъ изумрудно-зеленаго (синевато-зеленаго?) цвѣта, при разбавленіи водою, давалъ зеленый, при насыщеніи мраморомъ — бурый осадокъ. Зеленый осадокъ, промытый водою, растворялся въ алкогольѣ, съ черновато-сѣрымъ оттѣнкомъ, но послѣ 12 часовой обработки концентрированнымъ растворомъ жѣдкаго кали, далъ растворъ травянисто-зеленаго цвѣта.

Уксусная кислота осаждаетъ изъ этого раствора хлорофиллъ въ видѣ зеленыхъ хлопьевъ. Промытый и высушенный, онъ пред-

*) Берцелиусъ не опредѣляетъ яснѣе, какой именно цвѣтъ онъ подъ этимъ разумѣетъ.

ставляетъ настоящій хлорофиллъ, растворимый въ алкоголь, эфирѣ, соляной кислотѣ и щелочахъ.

Онъ несомнѣнно соединяется со щелочами и алкоголь не извлекаетъ его изъ этихъ соединений. Съ баритомъ и известью даетъ нерастворимые осадки. Отъ азотной кислоты принимаетъ желтый цвѣтъ (о подобномъ дѣйствіи другихъ кислотъ Берцеліусъ не упоминаетъ). Въ толстомъ слоѣ, на свѣтъ не представляется краснымъ.

Второе видоизмѣненіе, цвѣта сухихъ листьевъ. Эфирный остатокъ *a* и не растворившаяся въ алкоголь часть *c* были смѣшаны съ дымящеюся соляною кислотой, поглощенный эфиръ замѣненъ новымъ, смѣсь взболтана и, по отдѣленіи слоевъ, ярко-желтый эфирный слой слить съ сине-зеленаго кислаго раствора; кислый растворъ осажденъ водою и мраморомъ, полученный осадокъ снова растворенъ въ соляной кислотѣ, при чемъ остался черный нерастворимый остатокъ (см. ниже, третье видоизмѣненіе). Полученный кислый растворъ болѣе не осаждается водою—это главная его характеристическая черта *)—и потому былъ осажденъ мраморомъ, въ видѣ бурныхъ хлопьевъ. Цвѣтъ спиртоваго раствора грязно-бурый; въ толстомъ слоѣ, при свѣчахъ—*высокій красный*. Остальные свойства тѣ же, что у перваго видоизмѣненія.

Въ щелочахъ растворяется съ той же краской. Продолжительное дѣйствіе атмосфернаго воздуха, при значительной поверхности, ни при обыкновенной температурѣ, ни при нагрѣваніи, не превращаетъ этихъ растворовъ въ первое видоизмѣненіе.

Эфирный растворъ, слитый съ кислаго раствора втораго видоизмѣненія, содержитъ желтое вещество—*ксантофилъ*.

Третье видоизмѣненіе. Это тотъ нерастворимый въ соляной кислотѣ осадокъ, о которомъ было упомянуто выше. Онъ отличается грязнымъ цвѣтомъ и слабою растворимостью въ соляной кислотѣ, алкогольѣ и эфирѣ; болѣе растворимъ въ щелочахъ.

За тѣмъ Берцеліусъ обратилъ вниманіе на дѣйствіе солнечнаго свѣта. Онъ полагалъ, что въ осеннихъ листьяхъ хлорофиллъ превращается въ ксантофиллъ, хотя говоритъ, что вся-

*) Этого факта я не могу подтвердить - вѣроятно растворъ былъ очень слабой концентраціи, и потому не осаждался.

кій хлорофиллъ содержитъ желтое тѣло ксантофиллъ, слѣдовательно могъ бы сдѣлать и другое предположеніе, что осенью хлорофиллъ разрушается и остается одинъ ксантофиллъ. Онъ полагалъ, что это превращеніе—возстановленіе, на томъ основаніи, что сходное измѣненіе вызываетъ соляная кислота съ цинкомъ. Впрочемъ онъ высказывается по этому поводу весьма осторожно, со всевозможными оговорками.

Мульдеръ. Слѣдующее послѣ Берцеліуса и очевидно сдѣланное подъ его вліяніемъ, изслѣдованіе принадлежитъ Мульдеру. Мульдеръ придерживался метода Берцеліуса, но осаждалъ кислый растворъ мраморомъ, а не водой. Онъ первый сдѣлалъ элементарный анализъ, показалъ, что хлорофиллъ содержитъ азотъ и старался доказать, что хлорофиллъ превращается въ ксантофиллъ посредствомъ возстановленія.

Моро. Моро также придерживался методовъ Берцеліуса, за чистый хлорофиллъ принималъ осажденный мраморомъ хлористоводородный растворъ, а въ спиртовомъ растворѣ различалъ до пяти веществъ, которыя означалъ просто буквами А—Е. Въ изслѣдованіи Моро, какъ и въ изслѣдованіяхъ Берцеліуса, достойно замѣчанія, что вещество, осаждалось изъ раствора, становится отчасти нерастворимымъ въ своемъ растворителѣ. Объясненіе этому факту мы найдемъ ниже. Главныя вещества, найденныя Моро были хлорофиллъ Берцеліуса и желтое вещество (жиръ, по мнѣнію Моро)—ксантофиллъ. Въ желтыхъ, этиолованныхъ и осеннихъ листьяхъ Моро нашелъ слѣды вещества, принимавшаго отъ дѣйствія кислотъ синій цвѣтъ.

Вердель. Вердель первый нашелъ, что хлорофиллъ содержитъ желѣзо и указалъ на аналогію его въ этомъ отношеніи съ пигментомъ крови. Свой чистый хлорофиллъ онъ получалъ, осаждая спиртовой растворъ известковой водой, разлагая осадокъ соляной кислотой и взбалтывая кислый растворъ съ эфиромъ, который отнималъ у него часть раствореннаго вещества. По поводу

Рисслеръ. присутствія желѣза въ хлорофиллѣ, Рисслеръ составилъ цѣлую, болѣе или менѣе фантастическую теорію. Онъ объяснялъ зеленый цвѣтъ растений одновременнымъ присутствіемъ синевато-зеленой закиси и желтой окиси желѣза и предполагалъ, что эти два окисла желѣза образуютъ гальваническую пару, которая разлагаетъ воду и углекислоту.

Фипсонъ обратилъ вниманіе на то, что желтые листья отъ дѣйствія кислотъ принимаютъ зеленый или синій цвѣтъ. Свѣжія зеленыя листья, при подобной же обработкѣ, сначала бурѣютъ, потомъ синѣютъ.

Фипсонъ.

Саксъ.

Подобное же явленіе было замѣчено Саксомъ относительно этиолированныхъ частей растений. По его мнѣнію, въ этихъ частяхъ, ожидающихъ только извѣстнаго толчка, сообщаемого свѣтомъ, чтобы позеленѣть, заключается безцвѣтное тѣло, лейкофиллъ, принимающее зеленый или синева-то-зеленый цвѣтъ при дѣйствіи кислотъ. Саксъ полагаетъ, что въ природѣ это превращеніе вызывается озономъ.

Пфаунд-
леръ.

Пфаундлеръ подтвердилъ результаты Вердейля относительно содержанія въ хлорофиллѣ желѣза и указалъ на связь между присутствіемъ желѣза и явленіемъ хлорозиса — связь, экспериментально доказанную гр. Сальмъ-Горстмаромъ и Гри старшимъ. Пфаундлеръ получалъ хлорофиллъ, подвергая свертыванію выжатый сокъ растений, обрабатывая свертокъ алкоголемъ, растворяя въ сильной кислотѣ остатокъ отъ выпариванія спиртового раствора и осаждая кислый растворъ горячей водой. Такимъ образомъ полученный хлорофиллъ былъ, слѣдовательно, хлорофиллъ Верцелуса; онъ оказался бураго цвѣта съ сильной флуоресценціей. Анализъ показалъ, что онъ не содержитъ азота. Пфаундлеръ старался затѣмъ провѣрить справедливость воззрѣнія Глазивеца, высказавшаго мнѣніе, что многіе растительные пигменты, въ томъ числѣ хлорофиллъ, быть можетъ нечто иное, какъ продукты, получающіеся изъ кверцетина, эскулина и тому подобныхъ тѣлъ, при дѣйствіи окиси желѣза, щелочей и воздуха. Это предположеніе не оправдалось относительно кверцетина: полученные тѣла отличались отъ хлорофилла многими признаками.

Глазивецъ.

Глазивецъ выразилъ также мнѣніе, что хлорофиллъ быть можетъ произведеніе берберина, получающееся при нагреваніи его до 200° съ водою, въ запаянной трубкѣ. Продуктъ этой реакціи тѣло ярко-зеленаго цвѣта съ красной флуоресценціей; но едва ли это хлорофиллъ, судя по тому, что съ кислотами онъ окрашивается въ красный цвѣтъ, вмѣсто синята.

Фреми.

Фреми первый вполне опредѣленно выразилъ мнѣніе, что хлорофиллъ состоитъ изъ соединенія двухъ цвѣтныхъ началъ,

именно желтого и синяго. На эту мысль его навело дробное осаждение спиртового раствора водой и воднымъ глиноземомъ, при чемъ первоначально осаждается зеленый, затѣмъ желтый лакъ. Кипящій или концентрированный спиртъ снова извлекаетъ красящее вещество. Но подобнымъ образомъ невозможно достигнуть полнаго раздѣленія. Щелочи, по мнѣнію Фреми, превращаютъ хлорофиллъ въ золотисто-желтое тѣло *), дающее съ воднымъ глиноземомъ желтый лакъ. Спиртовой растворъ этого тѣла снова окрашивается кислотою въ зеленый цвѣтъ. Такимъ образомъ, по мнѣнію Фреми, щелочи превращаютъ синій пигментъ въ желтый, а кислоты возстановляютъ первоначальный синій цвѣтъ, который со второю, желтою составною частью даетъ зеленый. Слѣдующій опытъ, повидимому, подтверждаетъ это воззрѣніе самымъ нагляднымъ образомъ. Если обработать хлорофиллъ смѣсью соляной кислоты и воды, то зеленое вещество сначала бурѣетъ, а затѣмъ распадается на два слоя: нижній синій, а верхній золотисто-желтый. Фреми называетъ синнее тѣло *филлоціаниномъ*, желтое — *филлоксантинномъ*. Синнее тѣло при насыщеніи кислоты превращается въ бурое, растворимое въ спиртѣ и эфирѣ, которое Фреми называетъ *филлоксантеиномъ*. Такимъ образомъ, филлоціанинъ и филлоксантеинъ въ сущности одно и то же тѣло въ кислотѣ и среднемъ растворѣ. Но Фреми иначе объясняетъ фактъ; онъ считаетъ филлоціанинъ, т. е. кислый растворъ за неизмѣненное тѣло, а филлоксантеинъ за то же тѣло, измѣненное дѣйствіемъ оснований. Это вдвойнѣ невѣрно. Во первыхъ, измѣняющее дѣйствіе кислотъ не подлежитъ сомнѣнію, такъ какъ отъ первыхъ капель жидкость бурѣетъ (какъ показали уже Пельтье и Каванту и другіе) и затѣмъ уже принимаетъ синій цвѣтъ. А во вторыхъ, щелочи не имѣютъ того дѣйствія, которое имъ приписываетъ Фреми, и кромѣ того уравненіе соляной кислоты можетъ быть произведено мраморомъ, а продуктъ будетъ тотъ же филлоксантеинъ.

Филлоксантинъ Фреми нечто иное, какъ ксантофиллъ Берцеліуса, судя по тому, что Фреми нашелъ его въ почти чистомъ видѣ, въ осеннихъ листьяхъ. Въ молодыхъ этиологирован-

*) Фактъ этотъ невѣренъ и опровергается второй работой Фреми.