

577  
л 33

577  
л 33 Леб В.

Введение в  
биохимию.

~~38440~~ 1913г.

Беларуская Дзяржаўная  
~~2599-5~~ Універсітэтная  
БІБЛІАТЭКА



577  
Л-33

Проф. В. Лебъ.

# Введеніе въ біохимію.

Установа адукацыі  
"Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт  
імя П. М. Мамарова"  
БІБЛІЯТЭКА

Переводъ съ нѣмецкаго С. А. Алексѣева

подъ редакціей, съ предисловіемъ и при-  
мѣчаніями проф. Л. А. Чугаева.

Книгоиздательство „Ф И З И К А“.

1913

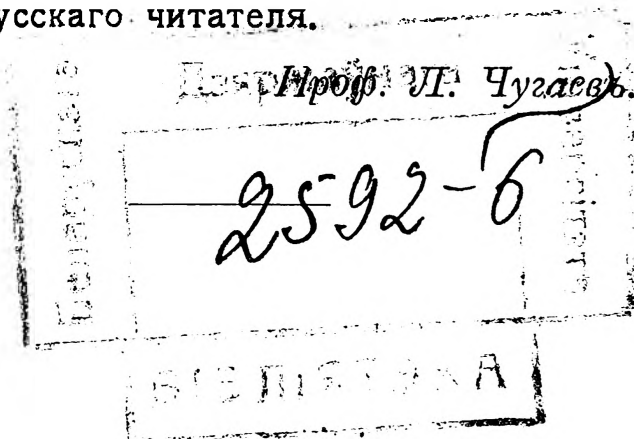
524066

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія „РАЗСВѢТЪ“, Спб., Гороховая, 17.

## Предисловіе къ русскому переводу.

Настоящая книжка принадлежит перу нѣмецкаго ученаго Вальтера Лёба, получившаго извѣстность своими трудами по электрохиміи и фотохиміи. Въ своихъ работахъ Лёбъ стремился подойти къ искусственному осуществленію реакцій, происходящихъ въ живомъ организмѣ, и ему удалось достигнуть въ этой области интересныхъ и важныхъ результатовъ. Поэтому, не будучи въ собственномъ смыслѣ химикомъ-біологомъ (подобно своему однофамильцу физиологу Жаку Лёбу), В. Лёбъ является тѣмъ не менѣе лицомъ, вполне компетентнымъ для того, чтобы освѣтить съ точки зрѣнія химика общую картину, представляемую живымъ организмомъ, и природу тѣхъ процессовъ, которые тамъ происходятъ. Попытку дать такое освѣщеніе и, какъ мнѣ кажется, вполне удачную, представляетъ книжка Лёба „Einführung in die Biochemie“. Въ виду того, что послѣдняя при краткости и доступности изложенія стоитъ на достаточной научной высотѣ, я полагаю, что она дѣйствительно представляетъ хорошее „введеніе къ изученію біологической химіи“, а потому и рѣшаюсь рекомендовать ее вниманію русскаго читателя.



## ПРЕДИСЛОВІЕ АВТОРА.

Настоящая книга имѣетъ цѣлью дать изложеніе основныхъ біохимическихъ понятій. Для того, чтобы достигнуть этой цѣли при столь небольшомъ объемѣ, надо было предполагать, что у читателя уже имѣются элементарныя свѣдѣнія изъ области общей, органической и неорганической химіи. При томъ богатствѣ фактическаго матеріала, которымъ отличается біохимія, часто приходилось жертвовать спеціальнымъ въ пользу общаго. Главное вниманіе здѣсь удѣлено общимъ началамъ науки, — крупнѣйшимъ проблемамъ біохиміи: химической дѣятельности клѣтки въ процессахъ ассимиляціи и диссимиляціи. Вводная глава посвящена необходимымъ для ихъ пониманія физическимъ и химическимъ принципамъ.

*Вальтеръ Лебъ.*

---

## ГЛАВА I.

### Физико-химическое введение.

Биохиміей называется учение о химическихъ процессахъ, происходящихъ въ растительныхъ и животныхъ организмахъ. Чтобы пріобрѣсти правильное представление объ этихъ процессахъ, необходимо нѣсколько подробнѣе ознакомиться съ самымъ общимъ закономъ природы, — съ закономъ сохранения и превращенія энергіи и съ его значеніемъ для біохиміи. Подъ энергіей мы понимаемъ источникъ всякой работы; мѣриломъ же энергіи является количество произведенной работы. Мы различаемъ въ природѣ опредѣленныя формы энергіи или работы, напр., свѣтовую энергію, являющуюся источникомъ производимыхъ свѣтовыми лучами измѣненій или работы, наприм., источникомъ химической работы почернения фотографической пластинки. Мы знаемъ механическую форму энергіи, проявленіями которой считаемъ всякую работу, связанную съ движеніемъ, далѣе, тепловую, электрическую и химическую формы энергіи. Химическая работа, которая производится или потребляется при какой либо химической реакціи, выражается въ связанныхъ съ такой реакціей тепловыхъ процессахъ. Если реакція сопровождается выдѣленіемъ теплоты, благодаря которому температура окружающей среды повышается, то мы можемъ съ помощью этой теплоты произвести работу, напр., заставить расшириться какой нибудь газъ и

воспользоваться этимъ расширеніемъ для приведенія въ движеніе поршня внутри цилиндра; иными словами, мы можемъ превратить теплоту въ механическую работу. Такъ какъ съ помощью механическаго аппарата, движущей силой котораго является теплота, мы можемъ привести въ движеніе электромоторы, динамомашинны и т. п. приспособленія, то ползную теплоту оказывается возможнымъ превратить въ другія формы энергіи, напр., въ электричество, а черезъ него—въ свѣтъ, въ поступательное движеніе и т. д. Реакціи, связанныя съ выдѣленіемъ теплоты, называютъ экзотермическими. Слѣдовательно, для того, чтобы производить работу, всякій химическій процессъ долженъ удовлетворять нѣкоторому предварительному условію, а именно, при тѣхъ условіяхъ, при которыхъ происходитъ данная реакція, онъ долженъ итти экзотермически. Другія же реакціи происходятъ только тогда, когда теплота или вообще энергія доставляется имъ извнѣ. Онѣ характеризуются тѣмъ, что бываютъ возможны только при наличности нѣкотораго количества работы, доставляемаго какимъ нибудь источникомъ энергіи, каковы электричество, свѣтъ, теплота, или же тѣмъ, что онѣ связаны съ поглощеніемъ теплоты изъ окружающей среды, т. е. съ охлажденіемъ этой среды. Такого рода реакціи называютъ эндотермическими; онѣ не въ состояніи производить работу, напротивъ, онѣ сами потребляютъ работу; ясно, что источникомъ энергіи могутъ служить только экзотермическія реакціи. Соединенія, полученные изъ опредѣленныхъ веществъ съ поглощеніемъ теплоты, могутъ быть снова разложены на тѣ же вещества съ отдачей той же самой теплоты, которая была потреблена при ихъ возникновеніи. Точно такъ же ясно, что экзотермически возникшія вещества,

образовавшіяся изъ первоначальныхъ составныхъ частей съ отдачей теплоты, могутъ быть превращены обратно въ эти первоначальныя вещества только при условіи доставки извнѣ теплоты, отданной при ихъ превращеніи. Такимъ образомъ, эндотертически произошедшія сединенія представляютъ нѣкотораго рода запасъ силы или, какъ говорятъ, находятся въ состояніи химическаго напряженія. Ихъ можно сравнить съ часовой пружиной, натянутой съ затратой извѣстной работы; при раскручиваніи эта пружина снова отдаетъ затраченную работу и превращаетъ ее въ другія формы работы, напр., въ движеніе часового механизма и стрѣлокъ.

Разныя формы энергіи могутъ быть превращаемы одна въ другую, иными словами, теплоту можно превращать въ движеніе, движеніе—въ электричество, электричество—въ свѣтъ и т. д. Такая способность къ превращенію разныхъ формъ энергіи имѣетъ огромное значеніе для экономіи природы. Она позволяетъ живымъ существамъ получать запасы работы, которые они затѣмъ расходуютъ на всѣ свои жизненные процессы,—въ самой удобной и концентрированной формѣ, именно, въ видѣ химической энергіи. Способность разныхъ формъ энергіи къ превращенію съ помощью соотвѣтствующаго аппарата, какимъ является живой организмъ, позволяетъ получать изъ силы химическаго напряженія всякія другія формы энергіи. Происходящіе при этомъ процессы можно сравнить съ дѣятельностью паровой машины, которая всю свою двигательную силу почерпаетъ изъ химической реакціи, сопровождаемой выдѣленіемъ тепла, а именно, изъ процесса образованія углекислоты за счетъ угля и кислорода. При этомъ первоначально образуется только теплота; послѣдняя превращается въ давленіе сжатаго



водяного пара, съ помощью котораго можно привести въ движеніе локомотивы, электрическіе аппараты и всякаго рода моторы, такъ что изъ двигательной силы химической реакціи можетъ быть получена любая форма энергіи. Точно также и у живого организма мы находимъ способность направлять соотвѣтствующія реакціи такимъ образомъ, чтобы освобождающаяся при этомъ энергія могла быть использована въ формѣ, необходимой организму для сохраненія жизни или для достиженія его желаній. Законъ же сохраненія энергіи гласитъ, что эти превращенія происходятъ безъ потери, т. е., что при нихъ количество энергіи не уменьшается, но вся энергія, истраченная въ одной формѣ, оказывается на лицо въ другой формѣ.

Если мы примѣнимъ эти соображенія къ химической реакціи между двумя веществами  $A+B$ , то можемъ написать:  $A+B=AB$ . Если такая реакція связана съ потребленіемъ энергіи, напримѣръ, съ поглощеніемъ теплоты, то та же теплота можетъ быть получена обратно при наступленіи процесса  $AB=A+B$ , т. е., когда реакція пойдетъ обратнымъ ходомъ. Если при такомъ обратномъ ходѣ процесса первоначально поглощенная теплота будетъ выдѣляться не въ формѣ теплоты, а въ какой нибудь другой формѣ энергіи или въ нѣсколькихъ такихъ формахъ, то все же ихъ цѣнность въ смыслѣ способности производить работы будетъ имѣть точно такую же величину, какъ и первоначально поглощенная теплота \*).

---

\*) Справедливость послѣдняго утвержденія существеннымъ образомъ ограничивается вторымъ принципомъ термодинамики, въ силу котораго равныя количества энергіи, но въ различныхъ формахъ (напр., тепловой и электрической), вообще говоря, вовсе не равноцѣнны по отношенію къ тому максимальному количеству работы,

Эти соображенія необходимо имѣть въ виду, чтобы понять какъ общія черты, такъ и отличія химическихъ реакцій, происходящихъ въ растительномъ и животномъ организмѣ. И растенія, и животныя—живыя существа, и общій ихъ признакъ составляетъ способность къ росту и къ связаннымъ съ ростомъ движеніямъ. Но—оставляя въ сторонѣ переходныя формы между растеніями и животными — они отличаются между собой въ одномъ важномъ пунктѣ, выясняющемъ намъ біологическое положеніе двухъ этихъ жизненныхъ формъ. Растенія,—если не принимать во вниманіе ихъ роста, — являются неподвижными формами, прикрѣпленными къ тому мѣсту, гдѣ они растутъ. Они не обладаютъ способностью къ произвольной перемѣнѣ мѣста. Напротивъ, животныя представляютъ подвижныя образованія. Они могутъ по произволу измѣнять свое мѣстопробываніе и обладаютъ организмомъ, приспособленнымъ къ такимъ перемѣнамъ. Отсюда слѣдуетъ, что животныя для поддержанія своей жизни нуждаются въ развитіи гораздо большаго количества работы, чѣмъ растенія. Правда, и растенія дышатъ, и въ растительномъ организмѣ происходитъ теченіе жидкихъ токовъ,—дѣятельности, которыя, разумѣется, требуютъ работы, но количество этой работы несравненно меньше, чѣмъ у животныхъ, которыя, особенно въ лицѣ своихъ высшихъ формъ, обладаютъ быстрымъ кровообращеніемъ и должны вы-

---

которое они могутъ доставить. Больше того, неравноцѣнными въ указанномъ отношеніи будутъ даже равныя запасы одной и той же тепловой энергіи, если тѣла, съ которыми эти запасы связаны, будутъ находиться при различныхъ температурахъ, точнѣе, если ихъ температуры будутъ отличаться на неодинаковое число градусовъ отъ температуры окружающей среды. *Ред.*

полнять работу сердца, артерій, легкихъ и т. д. Поэтому животныя нуждаются для сохраненія жизни въ болѣе обильномъ притокѣ энергіи, чѣмъ растенія. А такъ какъ эта энергія можетъ быть получаемая и накапливается главнымъ образомъ въ формѣ силы химическаго напряженія, то они нуждаются въ экзотермическихъ реакціяхъ, совершающихся съ выдѣленіемъ теплоты и энергіи. Напротивъ, растенія могутъ довольствоваться гораздо меньшимъ запасомъ работы. Для поддержанія ихъ существованія надо гораздо меньше экзотермическихъ реакцій; поэтому, если въ распоряженіи растительнаго организма оказывается подходящій источникъ энергіи, то въ немъ могутъ происходить и эндотермическія реакціи, а образующіяся черезъ ихъ посредство вещества въ большинствѣ случаевъ могутъ сохраняться и накапливаться въ растеніи. И дѣйствительно, подъ вліяніемъ свѣтовой энергіи растеніе можетъ создавать много эндотермическихъ веществъ, способныхъ, поэтому, разлагаясь внутри животнаго организма, снова отдавать энергію, затраченную при ихъ образованіи. Въ этомъ отношеніи біологическое положеніе растеній и животныхъ оказывается противоположнымъ. Растеніе создаетъ соединенія, которыя животное можетъ употреблять для поддержанія своей жизни.

Общая черта двухъ этихъ жизненныхъ формъ состоитъ въ томъ, что какъ животныя, такъ и растенія нуждаются для образованія и сохраненія матеріальнаго организма въ опредѣленныхъ химическихъ строительныхъ матеріалахъ, которые, либо въ неизмѣнномъ видѣ, либо будучи постоянно возобновляемы въ той же формѣ, составляютъ тотъ аппаратъ, въ которомъ совершаются жизненныя реакціи. Но тогда такъ растеніе и эти вещества можетъ строить изъ про-

стыхъ составныхъ частей, которыя предоставляютъ въ его распоряженіе атмосфера и почва, животный организмъ долженъ получать ихъ въ готовой или отчасти подготовленной формѣ отъ растенія. И въ этомъ отношеніи растительная жизнь представляется необходимымъ предварительнымъ условіемъ животной; и если существуютъ и такія животныя, которыя могутъ жить, только употребляя въ пищу мясо другихъ животныхъ, зато эти послѣднія питаются растеніями и получаютъ свой строительный матеріаль въ видѣ веществъ растительнаго происхожденія.

Такъ какъ растенія могутъ строить вещества, входящія въ составъ ихъ организма, только съ помощью чужой энергіи, а именно, солнечной энергіи, то въ послѣднемъ счетѣ вся жизнь является продуктомъ энергіи солнечныхъ лучей. Въ этомъ смыслѣ все, что живетъ, есть дитя свѣта. Поэтому ясно само собой, что при разсмотрѣніи біохимическихъ реакцій мы сначала должны описать процессы, происходящіе въ растительномъ, а потомъ—происходящіе въ животномъ организмѣ. Какъ уже упомянуто, и въ растительномъ организмѣ происходятъ требующіе опредѣленной затраты энергіи процессы дыханія и роста; поэтому такого рода ихъ дѣятельность, поскольку она выражается въ химическихъ реакціяхъ, мы должны отличать отъ тѣхъ процессовъ, которые служатъ только для образованія эндотермическихъ соединеній, — для образованія тѣла растенія съ помощью солнечныхъ лучей. Реакціи, служащія для выдѣленія энергіи, называютъ реакціями распада или процессами диссимиляціи, реакціи же, дающія начало эндотермическимъ веществамъ, — реакціями построенія или процессами ассимиляціи.

Процессы ассимиляціи должны по времени пред-

шествовать процессамъ второго рода, потому что только при ихъ посредствѣ образуется растительный матеріаль. Что же касается до химическихъ веществъ, которыя мы находимъ въ растительномъ организмѣ, то процессы ассимиляціи выражаются въ образованіи азотсодержащихъ и не содержащихъ азота органическихъ веществъ, а также въ поглощеніи солей. Такъ какъ всѣ органическія вещества растеній образуются въ послѣднемъ счетѣ изъ углекислоты, то образование соединений, содержащихъ углеродъ и не содержащихъ азота, называютъ ассимиляціей углекислоты. Къ ней примыкаетъ вторая форма реакцій, принимающихъ участіе въ постройкѣ растительнаго организма, именно, ассимиляція азота, которая по времени также слѣдуетъ за ассимиляціей углекислоты. Участіе азота въ постройкѣ живыхъ веществъ начинается только послѣ того, какъ органическія вещества уже возникли изъ углекислоты.

Итакъ, для того, чтобы ознакомиться съ основами біохимической науки, необходимо нѣсколько подробнѣе рассмотреть явленія ассимиляціи и диссимиляціи, происходящія внутри живого организма. Эти реакціи происходятъ въ растительномъ и животномъ царствѣ внутри элементарной жизненной единицы,—к л ѣ т к и. Послѣдняя является лабораторіей, которую природа снабдила самыми сложными и чувствительными вспомогательными средствами, необходимыми для правильного хода жизненныхъ реакцій. Хотя по своимъ функциямъ клѣтки весьма сильно отличаются между собой, но ихъ организація является принципиально одинаковой, и потому общее описаніе физическихъ и химическихъ функций клѣтки дастъ достаточное представленіе объ ихъ существенныхъ свойствахъ. Значеніе этихъ приспособленій необходимо для пониманія про-



цессовъ ассимиляціи и диссимиляціи. Сначала, однако, мы познакомимъ читателя въ общихъ чертахъ съ химической природой участвующихъ въ біохимическихъ реакціяхъ веществъ.

---

## Г Л А В А II.

### Необходимыя химическія понятія.

Такъ какъ живые организмы, какъ растительные, такъ и животные, состоятъ изъ клѣтокъ, то химія клѣтки является основой химіи всего живого организма. Въ живой клѣткѣ мы встрѣчаемъ частью такія вещества, которыя, въ качествѣ строительнаго матеріала живого вещества, составляютъ постоянную составную часть клѣточного организма, частью такія, которыя, въ качествѣ пищи или поставщиковъ энергіи, захватываются клѣткой и потомъ въ измѣненной формѣ выбрасываются ею назадъ. Сверхъ того, надо еще имѣть въ виду тѣ химическія реакціи, которыя служатъ процессамъ роста, слѣдовательно, соотвѣтствуютъ новообразованію клѣточного вещества для того времени, когда оно увеличивается въ размѣрахъ. Къ веществамъ, которыя можно назвать строительнымъ матеріаломъ клѣтки, принадлежатъ прежде всего бѣлки, составляющіе значительную часть твердаго клѣточного вещества. Часто клѣтка содержитъ еще и вещества деревянистаго характера—целлюлезу или клѣтчатку, а также, въ качествѣ всегдашней составной части—воду, въ которой растворены неорганическія и органическія вещества. Смотря по роду того цѣлаго организма, въ который соединяются между собой данныя клѣтки, ихъ химической составъ представляетъ тѣ или иныя отличія отъ этой основной схемы. Такъ, многія растенія имѣютъ клѣтки, которыя содержатъ въ

себѣ чрезвычайно много крахмала, а также такія, которыя обладаютъ способностью образовать зеленое красящее вещество листьевъ—хлорофиллъ. У разныхъ видовъ животныхъ клѣтки отдѣльныхъ органовъ значительно отличаются отъ другъ отъ друга. Клѣтки крови, красныя кровяныя тѣльца, содержатъ красящее вещество крови, гемоглобинъ, выполняющій у животныхъ столь же важную функцію, какъ хлорофиллъ—у растений. Подобно тому какъ въ зависимости отъ природы организма измѣняются его постоянныя составныя части, точно такъ же непостоянны и случайныя вещества, попадающія въ клѣтки въ зависимости отъ обмѣна веществъ. Такимъ образомъ, разсмотрѣть въ химическомъ отношеніи всѣ вещества, которыя постоянно или временно входятъ въ составъ клѣтки, невозможно. Здѣсь мы расскажемъ вкратцѣ только о важнѣйшихъ изъ нихъ.

## І. Неорганическія соединенія.

Кромѣ воды, составляющей главную часть неорганическихъ соединеній животнаго организма, въ немъ постоянно содержатся еще многочисленныя минеральныя вещества, которыя частью составляютъ строительный матеріалъ организма, частью всегда въ немъ присутствуютъ въ качествѣ продуктовъ обмѣна веществъ. Наиболѣе бѣдными водою частями животнаго организма являются зубная эмаль, жировая ткань и кости. Что касается до свободныхъ кислотъ, то здѣсь можетъ итти рѣчь только о содержащейся въ желудкѣ соляной кислотѣ и еще объ углекислотѣ, которую содержитъ выдыхаемый воздухъ. Свободныхъ основаній мы въ организмѣ не встрѣчаемъ. Существеннѣйшую часть прочихъ минеральныхъ веществъ составляютъ соли. Важнѣйшей солью, содер-

жащейся во всѣхъ жидкостяхъ тѣла, является хлористый натрій или поваренная соль. Взрослый человекъ принимаетъ въ пищу ежедневно, приблизительно, 15—17 гр. поваренной соли и столько же выдѣляетъ обратнѣ. Несмотря на это, поваренная соль является безусловно необходимой для жизненныхъ процессовъ, вѣроятно, потому, что она, регулируя осмотическое давленіе (см. ниже), управляетъ перемѣщеніемъ жидкостей черезъ оболочки клѣтокъ и тканей и участвуетъ въ образованіи соляной кислоты въ желудочномъ сокѣ. Хлористый калий содержится во всѣхъ клѣткахъ и въ красныхъ кровяныхъ тѣлцахъ, тогда какъ въ кровяной сывороткѣ и въ лимфѣ содержится сода, а въ панкреатическомъ сокѣ, желчи и въ крови—двууглекислый натрій. Около 10% неорганическихъ составныхъ частей кости составляетъ углекислый кальцій, который содержится также и въ зубахъ, а въ видѣ кислаго углекислаго кальція—въ крови и лимфѣ. Главную составную часть костной золы образуетъ фосфорнокислый кальцій, составляя около 85% ея; фосфорнокислый магній также содержится въ ней, но въ меньшемъ количествѣ. Главнѣйшей солью, содержащейся въ мускулахъ, является нейтральный фосфорнокислый калий ( $K_2HPO_4$ ). Сверхъ того, въ костяхъ и зубахъ содержатся еще небольшія количества фтористаго кальція. Далѣе, животный организмъ содержитъ еще слѣды іода и мышьяка. Другія неорганическія вещества, каковы желѣзо, сѣра и фосфоръ, находятся внутри организма въ соединеніи съ органическимъ веществомъ или въ качествѣ составной части послѣдняго; поэтому они принадлежатъ къ органическимъ веществамъ, содержащимся въ организмѣ.

Изслѣдованіе золы растеній показываетъ, что кромѣ сѣры и фосфора,—элементовъ, источникомъ которыхъ являются органическія вещества растительной клѣтки, для развитія растеній необходимы еще металлы калий, магній и желѣзо, а большей частью также и кальцій. Металлы содержатся въ живыхъ растеніяхъ частью въ видѣ солей, частью въ видѣ органическихъ соединений. Въ золѣ часто находятъ и другія вещества,—натрій, кремнекислоту и хлоръ. Количественное распредѣленіе этихъ веществъ въ различныхъ растеніяхъ колеблется въ чрезвычайно широкихъ предѣлахъ.

## II. Органическія соединенія.

Органическія вещества, являющіяся наиболѣе важными для живыхъ организмовъ, одинаковы какъ для растеній, такъ и для животныхъ; а именно, сюда принадлежатъ углеводы, жиры и бѣлковыя вещества. Такъ какъ они подвергаются на своемъ пути въ организмѣ разнообразнымъ измѣненіямъ, то соединенія, возникающія путемъ ихъ разложенія, распада и возстановленія, представляютъ весьма существенный интересъ.

### A. Углеводы.

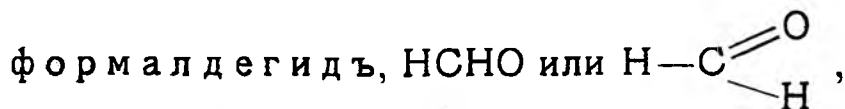
Углеводы получили свое названіе по своему эмпирическому составу, такъ какъ содержатъ, кромѣ углерода, элементы водородъ и кислородъ въ томъ же соотношеніи, въ какомъ они входятъ въ составъ воды:  $C_n(H_2O)_m$ . Химически они опредѣляются тѣмъ, что содержатъ въ себѣ или кетоно-спиртовую группу  $—CO—CH_2OH$ , или алдегидо-спиртовую:  $—CHOH—CHO$ . Углеводы съ послѣдней группировкой называютъ альдозами, а съ первой—кетозами. Важнѣйшими



углеводами являются разные виды сахара. Углеводы классифицируют по ихъ гидролитическимъ свойствамъ; гидролизомъ называютъ расщепленіе углеводовъ при обработкѣ разбавленными кислотами, сопровождающееся поглощеніемъ ими воды. Углеводы, которые при такой обработкѣ совершенно не расщепляются, называютъ монозами или моносахаридами; сюда принадлежатъ важнѣйшіе виды сахара: виноградный сахаръ, фруктовый и т. д. Другіе углеводы, біозы или бисахариды, распадаются при гидролизѣ на двѣ молекулы монозъ; важнѣйшими представителями біозъ являются молочный и тростниковый сахаръ. Наконецъ, полиозами или полисахаридами называются такіе углеводы, которые образованы соединеніемъ нѣсколькихъ молекулъ монозъ и расщепляются при гидролизѣ на эти послѣднія. Строеніе ихъ еще не выяснено. Къ нимъ принадлежатъ крахмалъ, декстрины, клѣтчатка и разные виды камеди.

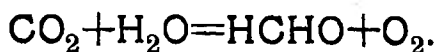
а) Монозы.

Монозы подраздѣляютъ по числу атомовъ углерода, изъ которыхъ одинъ содержится въ кетонной или алдегидной группѣ, а другіе связаны съ алкогольными гидроксильными группами,—на біозы, тріозы, тетрозы, пентозы, гексозы и т. д. Всѣ виды сахара стоятъ въ тѣсной связи съ простѣйшимъ алдегидомъ, которымъ является



путемъ уплотненія котораго возникаютъ разные виды сахара и въ который они снова могутъ переходить путемъ расщепленія. Монозы можно разсматривать, какъ полимерныя формалдегиды  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ . Формалдегидъ является первымъ органическимъ членомъ ра-

стительнаго синтеза сахара, поскольку его можно разсматривать, какъ возникающій при содѣйстви воды продуктъ возстановленія углекислоты:



Этотъ процессъ служитъ преддверьемъ растительной ассимиляціи углекислоты (подробнѣе см. ниже).

Глико л ал д е г и д ъ,  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHO}$ .

Глико л ал д е г и д ъ образуетъ типъ простѣйшаго сахара, такъ какъ онъ содержитъ алкогольную и алдегидную группу. Притомъ, онъ уже обнаруживаетъ важнѣйшія реакціи сахара и путемъ полимеризаціи необыкновенно легко переходитъ въ болѣе сложные виды сахара, напр., въ тетрозы и гексозы.

Глицерина л д е г и д ъ,  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CHO}$ .

Изъ тріозъ или сахаровъ съ тремя атомами углерода въ молекулѣ нынѣ извѣстны уже два представителя,—альдоза и кетоза. Обѣ онѣ,—какъ альдоза, глицерина л д е г и д ъ, такъ и кетоза, діоксѣацетонъ  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ , возникаютъ путемъ окисленія глицерина. Смѣсь двухъ этихъ веществъ, называемая глицерозой, чрезвычайно легко переходитъ въ гексозу. Хотя эти, бѣдные углеродомъ, виды сахара пока и не найдены въ живыхъ организмахъ, однако, при постройкѣ и распадѣ разныхъ видовъ сахара они имѣютъ значеніе въ качествѣ промежуточныхъ фазъ. Изъ глицерина л д е г и д а, послѣ предварительнаго расщепленія его на глико л ал д е г и д ъ и формалдегидъ, могутъ возникать также и пентозы, какъ онѣ могутъ возникать и изъ одного глико л ал д е г и д а, который при этомъ, вѣроятно, распадается сначала на формалдегидъ.

Тетрозы,  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{CHO}$  и  
 $\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ .

И сахара съ четырьмя атомами углерода не имѣютъ еще непосредственнаго значенія для живыхъ организмовъ, тогда какъ

Пентозы,  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{CHO}$   
и  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ ,

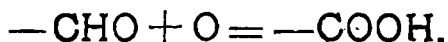
несомнѣнно, играютъ уже важную роль какъ въ растительномъ, такъ и въ животномъ организмѣ. Въ этомъ послѣднемъ при опредѣленныхъ условіяхъ встрѣчаются арабиноза и ксилоза—двѣ альдопентозы, т. е. альдозы съ пятью атомами углерода.

Гексозы,  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{CHO}$  и  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{C}\text{H}\text{OH}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ .

Важнѣйшей группой сахаровъ является группа гексозъ, притомъ, какъ альдо-гексозъ такъ и кето-гексозъ. Представителемъ первыхъ служитъ виноградный сахаръ, декстроза или гликоза, который, какъ подробнѣе будетъ выяснено ниже, можно считать по существу исходнымъ продуктомъ химическихъ превращеній сахара; нормально онъ содержится въ животномъ организмѣ въ крови, лимфѣ и въ печени. Въ патологическихъ случаяхъ онъ выдѣляется въ неразложенномъ видѣ и появляется въ мочѣ. Сверхъ того, онъ встрѣчается во многихъ растеніяхъ. Соответствующую кетозу представляетъ фруктовый сахаръ, называемый также левулезой или фруктозой, который разнымъ образомъ весьма распространенъ въ растительныхъ и животныхъ организмахъ.

Своеобразный состав монозъ является источникомъ цѣлаго ряда общихъ всѣмъ этимъ веществамъ реакцій, которыя будутъ нами рассмотрѣны лишь вкратцѣ.

Путемъ окисленія возникаютъ прежде всего кислоты, причемъ на первомъ мѣстѣ надо поставить окисленіе альдегидной группы въ группу карбоксильную



Такого рода кислотами являются:

гликолевая кислота  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{COOH}$ ,

глицериновая кислота  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$ ,

глюконовая кислота  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$ , и т. д.

При дальнѣйшемъ окисленія прежде всего такому подвергается конечная спиртовая группа, причемъ возникаютъ дикарбоновые кислоты, каковы:

щавелевая кислота  $\text{COOH}-\text{COOH}$ ,

тартроновая кислота  $\text{COOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$ ,

винная кислота  $\text{COOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$ ,

тріоксиглутаровая кислота  $\text{COOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$ ,

сахарная и слизевая кислота  $\text{COOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$ .

Въ случаѣ кетозовъ большею частью отщепляется группа  $-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ , въ качествѣ гликоловой кислоты, тогда какъ примыкающій къ кетонной группѣ

остатокъ окисляется въ соответствующую карбоновую кислоту. Такимъ образомъ, фруктоза даетъ, кромѣ гликоловой кислоты, монокарбоновую кислоту тетрозы, — эритронovou кислоту  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{COOH}$ .

Кромѣ процессовъ окисленія для биологii имѣютъ особенно важное значеніе процессы расщепленія, при которыхъ болѣе сложные сахара расщепляются на болѣе простые и которые, слѣдовательно, противоположны процессамъ синтетическимъ. Путемъ такого рода расщепленій изъ гексозъ, напр., могутъ снова получаться триозы, а изъ послѣднихъ — снова гликолалдегидъ и формалдегидъ. При полномъ сжиганii сахара въ углекислоту и воду, какое имѣетъ мѣсто въ живомъ организмѣ, расщепленіе и окисленіе дѣйствуютъ совместно, причемъ простые продукты, образующіеся путемъ расщепленія, сжигаются вплоть до конечныхъ продуктовъ. И при процессахъ броженія сахара, о которыхъ подробнѣе будетъ рѣчь ниже, первоначально совершаются процессы расщепленія.

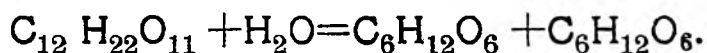
Путемъ возстановленія разныхъ видовъ сахара прежде всего алдегидныя и кетоновыя группы превращаются въ спиртовыя. При этомъ возникаютъ многоатомные спирты, напр., изъ гликолалдегида — гликоль  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ , изъ глицериналдегида — глицеринъ  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ , изъ пентозъ — пентиты  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ , изъ гексозъ — гекситы  $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ . Путемъ весьма энергичнаго возстановленія удается также замѣстить гидроксильную группу водородомъ и получить вещества, которыя стоятъ весьма близко къ жирнымъ кислотамъ и которыя, вѣроятно, приводятъ къ нимъ въ организмѣ.



Мы не можемъ входить здѣсь подробнѣе въ разсмотрѣніе тѣхъ разнообразныхъ условій, которыя создаются благодаря большому числу изомерныхъ формъ сахаристыхъ веществъ. Мы упомянемъ только, что различные сахара одинаковаго строенія часто обнаруживаютъ качественно и количественно различное отношеніе къ поляризованному свѣту, что приписываютъ неодинаковой конфигураціи, т. е. неодинаковой пространственной оріентировкѣ однихъ и тѣхъ же атомовъ въ молекулѣ. Во всѣхъ естественныхъ реакціяхъ конфигурація играетъ большую роль, потому что дѣйствіе природныхъ агентовъ по большей части направляется только на опредѣленную конфигурацію, другія же конфигураціи, несмотря на одинаковый составъ соотвѣтствующихъ молекулъ, остаются при этомъ незатронутыми.

#### в) Біозы.

Представителями біозъ являются: тростниковый сахаръ, молочный сахаръ и солодовый сахаръ. Тростниковый сахаръ,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ,—одно изъ важнѣйшихъ пищевыхъ средствъ, при дѣйствіи кислотъ расщепляется съ поглощеніемъ воды на двѣ молекулы,—одну—винограднаго, и другую—фруктоваго сахара, или, какъ говорятъ, онъ подвергается инверсіи,—процессу, который въ силу связаннаго съ расщепленіемъ или инверсіей поглощенія воды, является гидролизомъ:



Молочный сахаръ, молекулярная формула котораго та же, что и для тростниковаго сахара, разлагается при гидролизѣ на виноградный сахаръ и галактозу, солодовый же сахаръ или мальтоза—на двѣ молекулы винограднаго сахара

огда какъ виноградный сахаръ въ растительномъ Царствѣ очень распространенъ, молочный сахаръ встрѣчается почти исключительно въ животномъ царствѣ, въ качествѣ продукта дѣятельности молочныхъ железъ.

### с) Поліозы.

О строеніи поліозъ извѣстно мало. Мы знаемъ только, что онѣ подѣ вліяніемъ гидролиза постепенно распадаются съ поглощеніемъ воды и въ качествѣ конечныхъ физиологическихъ продуктовъ даютъ гексозы. Важнѣйшими изъ нихъ являются растительныя кислоты, животныя кислоты и растительная клѣтчатка. Животная поліоза, гликогенъ, образуется въ животномъ организмѣ изъ гексозъ и снова распадается путемъ гидролиза на гексозы, соотвѣтственно потребности животнаго организма. Общая формула поліозъ такова:  $(C_6H_{10}O_5)_x$ .

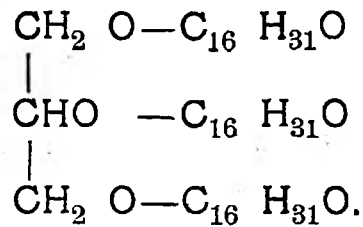
### В. Жиры.

Жиры стоятъ въ химическомъ отношеніи близко къ углеводамъ въ силу того факта, что составная часть жировъ, глицеринъ, можетъ быть приведена въ тѣсную связь съ группой сахаровъ. Жиры являются эфирами трехатомнаго спирта глицерина:



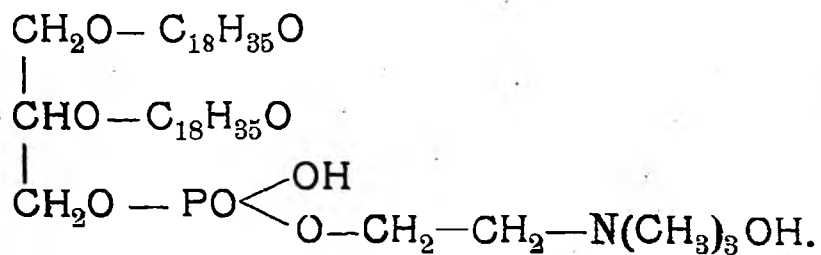
который, въ свою очередь, можетъ быть полученъ путемъ возстановленія глицериналдегида. Если три алкогольныхъ водородныхъ атома глицерина будутъ замѣщены остатками высшихъ жирныхъ кислотъ, каковы пальмитиновая, стеариновая или олеиновая кислота, то получатся нейтральные эфиры глицерина, жиры. Естественные жиры являются по большей части смѣсями этихъ эфировъ, кото-

рые по образующимъ ихъ жирнымъ кислотамъ называются трипальмитиномъ, тристеариномъ и триолеиномъ. Трипальмитинъ имѣетъ слѣдующій составъ:



Реакція жировъ, имѣющая въ животномъ организмѣ очень важное значеніе, есть ихъ омыленіе. Последнее состоитъ въ отщепленіи глицерина отъ жирныхъ кислотъ подѣ влияніемъ щелочей, которыя образуютъ съ жирными кислотами растворимыя щелочныя соли или мыла. Такое омыленіе происходитъ подѣ влияніемъ опредѣленныхъ, вырабатываемыхъ организмомъ, веществъ, — л и п а з ь; объ этомъ мы будемъ еще говорить ниже. Въ природѣ часто встрѣчаются также и фосфорсодержащіе жиры, составленные такимъ образомъ, что только двѣ спиртовыхъ группы глицерина замѣщены эфирами жирныхъ кислотъ, тогда какъ въ третью группу введенъ фосфорсодержащій комплексъ. Этимъ жироподобнымъ веществамъ даютъ общее названіе ф о с ф а т и д о в ъ. Ихъ важнѣйшими представителями являются л е ц и т и н ы.

Наиболѣе распространенный лецитинъ содержитъ, кромѣ стеариновой кислоты, еще фосфорсодержащій х о л и н ъ и соотвѣтствуетъ формулѣ:



**Холинъ** есть органическое основаніе, стоящее въ связи съ аммоніевыми соединеніями. Надо упомянуть еще въ качествѣ жироподобнаго вещества **холестеринъ**, необыкновенно широко распространенный въ природѣ, функція котораго намъ, однако, неизвѣстна. Онъ представляетъ собой гидроароматическое соединеніе и химически близокъ къ встрѣчающимся равнымъ образомъ въ клѣткахъ **терпенамъ** <sup>1)</sup>.

### **С. Бѣлковыя вещества.**

Бѣлковыя вещества характеризуются, какъ группа близкихъ другъ къ другу тѣлъ, рядомъ общихъ реакцій. Важнѣйшія изъ этихъ реакцій таковы: расщепленіе кислотами съ поглощеніемъ воды, гидролизъ, который приводитъ къ образованію **альбумозъ**, **пептоновъ** и, наконецъ, **аминокислотъ**, и способность давать только **коллоидныя** растворы, т. е. такіе, которые не могутъ проникать или диффундировать черезъ животную перепонку. Существуютъ, далѣе, еще нѣкоторыя реакціи, свойственныя всѣмъ бѣлковымъ веществамъ и стоящія въ связи, съ одной стороны, съ тѣмъ обстоятельствомъ, что бѣлковыя вещества являются производными **аминокислотъ**, а съ другой,—съ ихъ необыкновенно большимъ молекулярнымъ вѣсомъ. Подробное разсмотрѣніе всѣхъ этихъ реакцій завело бы насъ слишкомъ далеко; мы упомянемъ только о важнѣйшихъ, имѣющихъ общее значеніе.

Бѣлковыя вещества содержатъ элементы **C, H, O, N** и **S**, количества которыхъ у различныхъ бѣлковыхъ веществъ колеблются въ довольно значительныхъ предѣлахъ, а именно:

---

<sup>1)</sup> Особенно же къ составнымъ частямъ различнаго рода растительныхъ смоль. *Ред.*

С отъ 50—55%, Н отъ 6,5—7,3%, N отъ 15—17,6%.  
О отъ 19—24%, S отъ 0,3—2,4%. Въ строеніи бѣл-  
ковой молекулы часто принимаютъ участіе и другіе  
элементы, особенно желѣзо и фосфоръ.

Строеніе бѣлковыхъ веществъ въ подробностяхъ  
еще неизвѣстно; мы знаемъ только, что они предста-  
вляютъ комплексы различныхъ аминокислотъ. Поэтому  
мы вынуждены классифицировать бѣлковыя вещества  
по внѣшнимъ признакамъ. Такими признаками явля-  
ются происхожденіе, растворимость, осаждаемость и  
способность къ коагуляціи или свертыванію. Далѣе,  
различаютъ доставляемыя природой, первоначальныя  
или натуральныя бѣлковыя вещества или альбумины  
отъ продуктовъ ихъ превращенія, кислыхъ или ще-  
лочныхъ производныхъ, уже свернувшихся бѣлковыхъ  
веществъ и ихъ первыхъ гидролитическихъ продуктовъ  
расщепленія, альбумозъ и пептоновъ, которые  
всѣ обнаруживаютъ еще типическія реакціи бѣлковъ.  
Протеиды могутъ быть расщеплены на бѣлокъ и  
второй органической компонентъ (составную часть);  
къ нимъ принадлежитъ красящее вещество крови,  
гемоглобинъ. Нуклеопротеиды, встрѣчаю-  
щіеся въ клѣточномъ ядрѣ, содержатъ, кромѣ остатка  
бѣлка, фосфоръ и пуриновыя основанія  
(см. дальше), а часто также и группу углеводовъ.

Альбуминоидами называютъ нерастворимыя  
бѣлковыя вещества, участвующія въ строеніи организма  
животныхъ; къ нимъ принадлежатъ эластинъ,  
основное вещество эластической ткани, кератинъ,  
встрѣчающіеся въ волосахъ, ногтяхъ, копытахъ и  
рогахъ, и коллагены соединительной ткани хря-  
щей и костей, которые кипяченіемъ съ водой могутъ  
быть переведены въ разные виды клея, напр., въ  
глютинъ и желатинъ. Наилучшее понятіе о



составѣ бѣлковъ мы получаемъ путемъ ихъ полнаго гидролиза, который при продолжительной обработкѣ кислотами приводитъ къ строительнымъ элементамъ бѣлковой молекулы, — аминокислотамъ.

Главнѣйшія аминокислоты, получающіяся изъ бѣлковъ, таковы:

гликоколль, глицинъ или аминоексусная кислота,  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ,

аланинъ или аминопропіоновая кислота,  $\text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{COOH}$ ,

лейцинъ или аминоиобутилуксусная кислота,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHNH}_2\text{COOH}$ ,

аспарагиновая или аминоянтарная кислота,  $\text{COONCHNH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ,

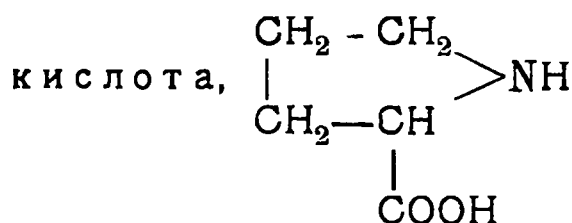
глутаминовая или аминоглутаровая кислота,  $\text{COONCHNH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ,

орнитинъ или діаміновалеріановая кислота,  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ,

лизинъ или діамінокапроновая кислота,  $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHNH}_2\text{COOH}$ ,

тирозинъ или оксифениламинопропіоновая кислота,  $\text{C}_6\text{H}_4\text{ONCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ,

пролинъ или пирролидинкарбоновая

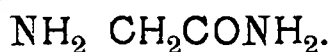


цистинъ или дітіодіаміномолочная кислота  $[-\text{SCH}_2\text{CHNH}_2\text{COOH}]_2$

Полагаютъ, что аминокислоты содержатся въ бѣлковыхъ молекулахъ въ самыхъ разнообразныхъ

комбинаціяхъ, приче́мъ онѣ соединяются между собой при помощи такъ называемой а м и д н о й связи.

Амиды, точне́е, амиды кислотъ характеризуются тѣмъ, что въ ихъ составъ входитъ группа— $\text{CONH}_2$ . Въ послѣдней водородъ, соединенный съ азотомъ, можетъ быть замѣщенъ органическимъ остаткомъ. Если одинъ атомъ водорода будетъ замѣщенъ группой R, то получаютъ соединенія типа— $\text{CONH—R}$ . Амидъ гликоколла, простѣйшій амидъ аминокислотъ, имѣеть составъ:



Если на мѣсто одного амиднаго водорода вступаетъ въ качествѣ замѣстителя остатокъ R одной изъ дальнѣйшихъ аминокислотъ, то возникаютъ п е п т и д ы <sup>1)</sup>, простѣйшимъ представителемъ которыхъ является образованный изъ двухъ молекулъ гликоколла г л и ц и л г л и ц и н ъ.

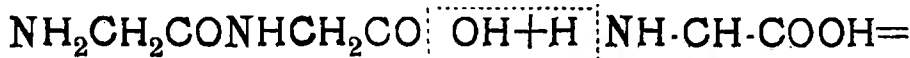


Но карбоксильная группа —  $\text{COOH}$  опять таки можетъ быть съ помощью амміака превращена въ карбамидную группу— $\text{CONH}_2$  и снова соединена съ дальнѣйшими аминокислыми остатками. Напр.




---

<sup>1)</sup> Систематическими изслѣдованіями въ области синтеза пептидовъ—простѣйшихъ бѣлковыхъ веществъ—мы обязаны знаменитому нѣмецкому химику Эмилю Фишеру. Ему же принадлежатъ не менѣе важныя синтезы сахаристыхъ веществъ и производныхъ пурина. *Ред.*



глицилглицинъ



глицилглицилаланинъ.

Синтетическимъ путемъ уже получены пептиды, содержащiе не менѣе 18 молекулъ аминокислотъ. Такiе пептиды обнаруживаютъ свойства естественныхъ бѣлковыхъ веществъ въ томъ отношенiи, что они гидролитически расщепляются кислотами, основанiями и нѣкоторыми энзимами <sup>1)</sup> (т. е. особыми продуктами, которые вырабатываются живыми организмами и играютъ въ нихъ большую, но еще не вполне выясненную роль) и при этомъ расщепленiи даютъ содержащiяся въ нихъ аминокислоты.

Любопытно сравнить составъ важнѣйшихъ бѣлковыхъ веществъ, опредѣливъ природу и количество возникающихъ при ихъ гидролизѣ аминокислотъ. Нѣкоторыя данныя о важнѣйшихъ бѣлковыхъ веществахъ собраны въ нижеслѣдующей таблицѣ:

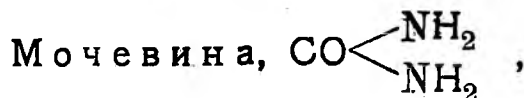
Казеинъ. Альбуминъ кровя- Кератинъ  
ной сыворотки.

	%	%	%
Гликоколль	0	0	4.7
Аланинъ	0.9	2.7	1.5
Лейцинъ	10.5	20.0	7.1
Пролинъ	3.1	1.0	3.4
Цистинъ	0.06	2.3	0.6
Тирозинъ	4.5	2.1	3.2

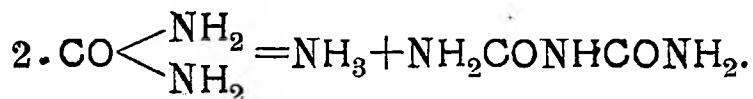
1) Энзимы или ферменты играютъ въ прижизненныхъ

## D. Производныя углекислоты.

Мы должны еще вкратцѣ остановиться на азотсодержащихъ веществахъ, которыя имѣютъ значеніе въ качествѣ послѣднихъ или промежуточныхъ продуктовъ біологическаго распада бѣлковъ, большей частью связаннаго съ окисленіемъ.

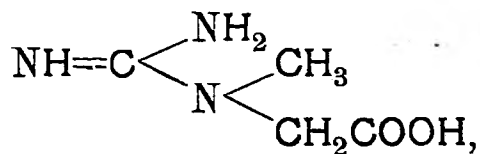


важнѣйшій азотсодержащій конечный продуктъ животнаго обмѣна веществъ, получается искусственно путемъ изомеризаціи <sup>1)</sup> и зоціаново кислаго аммонія  $\text{OCNNH}_4$  (синтезъ Велера) и при нагрѣваніи переходитъ съ выдѣленіемъ амміака въ біуретъ:



Въ животномъ организмѣ мочевиная возникаетъ путемъ распада бѣлка, а также синтетически изъ углекислоты и амміака, преимущественно въ печени.

Дальнѣйшими важными веществами, химически близкими къ мочевиной, являются: содержащійся у животныхъ въ мускулахъ, крови и т. д. креатинъ

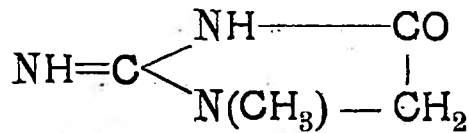


метилгуанидинуксусная кислота и

химическихъ процессахъ роль ускорителей или, какъ говорятъ, катализаторовъ (см. ниже). *Ред.*

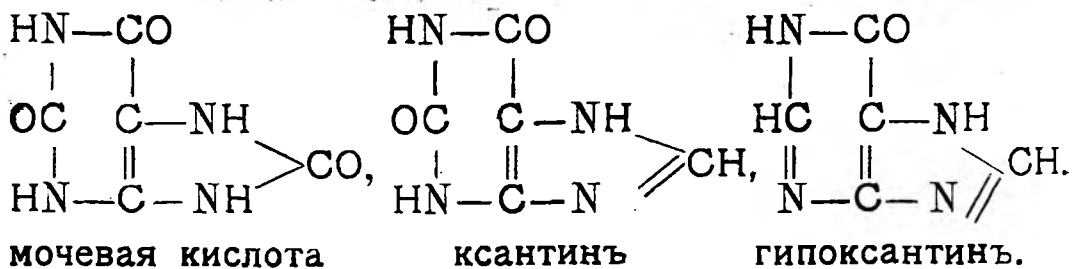
<sup>1)</sup> Т. е. перегруппировка атомовъ образующихъ данную молекулу. *Ред.*

содержащійся въ мочѣ, образующійся изъ креатина путемъ потери воды к р е а т и н и н ъ .



Большое значеніе для животнаго обмѣна веществъ имѣютъ пурины, къ которымъ принадлежатъ мочева я кислота и рядъ основныхъ веществъ, пуриновыхъ основаній. И эти вещества обязаны своимъ возникновеніемъ распаду бѣлковъ, главнымъ образомъ нуклеиновъ. Разстройства въ выдѣленіи мочево й кислоты сопровождаются болѣзненными явленіями артрита (воспаленія суставовъ).

Формулы мочево й кислоты и двухъ пуриновыхъ основаній, ксантина и гипоксантина, таковы:



Синтетически мочева я кислота можетъ быть получена путемъ сплавленія аминокусусной кислоты или гликоколла съ мочевиной.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### К Л Ъ Т К А.

#### 1. Клѣтка; химическія и физическія орудія ея дѣятельности.

Элементарнымъ живымъ организмомъ животнаго и растенія является клѣтка. Въ отдѣльныхъ живыхъ клѣткахъ совершаются реакціи, которыя потомъ повторяются и въ организмѣ, какъ цѣломъ, часто въ болѣе сложной и видоизмѣненной формѣ. Попытки проникнуть въ химическую дѣятельность клѣтки, наблюдая простѣйшія одноклѣточные живыя существа животнаго и растительнаго характера, такъ называемыхъ простѣйшихъ, до сихъ поръ находятся лишь въ начальной стадіи. Это происходитъ (не говоря о малыхъ размѣрахъ такого рода объектовъ и сложности условій ихъ наблюденія), главнымъ образомъ, потому, что какъ разъ въ химическомъ отношеніи важнѣйшія вещества—бѣлки—являются не вполне еще для насъ ясными. Клѣтка представляетъ собой въ большинствѣ случаевъ микроскопически малую капельку, которая сохраняетъ свою форму благодаря кожицѣ или оболочкѣ и обладаетъ измѣнчивымъ внутреннимъ строеніемъ — ядромъ и волокнами (рис. 1). Въ жидкой капелькѣ въ связи съ окру-

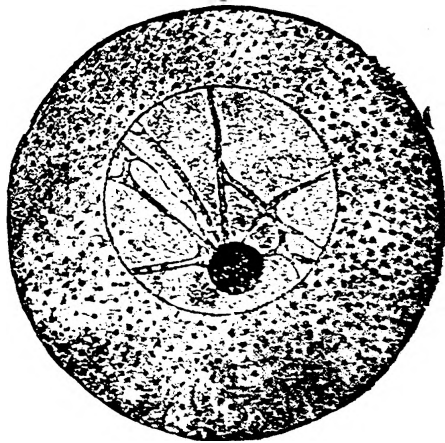


Рис. 1. Клѣтка (яйцевая).

жающей ее внѣшней средой совершаются тѣ реакціи, которыя характеризуютъ жизнь; иными словами, клѣтка обладаетъ способностью принимать въ себя тѣ или иныя вещества, химически видоизмѣнять ихъ, выбрасывать ненужное ей, словомъ, производить работу обмѣна веществъ. Она обладаетъ способностью размножаться (въ простѣйшей формѣ путемъ дѣленія), далѣе, расти и умирать. О химическихъ процессахъ, совершающихся при всѣхъ этихъ жизненныхъ явленіяхъ, мы не имѣемъ еще совершенно полныхъ свѣдѣній. Только въ послѣднее время предприняты нѣкоторыя попытки изслѣдовать физическія условія, сопровождающія химическія и физиологическія преобразованія, — условія, которыя стоятъ въ тѣсной связи съ физической и химической природой клѣточной оболочки. Дѣло въ томъ, что, хотя эта оболочка и составляетъ границу внутренняго организма клѣтки, но она представляетъ собой не плотную, непроницаемую стѣнку, но обладаетъ избирательной проницаемостью (т. е. проницаемостью только для опредѣленныхъ веществъ) или, какъ говорятъ полупроницаемостью. Такое свойство даетъ клѣткѣ возможность выполнять функцію клѣточного обмѣна веществъ, т. е. пропускать въ клѣтку важныя для ея жизни вещества, не позволять имъ уходить оттуда послѣ ихъ преобразованія, а ненужные продукты реакціи, оставшіеся послѣ такого рода превращеній, выталкивать обратно. Насколько важно изученіе всѣхъ этихъ условій для познанія жизненныхъ процессовъ, ясно изъ изслѣдованій американскаго физиолога Ж. Леба; послѣднему удалось вызвать развитіе неоплодотворенныхъ яицъ низшихъ животныхъ, т. е. возможно болѣе простыхъ клѣточныхъ организацій (онъ выбиралъ для своихъ опытовъ яйца морскихъ

ежей) просто тѣмъ, что онъ помѣщалъ ихъ въ жидкости опредѣленнаго состава, напр., въ растворы солей. Переходъ опредѣленныхъ веществъ изъ солянаго раствора во внутренность клѣтки вызывалъ развитіе послѣдней, такъ что съ помощью чисто химическихъ раздраженій достигалось развитіе яйца до высшей личиночной стадіи.

## II. Э н з и м ы.

Реакціи, совершающіяся въ живомъ организмѣ, существенно отличаются по своему характеру отъ происходящихъ при искусственныхъ условіяхъ. Онѣ, съ одной стороны, гораздо сложнѣе послѣднихъ, а съ другой, при сравнительно низкой температурѣ, какою представляется температура живого организма, онѣ идутъ съ такой скоростью и въ такомъ направленіи, что въ искусственныхъ условіяхъ если и могутъ быть воспроизведены, то лишь при помощи чрезвычайно сильно дѣйствующихъ химическихъ агентовъ; сверхъ того, онѣ подчиняются нѣкоторой регулирующей силѣ, мѣстопробываніемъ которой является самый организмъ и которая нормальнымъ образомъ направляетъ реакціи такъ, чтобы онѣ служили высшей задачѣ живого организма, — поддержанію его жизни. Слѣдовательно, онѣ какъ будто подчинены нѣкоторой цѣлесообразной волѣ. Это обстоятельство и послужило прежде всего поводомъ для того, чтобы выдѣлить происходящія въ живомъ организмѣ реакціи въ особую категорію, въ отличіе отъ обычныхъ физическихъ и химическихъ процессовъ, отвергнуть ихъ зависимость отъ общихъ физическихъ законовъ и приписать ихъ происхожденіе дѣйствию присущей организму особой жизненной силы.



Но такое представлѣніе сдѣлало бы невозможнымъ естественнаучное изученіе всѣхъ этихъ явленій; въ самомъ дѣлѣ, если мы ставимъ ихъ внѣ химическихъ законовъ, то тѣмъ самымъ признаемъ, что имъ невозможно дать научное объясненіе. Хотя на самомъ дѣлѣ мы еще весьма далеки отъ такого объясненія, однако, если мы сможемъ дать проблемѣ надлежащую постановку, то окажется, что происходящія въ живомъ организмѣ процессы можно подвести одинъ за другимъ подъ общіе законы природы. А чтобы дать проблемѣ такую постановку, надо прежде всего задать себѣ слѣдующіе вопросы: какими приспособленіями обладаетъ организмъ для того, чтобы вызывать опредѣленныя реакціи и управлять ихъ ходомъ? Отъ какихъ физическихъ и химическихъ факторовъ зависитъ дѣятельность этихъ приспособленій? Только послѣ того, какъ эти вопросы будутъ разрѣшены, мы можемъ приступить къ слѣдующему, а именно, какимъ путемъ возникли и возникаютъ такія приспособленія въ организмѣ?

Для того, чтобы поближе подойти къ затронутымъ вопросамъ, мы нѣсколько подробнѣе рассмотримъ совершающіеся въ живомъ организмѣ процессы, и прежде всего процессъ пищеваренія въ желудкѣ. Способность къ саморегулированію живого организма выражается въ томъ, что происходящія въ немъ химическіе процессы какъ по скорости своего теченія, такъ и по своему объему точно приспособляются къ жизненнымъ условіямъ организма. Мы знаемъ, что часть углеводовъ сжигается для поддержанія температуры тѣла, для выполненія произвольныхъ и непроизвольныхъ движеній въ организмѣ. Мы видимъ, что другая часть углеводовъ, несмотря на присутствіе тѣхъ же самыхъ окислителей, не сжигается, но откладывается

и накапливается въ организмѣ въ качествѣ запаснаго матеріала. Бѣлки перевариваются и всасываются въ желудкѣ и въ кишечникѣ. Но въ то же время бѣлокъ живыхъ клѣтокъ защищенъ отъ всякаго рода перевариванія и окисленія. Растворенный въ крови кислородъ, являющійся весьма сильнымъ окислителемъ, течетъ вмѣстѣ съ кровью по всему организму, и все же легко окисляемая ткани, обильно орошаемая этой, содержащей кислородъ, кровью, оказываются къ нему нечувствительными. Для того, чтобы подойти къ этимъ запутаннымъ отношеніямъ и понять ихъ, существуетъ единственный научный приѣмъ: нужно поискать болѣе простыхъ случаевъ, въ которыхъ проявляется такая же способность къ регулированію химическихъ процессовъ. Мы можемъ точнѣе формулировать занимающій насъ вопросъ, указавъ на то, что скорость теченія химическихъ реакцій можетъ быть регулируема въ довольно широкихъ предѣлахъ. Безконечно малая скорость реакціи практически равнозначна съ полной пріостановкой химическаго процесса. Начиная съ этого нулевого пункта мы можемъ вообразить себѣ всевозможныя градаціи скорости вплоть до взрывчатого характера реакціи. Можемъ ли мы въ случаѣ простыхъ реакцій вліять на ихъ скорость, и если да, то какими средствами?

Уже давно извѣстно, что нѣкоторыя реакціи совершаются только въ присутствіи опредѣленнаго вещества, которое, повидимому, не принимаетъ никакого участія въ самой реакціи; иногда удивительнымъ образомъ бываетъ, достаточно слѣдовъ этого, обуславливающаго реакцію, вещества, чтобы получить крупныя измѣненія участвующихъ въ реакціи агентовъ. Такъ, металлическое желѣзо въ совершенно сухомъ воздухѣ, несмотря на присутствіе кислорода, совсѣмъ

не будетъ окисляться, какъ бы долго мы ни подвергали его дѣйствию кислорода. Но достаточно ничтожнѣйшихъ слѣдовъ воды, чтобы вызвать ржавленіе желѣза, причемъ этотъ процессъ окисленія будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока будутъ присутствовать желѣзо и кислородъ, тогда какъ ничтожные слѣды воды, присутствіе которыхъ является необходимымъ условіемъ реакціи, остаются неизмѣнными какъ по количеству, такъ и по составу, и, по видимому, не принимаютъ вообще никакого участія въ реакціи. Вотъ еще примѣръ. Если мы будемъ сжигать сѣру на воздухѣ, то образуется сѣрнистая кислота (точнѣе, сѣрнистый ангидридъ)  $SO_2$ , низшая ступень окисленія сѣры. Путемъ дальнѣйшаго присоединенія кислорода къ этому веществу мы получимъ соединеніе  $SO_3$ , дающее вмѣстѣ съ водой сѣрную кислоту и потому называемое ангидридомъ сѣрной кислоты. Этотъ ангидридъ нельзя получить прямо изъ сѣрнистой кислоты и кислорода, даже если мы будемъ долго держать вмѣстѣ оба газа (сѣрнистая кислота также представляетъ собой газъ) при высокой температурѣ. Но если къ смѣси этихъ газовъ присоединить слѣды металлической платины, то превращеніе въ ангидридъ сѣрной кислоты происходитъ съ большой скоростью съ повышеніемъ температуры до  $300-400^\circ$ , такъ что это явленіе могло быть положено въ основаніе новаго способа производства сѣрной кислоты.

Уже въ первую половину прошлаго столѣтія такія явленія наблюдалъ знаменитый шведскій изслѣдователь Берцеліусъ и описалъ ихъ подъ названіемъ контактныхъ явленій (явленій соприкосновенія), въ томъ предположеніи, что существеннымъ условіемъ для наступленія реакціи является соприкосновеніе.

реагирующихъ веществъ съ тѣмъ, которое не принимаетъ участія въ реакціи. Не вдаваясь въ обсужденіе причины этихъ явленій, можно сказать въ общей формѣ, что присутствіе контактныхъ веществъ вызываетъ реакцію, и потому ихъ называютъ катализаторами, т. е. возбудителями. Самую реакцію, которая происходитъ подъ вліяніемъ катализаторовъ, называютъ каталитической реакціей. Слѣдовательно, на основаніи наблюдаемыхъ явленій катализаторы можно опредѣлить слѣдующимъ образомъ: катализаторы представляютъ собою вещества, которыя, не принимая, повидимому, никакого участія въ реакціи, имѣютъ рѣшающее вліяніе на ея скорость. При дальнѣйшемъ ходѣ научнаго изслѣдованія этихъ вопросовъ мы узнали и такіе катализаторы, которые могутъ также тормозить и замедлять реакціи. Слѣдовательно, и простыми лабораторными средствами можно въ извѣстномъ смыслѣ регулировать химическія реакціи. Для того, чтобы поглубже проникнуть въ проблему катализа, надо познакомиться съ тѣми законами и возможностями, которые позволяютъ намъ добиваться извѣстнаго ускоренія или замедленія реакцій; ясно, что, пріобрѣтя такія познанія, мы можемъ уже съ надеждой на успѣхъ приступить къ болѣе сложной проблемѣ, которую представляетъ собой теченіе реакцій въ живомъ организмѣ. Мы увидимъ, что и этотъ послѣдній весьма широко пользуется помощью катализаторовъ, чтобы, соотвѣтственно своимъ потребностямъ, возбуждать тѣ или иныя реакціи, ограничивать ихъ скорость или, какъ кажется, совсѣмъ ихъ приостанавливать.

Характернымъ свойствомъ катализаторовъ является ихъ способность производить въ крайне небольшихъ

количествахъ весьма значительныя преобразованія, причемъ сами они при ходѣ реакціи не потребляются. Такое же свойство мы встрѣчаемъ у весьма многихъ тѣлъ, которыя или сами являются живыми организмами, или происходятъ отъ таковыхъ. Однимъ изъ старѣйшихъ и извѣстнѣйшихъ примѣровъ такого рода явленій представляется спиртовое броженіе сахара, при которомъ присутствіе незначительнаго количества низшихъ грибовъ, именно, дрожжевыхъ грибовъ, вызываетъ разложеніе большихъ количествъ сахара на спиртъ и углекислоту. Дрожжевой грибокъ при этомъ очень долго сохраняетъ свою способность къ такому дѣйствию, и если его освободить отъ ядовитаго дѣйствія все увеличивающейся массы спирта, то онъ можетъ перебразивать все новыя и новыя количества сахара. Слѣдовательно, здѣсь мы встрѣчаемъ у живого организма тѣ самыя свойства, которыя обнаруживаетъ при процессѣ ржавленія желѣза вода, а при образованіи сѣрнаго ангидрида — платина. Поэтому мы, по крайней мѣрѣ, формально, вправѣ говорить о дѣйствии дрожжевого грибка, какъ о каталитической.

Въ желудочномъ сокѣ происходитъ расщепленіе нерастворимыхъ бѣлковыхъ веществъ, благодаря которому возникаютъ растворимые продукты, переходящіе затѣмъ въ органическіе соки тканей. Но такое превращеніе происходитъ только въ присутствіи вырабатываемаго слизистой оболочкой желудка вещества а именно, пепсина, который и внѣ желудка сохраняетъ способность переваривать бѣлковыя вещества. Такъ какъ дрожжевой грибокъ былъ названъ ферментомъ, т. е. возбудителемъ броженія, то вещества, которыя, подобно пепсину, въ извѣстномъ смыслѣ играютъ такую же роль, равнымъ образомъ получили

название ферментовъ, разницу же, состоящую въ томъ, что дрожжевая клѣтка представляетъ собой живой грибокъ, а пепсинъ — безжизненную субстанцію, выражаютъ тѣмъ, что первую называютъ организованнымъ, а послѣдній — неорганизованнымъ ферментомъ. Въ настоящее время мы знаемъ, что и въ организованныхъ ферментахъ дѣйствующими началами являются безжизненные вещества, въ родѣ пепсина, и потому всѣ такого рода вещества, не исключая и тѣхъ случаевъ, когда они, будучи связаны съ организованными ферментами, еще не получены отдѣльно отъ нихъ (такой случай представляютъ многія бактеріи) называютъ энзимами, т. е. веществами, возникающими въ живомъ организмѣ. Кромѣ пепсина, находящагося въ желудочномъ сокѣ, въ настоящее время почти изъ всѣхъ органовъ и органическихъ соковъ выдѣлены энзимы, каталитически дѣйствующіе на вполне опредѣленные химическія реакціи. Такъ, въ слюнкѣ находится вещество, называемое діастазой, которое имѣетъ свойство переводить крахмалъ въ сахаръ, въ крови находятся гемазы и оксалазы, регулируюція процессы сгаранія въ организмѣ, въ кишечникѣ — трипсинъ и эрепсинъ, при помощи котораго происходитъ часть процесса перевариванія бѣлка, въ различныхъ органахъ — энзимы, расщепляющіе жиры и называемые липазами, далѣе, цѣлый рядъ энзимъ въ печени, желчи, панкреатической железѣ и т. д.

Мы должны съ особенной силой подчеркнуть одно свойство энзимовъ, необходимое для пониманія того богатства вспомогательныхъ средствъ, которое предоставила природа въ распоряженіе живыхъ организмовъ. Каждый энзимъ приспособленъ только къ одной, совершенно опредѣленной реакціи и не оказываетъ

вліянія на реакції иного рода: поѣтому всякій хімі-  
ческій процесъ въ организмѣ обладаетъ своимъ  
собственнымъ регуляторомъ, а послѣдній кажется вы-  
браннымъ какъ разъ для того превращенія, которое  
нуждается въ регулированіи.

Если мы вызовемъ между двумя металлическими  
острѣями образованіе вольтовой дуги, подобно тому,  
какъ это имѣетъ мѣсто въ дуговыхъ лампахъ, то ме-  
таллъ будетъ испаряться при весьма высокой темпе-  
ратурѣ, которая можетъ достигать, приблизительно,  
3000°. Мы можемъ вызвать образованіе такой вольто-  
вой дуги и въ чистой водѣ, если приведемъ подъ во-  
дой почти въ соприкосновеніе концы металлическихъ  
прутьевъ, соединенныхъ съ источникомъ сильнаго  
электрическаго тока. Въ такомъ случаѣ металлъ такъ же  
будетъ испаряться, какъ и на воздухѣ, но его пары  
будутъ тотчасъ же снова охлаждаться въ окружающей  
водѣ, и потому въ водѣ появится облачко изъ чрез-  
вычайно тонко измельченныхъ металлическихъ части-  
чекъ, находящихся во взвѣшенномъ состояніи. Такимъ  
образомъ возникаетъ родъ раствора металла въ водѣ,  
который, однако, по многимъ свойствамъ рѣзко отли-  
чается отъ обыкновенныхъ растворовъ, каковы рас-  
творы солей или сахара. Правда, отдѣльныя частички,  
образующія металлическое облачко, даже при сильныхъ  
увеличеніяхъ остаются невидимыми для глаза, однако,  
мы все же должны предполагать, что здѣсь мы имѣемъ  
передъ собой чрезвычайно тонко измельченныя взвѣ-  
шенныя частички (суспенсіи). Это доказывается  
тѣмъ, что такіе растворы металловъ не могутъ про-  
никать черезъ пергаментъ: черезъ поры послѣдняго  
проходитъ только вода, металлъ же Совсѣмъ не про-  
ходитъ, тогда какъ растворы солей или сахара без-  
препятственно проникаютъ черезъ такую перепонку

Мы знаемъ множество такихъ веществъ, которыя даютъ въ водѣ не настоящіе растворы, но необыкновенно тонко измельченныя взвѣшенныя частички. Къ такимъ веществамъ принадлежатъ всѣ бѣлки и всѣ энзимы. Такого рода растворы, не обладающіе способностью диффундировать черезъ животныя или растительныя перепонки, называютъ коллоидальными растворами. Электрическимъ путемъ мы можемъ получить коллоидальные растворы металловъ. Въ зависимости отъ характера металлическихъ прутьевъ, между которыми будетъ вызвано образованіе вольтовой дуги, мы легко можемъ получить коллоидальные растворы платины, золота, серебра и т. д. Между растворами энзимовъ и коллоидальными растворами металловъ замѣчаются поразительныя сходства, которыя въ немалой степени надо отнести на счетъ коллоидальнаго состоянія тѣхъ и другихъ. Во всѣхъ этихъ процессахъ рѣшающую роль играетъ чрезвычайно сильная раздробленность находящихся въ водѣ взвѣшенныхъ частичекъ, благодаря которой поверхность вещества, находящагося въ состояніи коллоидальнаго раствора, пріобрѣтаетъ громадную величину. Значеніе коллоидальныхъ растворовъ металловъ для пониманія дѣятельности энзимовъ состоитъ въ томъ, что они даютъ возможность сравнивать между собой законы, управляющіе и тѣмъ и другимъ кругомъ явленій.

Большая часть энзимовъ могутъ каталитически вліять на одну опредѣленную реакцію, и такое же свойство обнаруживаютъ и коллоидальные растворы металловъ. Мы говоримъ о реакціи разложенія перекиси водорода на воду и кислородъ:  $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{O}$ . При опредѣленныхъ условіяхъ перекись водорода сама по себѣ является постоянной, но послѣ прибавленія



небольшого количества какогонибудь энзима или коллоидального раствора металла она очень быстро разлагается каталитически, причемъ въ случаяхъ какъ того, такъ и другого процесса мѣриломъ скорости реакціи является количество выдѣлившагося въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени кислорода, такъ что мы имѣемъ возможность непосредственно сравнивать дѣйствіе разныхъ веществъ. При этомъ оказывается, что энзимы вообще подчиняются тѣмъ же законамъ скорости реакціи, какъ и коллоидальные металлы, и что, въ частности, въ способѣ дѣйствія на перекись водорода между ними нѣтъ различій. Но сходство между ними идетъ еще дальше, что въ общемъ обуславливается химической чувствительностью коллоидального состоянія. И для энзимовъ, и для коллоидальныхъ растворовъ металловъ существуетъ температурный оптимумъ (наилучшая температура) ихъ дѣйствія. И тѣ, и другіе теряютъ свою силу при температурахъ, близкихъ къ точкѣ кипѣнія воды, и тѣ и другіе могутъ быть на время «парализованы» или совсѣмъ «отравлены» одними и тѣми же веществами, т. е. могутъ на время или навсегда утратить свою каталитическую силу по отношенію къ  $H_2O_2$ , причемъ вещества эти, къ которымъ принадлежатъ анилинъ, синильная кислота, сулема, — оказываются ядами, отравляющими кровь живыхъ организмовъ. Энзимы, по всей вѣроятности, локализованы въ клѣткахъ или близъ клѣтокъ. Объ ихъ химической природѣ мы еще ничего не знаемъ, потому что получить ихъ въ чистомъ видѣ еще не удалось. Такъ какъ живому организму часто приходится защищать отъ химическихъ поврежденій тѣ или иныя свои части, необходимыя для его благосостоянія, то онъ обладаетъ большимъ количествомъ задерживающихъ катализаторовъ, анти-

энзимовъ. Такъ, содержащія бѣлокъ стѣнки желудка защищаются отъ переваривающаго дѣйствія пепсина антипепсиномъ. Точно такъ же чувствительныя къ кислороду клѣтки, которыя нуждаются въ защитѣ при соприкосновеніи съ содержащей кислородъ кровью, содержатъ энзимы, обладающіе свойствомъ отнимать у кислорода активность, т. е. способность къ окисляющему дѣйствию. Подробнѣе мы поговоримъ объ этомъ при обсужденіи функций крови.

### III. Диффузія и осмотическое давленіе.

Живой организмъ представляетъ по своей дѣятельности физикохимическій механизмъ необычайно сложнаго строенія. Хотя физическіе и химическіе процессы протекаютъ совмѣстно, въ тѣсной связи другъ съ другомъ, однако, для удобства обзрѣнія происходящихъ въ организмѣ явленій представляется цѣлесообразнымъ разсматривать тѣ и другіе отдѣльно. Мы приобрѣтемъ правильное представленіе о совершающихся въ организмѣ реакціяхъ, если, съ одной стороны, постараемся установить природу образующихъ организмъ веществъ, а съ другой, изучимъ тѣ видоизмѣненія, которымъ подвергается матеріаль самаго организма или тѣ вещества, которыя доставляются послѣднему. Физическая сторона біохимическихъ проблемъ заключается, во первыхъ, въ уясненіи опытныхъ условій, при которыхъ происходятъ химическія реакціи, то есть въ уясненіи физическаго состоянія организма, а во вторыхъ, въ изслѣдованіи физическихъ взаимоотношеній, которыя вызываются происходящими въ организмѣ процессами. Пограничная область, охватывающая одновременно и физическіе, и химическіе процессы, можетъ быть на-

звана физической біохиміей или физической химіей организма. Для того, чтобы нѣсколько яснѣе представить эти отношенія на простомъ примѣрѣ, рассмотримъ съ этой точки зрѣнія процессы, происходящіе въ клѣткѣ.

Жизнедѣятельность клѣтки связана съ опредѣленными матеріальными процессами, каковы поглощеніе и выдѣленіе извѣстныхъ веществъ, а также ростъ. Эти процессы необходимымъ образомъ выражаются въ образованіи новыхъ и разложеніи старыхъ химическихъ соединений. Здѣсь либо заимствуются или образуются изъ какихъ нибудь первоначальныхъ веществъ (пищи) новыя вещества, напр., бѣлки, углеводы, жиры, увеличивающія матеріаль организмъ и приводящія къ его росту, либо эти вещества разлагаются для полученія необходимой для жизни энергіи и превращаются въ какія либо иныя субстанціи. Такимъ путемъ изъ бѣлковъ образуются болѣе простыя органическія кислоты, напр., аминокислоты, а также соли аммонія, мочевины. Изъ углеводовъ и жировъ получается углекислота и вода. Всѣ эти превращенія, какъ синтетическаго, приводящаго къ усложненію, такъ и аналитическаго (разлагающаго) характера, относятся къ области чистой химіи. Условія же, при которыхъ возможны такія реакціи, часто зависятъ отъ факторовъ, которые не охватываются химической формулой. Такъ, и въ синтетическихъ, и въ аналитическихъ реакціяхъ, какъ мы только что говорили, участвуютъ катализаторы или энзимы, которые не содержатся ни въ первоначальномъ матеріалѣ, ни въ конечномъ продуктѣ самой химической реакціи. Ихъ присутствіе, однако же, является необходимымъ для хода реакціи: слѣдовательно, они относятся къ предварительнымъ условіямъ, которыми должна обладать среда для

того, чтобы реакція могла имѣть мѣсто. Такимъ образомъ, здѣсь дѣло идетъ о свойствѣ системы, имѣющемъ рѣшающее значеніе для химической реакціи, т. е. объ эмпирическомъ условіи для этой послѣдней, а не о ней самой. Но въ то же время связь между химической реакціей и физическимъ эмпирическимъ условіемъ настолько тѣсна, что мы не можемъ понять реакцію безъ сопровождающихъ ее необходимыхъ условій, а присутствіе этихъ условій можетъ найти себѣ объясненіе только въ ихъ цѣли, — въ химической реакціи. Поэтому мы имѣемъ полное право назвать изслѣдованіе этихъ условій, дѣлающихъ возможной самую реакцію, изученіемъ физикохимической стороны нашей проблемы.

Далѣе, въ клѣткѣ, которую мы можемъ представлять себѣ какъ бы плавающей въ питательномъ растворѣ солей, совершаются и другіе процессы, которые хотя и влекутъ за собой матеріальныя измѣненія клѣтки, однако же не обладаютъ характеромъ химическихъ реакцій. Такъ, напр., изъ питательнаго раствора солей нѣкоторыя вещества, не измѣняя своего состава, проникаютъ черезъ клѣточную оболочку внутрь клѣтки, другія же вещества переходятъ изъ клѣтки въ соляной растворъ. Такимъ путемъ химическій составъ клѣтки, конечно, видоизмѣняется, но не посредствомъ химической реакціи, а посредствомъ химическаго процесса, называемаго осмосомъ (странствованіемъ). И здѣсь связь между физической и химической стороной явленія настолько тѣсна, что весь процессъ мы можемъ понять только какъ одинъ цѣлостный физико-химическій процессъ. Но въ клѣткѣ, по видимому, совершаются и процессы чисто физическаго характера; такова механическая работа, къ которой клѣтка способна, конечно, благодаря энергіи, выдѣ-

ляемой химическими реакціями, а также электрическими явленіями, обнаруживающіяся въ различныхъ частяхъ болѣе сложныхъ организмовъ. Изъ этихъ соображеній явствуетъ вся обширность и сложность біохимической задачи дать, по возможности, полную картину совершающихся въ организмѣ реакцій.

Мы должны посвятить еще нѣскольکو словъ явленію диффузіи и нѣкоторымъ вызываемымъ ею процессамъ. Если мы осторожно помѣстимъ одинъ надъ другимъ два газа съ различными молекулярными вѣсами, напр., кислородъ и водородъ, тщательно избѣгая ихъ непосредственнаго смѣшенія, то все же очень скоро оба газа размѣстятся совершенно равномерно во всемъ занятомъ ими пространствѣ и дадутъ однородную смѣсь. Спустя короткое время содержаніе кислорода во всякой части занятого газовой смѣсью пространства окажется постояннымъ. Это явленіе, наступающее внѣ всякой зависимости отъ дѣйствія тяготѣнія, приписываютъ подвижности молекулъ, приводящей къ равномерному распредѣленію всѣхъ видовъ молекулъ. Называютъ его диффузіей.

Диффузію можно наблюдать не только въ газахъ, но и въ жидкостяхъ. Если, напр., мы помѣстимъ надъ слоемъ концентрированнаго соляного раствора слой чистой воды, то растворенныя частички соли, вопреки силѣ тяготѣнія, будутъ перемѣщаться въ чистую воду, и диффузія растворенной соли будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока не получится гомогенный, т. е. однородный растворъ. Вмѣсто чистой воды мы можемъ взять какой-нибудь другой концентрированный соляной растворъ или вообще водный растворъ какого-нибудь другого вещества. При этомъ должно быть соблюдено только то условіе, чтобы между составными частями образующагося путемъ диффузіи раствора не

могли происходить никакія химическія реакціи. Если мы будемъ избѣгать такихъ веществъ, которыя вступаютъ между собой въ реакцію, то, какіе бы водные растворы мы ни выбирали, мы всегда будемъ наблюдать процессъ диффузіи. Послѣдняя не ограничивается одними водными растворами, но происходитъ и при всякаго рода иныхъ растворителяхъ, если только послѣдніе перемѣшиваются между собой. Такъ, вода и спиртъ будутъ диффундировать, пока не образуютъ воднаго раствора, и то же явленіе будетъ происходить съ водными и спиртовыми растворами всякаго рода веществъ. Надо только выбирать такіе растворители, которые не могли бы осаждать одного или нѣсколькихъ изъ растворенныхъ веществъ. Въ природныхъ образованіяхъ можетъ находиться только вода или водные растворы, такъ что и мы ограничимся разсмотрѣніемъ лишь этихъ послѣднихъ.

Процессъ диффузіи будетъ происходить и въ томъ случаѣ, когда два различныхъ раствора будутъ отдѣлены другъ отъ друга пористой перегородкой, обладающей свойствомъ пропускать черезъ себя какъ воду, такъ и растворенныя въ ней вещества. Напримѣръ, если мы отдѣлимъ соляной растворъ отъ чистой воды перегородкой изъ пергамента, то соль будетъ до тѣхъ поръ проникать черезъ эту перегородку, пока по обѣимъ сторонамъ ея не получится растворъ одинаковой концентраціи. Такіе процессы можно вызывать и наблюдать въ діализаторѣ, который состоитъ изъ открытаго стекляннаго цилиндра, снизу закрытаго пористой перепонкой; цилиндръ этотъ погружается въ стеклянный сосудъ, такъ что между жидкостями, изъ которыхъ одна находится въ цилиндрѣ, а другая—во внѣшнемъ сосудѣ, будетъ происходить черезъ пористую перегородку диффузія (рис. 2). Та-

кой процессъ диффузіи черезъ перегородку называютъ осмосомъ (см. стр. 47). Такъ какъ клѣточная оболочка представляетъ собой во многихъ отношеніяхъ перегородку, допускающую диффузію, и такъ какъ, съ другой стороны, организмъ весь пропитанъ водными растворами различной концентрации, то понятно само собой, что процессъ диффузіи долженъ играть крупную роль въ біохиміи. Изъ общихъ законовъ диффузіи мы

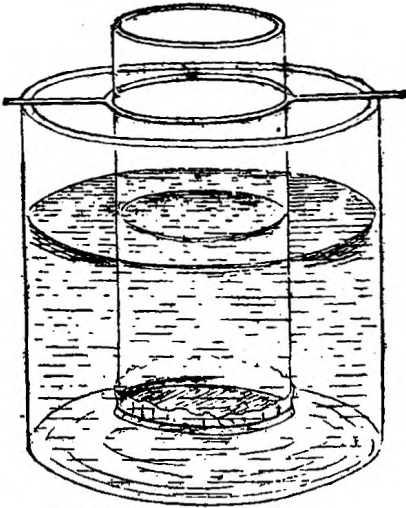


Рис. 2. Діализаторъ.

упомянемъ только объ одномъ, а именно, что процессъ диффузіи совершается тѣмъ скорѣе, чѣмъ больше паденіе концентрации, т. е. разница концентрации растворенныхъ веществъ по обѣ стороны перегородки.

Такъ какъ причиной диффузіи считаютъ подвижность находящихся въ растворѣ молекулъ, то отсюда вытекаетъ необходимое заключеніе, что эти молекулы

должны производить давленіе на перегородку, если послѣдняя не обладаетъ свойствомъ проницаемости для нихъ. Тогда выравниваніе концентрации будетъ уже невозможно, и перегородка будетъ чувствовать движенія молекулъ въ видѣ толчковъ или давленія. Это давленіе называютъ осмотическимъ. Мы не будемъ разсматривать управляющіе имъ законы, такъ какъ насъ интересуетъ здѣсь лишь слѣдующій вопросъ: при какихъ условіяхъ возникаетъ явленіе осмотическаго давленія въ клѣточныхъ комплексахъ и къ какимъ результатамъ оно можетъ приводить?

Ясно, что оно можетъ возникнуть только въ томъ

случаѣ, если раздѣляющая два раствора перегородка непроницаема для молекулъ раствореннаго вещества, но проницаема для воды. Мы можемъ обнаруживать давленіе по способности производящей давленіе системы увеличивать свой объемъ или занимаемое ею пространство. Если мы наблюдаемъ въ газахъ или жидкостяхъ способность къ увеличенію объема (разумѣется, если при этомъ не имѣетъ мѣста увеличеніе массы твердыхъ матеріаловъ, какъ, напр., въ случаѣ роста), то мы приписываемъ ее давленію той или иной величины. Слѣдовательно, если одинъ растворъ отдѣленъ отъ другого перегородкой, и молекулы перваго раствора производятъ большее давленіе, чѣмъ молекулы второго, то это давленіе должно обнаруживаться въ увеличеніи объема перваго раствора. Но это увеличеніе объема можетъ выразиться только въ томъ, что вода проникнетъ черезъ перегородку съ одной ея стороны на другую, а именно, изъ второго раствора въ первый. Слѣдовательно, необходимое условіе проявленія осмотическаго давленія состоитъ въ томъ, чтобы перегородка обладала свойствомъ быть проницаемой для воды, но непроницаемой для раствореннаго вещества. Если бы она была проницаема, то мы имѣли бы процессъ чистой диффузіи. Слѣдовательно, дѣйствіе осмотическаго давленія состоитъ какъ бы въ притягиваніи воды. Большая часть тканей и оболочекъ живаго организма являются въ вышеуказанномъ смыслѣ полупроницаемыми и потому обладаютъ необходимыми условіями для проявленія дѣйствія осмотическаго давленія.

Процессъ осмоса прекращается только тогда, когда по обѣ стороны перегородки установится равновѣсіе, т. е. одинаковое осмотическое давленіе. Такъ какъ воспринимаемая растительнымъ и животнымъ организмомъ твердая вещества нарушаютъ первоначальное



равновѣсіе между соками организма и находящимися въ нихъ клѣтками и такъ какъ это нарушеніе вновь устраняется благодаря работѣ осмотическаго давленія, то этому послѣднему принадлежитъ важная роль въ дѣлѣ регулированія жидкостей въ живомъ организмѣ.

Для ряда веществъ, напр., для нѣкоторыхъ солей и кислотъ, многія клѣточные оболочки проницаемы. Поэтому такого рода вещества могутъ быть поглощаемы организмомъ путемъ диффузіи. Однако, обусловливаемое этимъ повышеніе концентраціи вызываетъ увеличеніе осмотическаго давленія, которое должно быть урегулировано путемъ поглощенія воды или [отдачи другихъ веществъ, — пока въ организмѣ не установится снова состояніе равномѣрнаго осмотическаго давленія или изотонія.

Такимъ образомъ, диффузія и осмотическое давленіе образуютъ два важныхъ орудія передвиженія жидкостей и иныхъ веществъ въ живомъ организмѣ и, какъ таковыя, часто являются предварительными условіями наступленія біохимическихъ реакцій.

---

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### Ассимиляція углекислоты и азота.

Познакомившись съ общимъ значеніемъ біохимическихъ реакцій, а также съ орудіями, которыя природа предоставляетъ въ распоряженіе живого организма для управленія ими, мы должны теперь обратиться къ важнѣйшимъ изъ этихъ біохимическихъ реакцій.

Послѣднія съ точки зрѣнія закона сохраненія энергіи можно раздѣлить на два класса, а именно, на такія, которыя ведутъ къ накопленію энергіи, т. е. протекаютъ эндотермически, и на такія, которыя доставляютъ энергію организму, т. е. являются экзотермическими. Какъ уже упомянуто, первыя играютъ въ растительномъ организмѣ преобладающую роль, тогда какъ въ животномъ организмѣ онѣ занимаютъ подчиненное положеніе. Ихъ называютъ процессами ассимиляціи. У растений онѣ характеризуются тѣмъ, что ихъ исходными матеріалами являются продукты неорганическаго характера, происходящіе изъ воздуха и изъ почвы. Реакціи, имѣющія противоположное направленіе, или процессы диссимиляціи, порождаютъ энергію; поэтому ихъ главнымъ мѣстопробываніемъ является животный организмъ, хотя онѣ же играютъ важную роль и въ процессахъ потребленія энергіи растеніями.

Важнѣйшіе продукты жизнедѣятельности организмовъ, вырабатываемые процессами ассимиляціи,—углеводы, жиры и бѣлки,—являются исходными матеріа-

лами для реакцій диссимиляціи, конечные продукты которыхъ, въ зависимости отъ вида организма, въ которомъ онѣ происходятъ, могутъ быть весьма различны. Въ виду того, что дѣятельнымъ носителемъ необходимаго для процессовъ диссимиляціи кислорода у животныхъ является кровь, необходимо подробнѣе остановиться и на роли этой послѣдней.

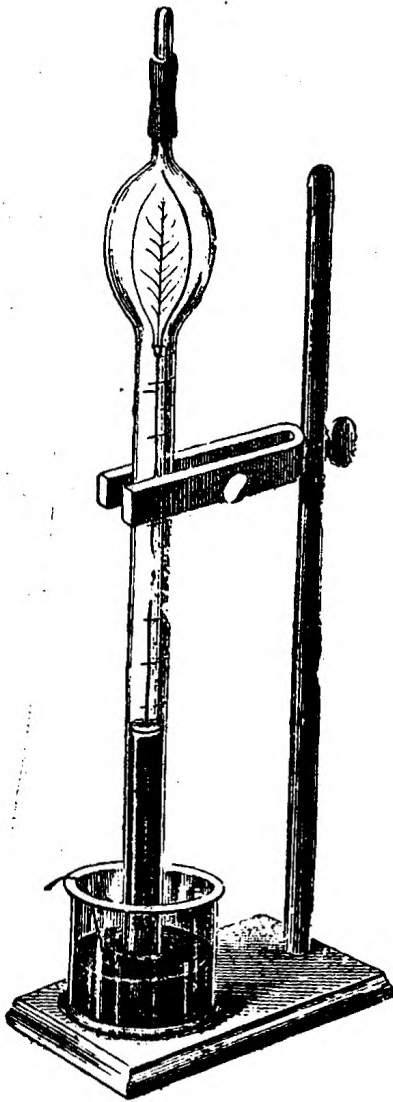


Рис. 3. Доказательство ассимиляціи углекислоты.

Въ виду того, что дѣятельнымъ носителемъ необходимаго для процессовъ диссимиляціи кислорода у животныхъ является кровь, необходимо подробнѣе остановиться и на роли этой послѣдней.

### I. Ассимиляція углекислоты.

Всѣмъ извѣстно, что растенія подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта поглощаютъ изъ воздуха углекислоту и выдѣляютъ вмѣсто нея кислородъ. Напротивъ, въ темнотѣ растенія поглощаютъ кислородъ и выдѣляютъ углекислоту. Первый изъ этихъ процессовъ называютъ ассимиляціей углекислоты. Обнаружить его можно съ помощью простаго лабораторнаго опыта (рис. 3). Въ стеклянную трубку, закрытую сверху, вносятъ довольно большой листъ и впускаютъ туда же достаточное количество углекислоты. Мы наполняемъ этимъ газомъ всю трубку, снизу открытую, и затѣмъ закрываемъ ее, погружая ее нижнимъ концомъ въ стаканъ съ ртутью. Если теперь мы выставимъ аппаратъ на нѣ-

сколько часовъ на солнце, то не замѣтимъ никакого измѣненія въ объемѣ газа; но химическое изслѣдованіе послѣдняго покажетъ, что углекислота совершенно исчезла, и ея мѣсто заступилъ другой газъ—кислородъ.

Такимъ образомъ, растеніе обладаетъ способностью поглощать на солнечномъ свѣтѣ углекислоту и выдѣлять кислородъ. Если мы перенесемъ наполненный углекислотой аппаратъ въ темное помѣщеніе, то никакого поглощенія углекислоты не послѣдуетъ, и даже, наоборотъ, объемъ углекислоты увеличится.

Первымъ продуктомъ, образованіе котораго можно обнаружить въ растеніи при поглощеніи углекислоты, является крахмалъ, который, такимъ образомъ, можно назвать первымъ продуктомъ ассимиляціи у растений (рис. 4).

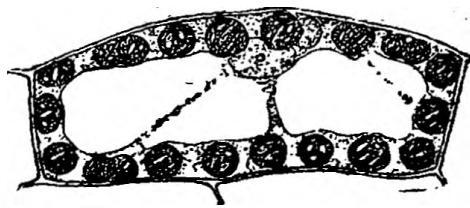
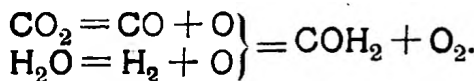


Рис. 4. Крахмалъ въ зернышкахъ хлорофилла.

Химическія реакціи, при помощи которыхъ углекислота переходитъ въ крахмалъ, для насъ еще не вполне ясны. Крахмалъ представляетъ собой углеводъ, иными словами, онъ содержитъ углеродъ въ химической связи съ элементами воды. Поэтому вода, несомнѣнно, должна участвовать въ реакціи, а углекислота должна при этомъ терять часть содержащагося въ ней кислорода. Такимъ образомъ, химическій процессъ ассимиляціи надо приписать возстановленію углекислоты при содѣйствіи воды. Къ углеводамъ принадлежатъ всѣ виды сахара. Представляется вѣроятнымъ, что, хотя крахмалъ является первымъ видимымъ продуктомъ ассимиляціи, но построение этого, сравнительно, сложнаго соединенія быстро проходитъ черезъ

нѣсколько промежуточныхъ стадій, прежде всего, черезъ разные виды сахара. Последніе же чрезвычайно легко получаютъ изъ весьма простаго содержащаго углеродъ соединенія, формалдегида  $\text{CH}_2\text{O}$  (стр. 00), такъ что высказанная знаменитымъ химикомъ Бэйеромъ и подтвержденная удачными опытами гипотеза, что промежуточнымъ продуктомъ, быстро подвергающимся дальнѣйшему превращенію, является въ процессѣ ассимиляціи формалдегидъ, представляется весьма правдоподобной. Если вторичнымъ процессомъ мы будемъ считать соединеніе нѣсколькихъ молекулъ формалдегида въ углеводъ, напр., въ сахаръ или крахмалъ, то первымъ вопросомъ химическаго характера будетъ слѣдующій: какимъ путемъ возникаетъ изъ углекислоты и воды формалдегидъ? Согласно опытамъ, произведеннымъ при условіяхъ, близкихъ къ естественнымъ условіямъ ассимиляціи, процессъ этотъ можно понимать такимъ образомъ, что при этомъ происходитъ одновременное расщепленіе углекислоты на окись углерода и кислородъ, и расщепленіе воды на водородъ и кислородъ, причемъ окись углерода непосредственно соединяется съ водородомъ и даетъ формалдегидъ:



Изъ этой формулы и безъ дальнѣйшихъ поясненій ясно, что возникающій при ассимиляціи объемъ кислорода долженъ быть равенъ поглощаемому объему углекислоты. Соединеніе молекулъ или полимеризація формалдегида, который въ растеніяхъ находится не въ свободномъ состояніи, но, вѣроятно, связаннымъ съ бѣлкомъ или съ другими продуктами, можетъ привести ко всевозможнымъ сахаристымъ веществамъ,

распространеннымъ въ растительномъ царствѣ, какъ, напр.,  $6(\text{CH}_2\text{O}) = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 =$  фруктовому или виноградному сахару. Изъ этихъ гексозъ, обладающихъ шестью атомами углерода, образуются затѣмъ удаленіемъ воды высшіе углеводы, каковы тростниковый сахаръ, крахмалъ и другіе.

Чтобы уяснить себѣ экспериментальныя основанія въ пользу допущенія такого рода процесса, ведущаго къ образованію изъ неорганическихъ составныхъ частей атмосферы первыхъ органическихъ соединений, необходимо нѣсколько ближе ознакомиться и съ физической стороной процесса ассимиляціи. Этотъ процессъ совершается въ зеленыхъ частяхъ растенія, внутри органовъ ассимиляціи или хлоропластъ. Хлоропласты представляютъ собой клѣтки, въ которыхъ содержится зеленое красящее вещество, хлорофиллъ (рис. 4). Крахмалъ могутъ строить только живыя хлоропласты при поглощеніи свѣтовой энергіи, мертвыя растенія и хлорофиллъ, отдѣленный отъ хлоропластъ, уже не обладаютъ этой способностью.

Весьма естественной представлялась мысль изслѣдовать прежде всего, нельзя ли установить экспериментальнымъ путемъ отношенія между хлорофилломъ и свѣтовыми лучами, выражающіяся въ красящихъ свойствахъ этого вещества. Свѣтъ оказываетъ вліяніе на многіе химическіе процессы: серебряныя соли фотографической пластинки измѣняются, красящія вещества на солнцѣ блѣднѣютъ или обезцвѣчиваются, такія вещества, какъ водородъ и хлоръ, въ темнотѣ почти совершенно не вліяющія другъ на друга, подъ вліяніемъ свѣтовой энергіи соединяются въ соляную кислоту. Былъ найденъ важный фотохимическій законъ, что только тѣ лучи могутъ обнаруживать свое

дѣйствіе на извѣстную химическую систему, которые ея поглощаются.

Солнце, какъ показываетъ его спектръ, испускаетъ большое количество лучей съ различной длиной волны, причемъ различіе длины волны мы воспринимаемъ, какъ различные оттѣнки цвѣта. Лучи съ длинной волной, — желтые, красные и лежащіе еще за красной частью спектра невидимые ультракрасные лучи—производятъ главнымъ образомъ теплоту и, какъ извѣстно изъ фотографической практики, совершенно не обладаютъ способностью дѣйствовать химически. Чѣмъ дальше мы подвигаемся черезъ зеленую и синюю части спектра къ фіолетовой, тѣмъ короче становятся волны лучей, тѣмъ меньше—ихъ тепловое, и тѣмъ больше—химическое дѣйствіе, достигающее своего максимума по ту сторону фіолетовой части въ невидимой ультрафіолетовой части спектра.

Хлорофиллъ, къ нашему удивленію, поглощаетъ всего сильнѣе красные и желтые лучи, т. е. слабѣйшіе въ химическомъ отношеніи. При этомъ, въ соотвѣтствіи съ только что упомянутымъ фотохимическимъ закономъ, и химическій эффектъ, ассимиляція углекислоты растеніями, бываетъ всего сильнѣе при дѣйствіи краснаго и отчасти желтаго свѣта. Этотъ вопросъ получилъ окончательное и безспорное разрѣшеніе благодаря опытамъ со свѣтовыми фильтрами,—приспособленіями, которыя при посредствѣ окрашенныхъ растворовъ или стеколъ могутъ пропускать только опредѣленные лучи. Къ тому же, наиболѣе дѣятельные въ химическомъ отношеніи ультрафіолетовые лучи лишь въ небольшомъ количествѣ достигаютъ поверхности земли, потому что они частью поглощаются уже атмосферой.

Получается, слѣдовательно, удивительный резуль-

татъ,—что растенія получаютъ и утилизируютъ для цѣлей химическаго синтеза главнымъ образомъ тепловые лучи, тогда какъ химическіе лучи играютъ въ процессѣ ассимиляціи лишь подчиненную роль. Но это противорѣчіе—лишь кажущееся. Въ фотографіи уже съ давнихъ поръ извѣстны сенсibiliзаторы<sup>1)</sup>—продукты, принадлежащіе большей частью къ разряду красящихъ веществъ и обладающіе свойствомъ превращать тепловые лучи въ химически дѣятельные. Если къ какой нибудь серебряной соли, мало чувствительной къ краснымъ и желтымъ лучамъ, прибавить небольшое количество красящаго вещества, ціанина, то соль будетъ сенсibiliзирована, т. е. приобрететъ чувствительность къ красному и желтому свѣту (свѣточувствительныя пластинки и есть пластинки съ сенсibiliзаторами). Одинъ изъ такихъ сенсibiliзаторовъ, также употребляющійся въ фотографіи, есть хлорофиллъ. Представляется въ высшей степени вѣроятнымъ, что функціей, которую онъ выполняетъ въ растеніяхъ, является превращеніе поглощенныхъ тепловыхъ лучей въ химическіе. Онъ служитъ какъ бы аппаратомъ для превращенія тепловой энергіи въ химическую, подобно тому какъ, на примѣръ, аккумуляторъ превращаетъ химическую энергію въ электрическую.

Однако, нѣтъ никакого сомнѣнія, что хлорофиллъ кромѣ этой функціи выполняетъ еще цѣлый рядъ другихъ. Прежде всего, онъ, повидимому, принимаетъ

---

<sup>1)</sup> Тотъ важный фактъ, что максимумъ фотохимическаго дѣйствія хлорофилла лежитъ въ красной части спектра, въ той самой, въ которой находится и максимумъ поглощенія свѣтовой энергіи, впервые былъ установленъ еще въ 70-ыхъ годахъ прошлаго вѣка знаменитымъ русскимъ ботаникомъ К. А. Тимирязевымъ. Ему же принадлежитъ и мысль о томъ что хлорофиллъ играетъ роль сенсibiliзатора. Ред.



активное участие въ процессъ выдѣленія кислорода изъ углекислоты,—процессъ, тѣсно связанномъ съ ассимиляціей. Въ химическомъ отношеніи хлорофиллъ, являющійся какъ бы красящимъ веществомъ крови растений, состоитъ въ близкомъ родствѣ съ гѣмоглобиномъ, красящимъ веществомъ крови животныхъ. Подобно тому, какъ этотъ послѣдній, благодаря своей способности поглощать кислородъ и проносить его по всему организму, является существеннымъ факторомъ сгаранія сахара, такъ хлорофиллъ, выдѣляя кислородъ въ атмосферу, повидимому, способствуетъ противоположному процессу—синтеза сахара.

Кромѣ углеводовъ, конечными продуктами ассимиляціи углекислоты въ растеніяхъ являются жиры. Несомнѣнно, процессы образованія сахара и жировъ тѣсно связаны между собой, причемъ связь эта—что весьма вѣроятно—выражается въ болѣе или менѣе непосредственномъ переходѣ углеводовъ въ жиры. Химическій составъ послѣднихъ, какъ показано выше, можетъ быть изображенъ въ видѣ сцѣпленія глицерина и жирныхъ кислотъ. Тогда какъ первый легко можетъ возникнуть путемъ расщепленія сахара, образованіе жирныхъ кислотъ надо отнести на счетъ возстановленія молекулы сахара. Возможно также, что продукты расщепленія сахара, какъ глицериналдегидъ, путемъ потери воды переходятъ въ ненасыщенные алдегиды, которые посредствомъ поглощенія воды и конденсаціи легко могутъ образовать жирныя кислоты. Какъ бы то ни было, несомнѣнно, что ассимиляція углекислоты должна предшествовать образованію жировъ, такъ что объ эти, столь важныя біологически, категоріи веществъ, безъ сомнѣнія, возникаютъ путемъ одного и того же, основного процесса,—ассимиляціи углекислоты.

Въ растеніяхъ, какъ и въ животномъ царствѣ,

жиры выполняют двоякаго рода функции. Они служат организму и въ качествѣ строительнаго материала, и въ качествѣ источника энергіи. Последняя функция, разумѣется, выполняется только путемъ сгорания жировъ, — процессъ, который можетъ принять весьма значительные размѣры при прорастаніи растений, требующемъ сравнительно много энергіи.

### Ассимиляція азота.

Намъ очень мало извѣстно о тѣхъ реакціяхъ, съ помощью которыхъ азотъ входитъ въ жизненный круговоротъ, т. е., соединяясь съ органическими веществами, даетъ наиболѣе важныя для клѣтки соединенія, — бѣлки. Однако, мы знаемъ навѣрное, что растенія не въ состояніи непосредственно поглощать азотъ въ свободномъ видѣ изъ атмосферы, но что они поглощаютъ его съ помощью корней изъ почвы, большей частью въ видѣ растворимыхъ азотистыхъ соединеній — напр., азотнокислыхъ солей или солей аммонія. Существуютъ также нѣкоторые виды бактерій, которые способствуютъ переходу свободного азота въ азотнокислыя соли и такимъ образомъ дѣлаютъ и его доступнымъ для растительнаго организма. Это объясняетъ намъ, почему присутствіе азота въ атмосферѣ не можетъ обезпечить нормальнаго развитія растений и почему важнѣйшимъ источникомъ азота для растенія является почва. Верхній слой почвы содержитъ обыкновенно растворимыя азотистыя вещества, которыя онъ отчасти получаетъ изъ атмосферы, гдѣ они возникаютъ благодаря непосредственному соединенію азота съ кислородомъ, происходящему при электрическихъ разрядахъ. Однако, запасы пригоднаго къ ассимиляціи азота по большей части сполна поглощаются растеніями, если

послѣднія,—какъ это бываетъ при культурѣ полезныхъ растений,—удаляются изъ почвы, такъ что возвращеніе азота въ почву путемъ ихъ истлѣванія становится невозможнымъ. Въ такомъ случаѣ необходимо давать почвѣ новую азотистую пищу въ видѣ навоза, который, какъ и искусственное азотистое удобреніе, даетъ растеніямъ азотъ въ непосредственно усваиваемой формѣ азотнокислыхъ солей. Возможно (больше мы здѣсь пока ничего не можемъ сказать), что азотъ въ видѣ амміака  $\text{NH}_3$  или въ видѣ аммоніевыхъ солей вступаетъ въ реакцію съ промежуточными продуктами ассимиляціи углекислоты, напр., съ формалдегидомъ или даже съ углеводами, либо съ возникающими путемъ диссимиляціи, о которой будетъ рѣчь ниже, продуктами распада, напр., съ органическими кислотами, и образуетъ, въ качествѣ первой ступени естественнаго синтеза бѣлка, а м и н о к и с л о т ы, содержащія, кромѣ углерода, водорода и кислорода, еще остатокъ амміака. Эти аминокислоты, какъ показали блестящія изслѣдованія Э м и л я Ф и ш е р а, могутъ соединяться въ вещества съ весьма сложной молекулой, которая постепенно переходятъ въ бѣлковые комплексы.

Относительно солей мы можемъ сказать лишь то, что онѣ необходимы для обмѣна вещества въ растеніяхъ и по большей части могутъ непосредственно проникать въ растительный организмъ изъ почвы.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

# Процессы диссимиляціи въ растительномъ организмѣ.

### I. Диссимиляція углеводовъ въ растеніяхъ.

Ассимиляція углекислоты и превращеніе ея въ крахмалъ есть, какъ уже было сказано, процессъ, связанный съ накопленіемъ энергіи. Для того, чтобы поддержать энергію роста и круговоротъ соковъ въ своихъ тканяхъ, растеніе нуждается въ энергіи, которую оно должно черпать изъ запасовъ, накопленныхъ при посредствѣ ассимиляціи. Служащій для этой цѣли процессъ противоположенъ процессу ассимиляціи. Крахмалъ снова разлагается на составныя части, изъ которыхъ онъ образовался, и отдаетъ при этомъ обратно энергію, полученную имъ при своемъ образованіи въ видѣ свѣтовой энергіи. Нѣтъ необходимости, чтобы этотъ распадъ крахмала, который называютъ диссимиляціей углеводовъ, приводилъ прямо къ конечнымъ продуктамъ, углекислотѣ и водѣ, т. е. къ исходному пункту ассимиляціи. И частичнаго распада молекулы крахмала можетъ быть достаточно, чтобы удовлетворить сравнительно незначительную потребность растенія или отдѣльныхъ его частей въ энергіи.

Такое частичное расщепленіе молекулы крахмала можетъ происходить при посредствѣ атмосфернаго кислорода, причемъ послѣдній окисляетъ ее не въ углекислоту, а въ какіе нибудь иные органическіе

продукты окисленія. Но такой процессъ можетъ происходить и безъ участія заимствуемаго извнѣ кислорода, причемъ расщепленіе происходитъ вслѣдствіе смѣщенія уже содержащагося въ крахмалѣ кислорода. Такимъ путемъ часть молекулы крахмала будетъ окислена, тогда какъ другая ея часть, отдающая свой кислородъ, станетъ бѣднѣе кислородомъ или окажется возстановленной. Происходящіе въ растеніи процессы, связанные съ диссимиляціей крахмала, называютъ дыханіемъ растеній. Слѣдовательно, въ случаѣ полнаго окисленія при содѣйствіи кислорода это дыханіе приводитъ къ углекислотѣ и водѣ, въ случаѣ неполнаго окисленія, также при содѣйствіи кислорода, оно приводитъ къ какимъ нибудь другимъ органическимъ продуктамъ окисленія, и, наконецъ, въ случаѣ недостатка кислорода оно состоитъ въ расщепленіяхъ молекулы крахмала. Поэтому послѣднюю изъ перечисленныхъ формъ дыханія называютъ также внутримолекулярнымъ или интрамолекулярнымъ дыханіемъ. Растительные организмы или низшія жизненные формы, которыя удовлетворяютъ свою потребность въ энергіи только при помощи интрамолекулярнаго дыханія, называютъ анаэробными, т. е. способными къ жизни при отсутствіи воздуха. Тѣ же организмы, которые нуждаются въ кислородѣ воздуха, называютъ аэробными. Къ послѣднимъ принадлежитъ большая часть высшихъ растеній, а къ первымъ — многіе грибы, главнымъ образомъ, дрожжевой грибокъ.

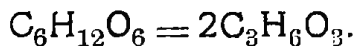
#### А. Анаэробное дыханіе.

Важнѣйшимъ типомъ анаэробнаго дыханія является броженіе, которое, въ зависимости отъ природы конечнаго продукта, называется спиртовымъ, мо-

лочнокислымъ или маслянокислымъ. Въ этомъ случаѣ дѣло идетъ объ интрамолекулярномъ дыханіи или о расщепленіяхъ съ одновременнымъ смѣщеніемъ кислорода. Мы знаемъ, что эти явленія броженія обусловливаются присутствіемъ содержащихся въ клѣткахъ и производимыхъ ими веществъ, энзимовъ. Намъ удалось частью отдѣлить энзимы отъ органическихъ образований, въ которыхъ они возникаютъ и изучить ихъ своеобразныя дѣйствія независимо отъ жизненныхъ процессовъ. Прежде всего, изъ дрожжевого грибка можно добыть з и м а з у въ формѣ несодержащаго воды порошка, имѣющаго свойство приводить въ броженіе растворы сахара (сахаръ возникаетъ первоначально изъ крахмала съ поглощеніемъ воды), т. е. превращать сахаръ въ углекислоту и спиртъ:



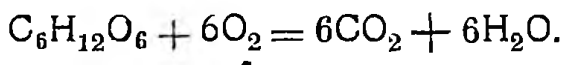
Молочнокислое броженіе можно изобразить при помощи уравненія



Процессъ маслянокислаго броженія протекаетъ сложнѣе, потому что при немъ возникаетъ еще рядъ побочныхъ продуктовъ.

### В. Аэробное дыханіе.

Аэробное дыханіе въ томъ случаѣ, когда оно бываетъ полнымъ и приводитъ къ образованію углекислоты и воды, можетъ быть представлено уравненіемъ, обратнымъ уравненію ассимиляціи:



Нѣсколько сложнѣе обстоитъ дѣло, когда окисленіе останавливается на одномъ какомъ нибудь изъ

многихъ возможныхъ промежуточныхъ продуктовъ. Такъ, въ большей части растительныхъ процессовъ наряду съ полнымъ окисленіемъ происходитъ и частичное. Мы зашли бы слишкомъ далеко, если бы пожелали разсматривать каждый изъ конечныхъ продуктовъ этого частичнаго окисленія въ отдѣльности. Здѣсь достаточно будетъ указать на то, что весьма многія постоянныя органическія кислоты съ меньшимъ содержаніемъ кислорода, нежели сахаръ, могутъ служить конечными этапами этого частичнаго процесса окисленія; таковы м у р а в ѣ и н а я, щ а в е л е в а я, у к с у с н а я и другія жирныя кислоты. Нѣкоторые процессы броженія разныхъ видовъ сахара также протекаютъ аэробно, на примѣръ, у к с у с н о к и с л о е б р о ж е н і е, при которомъ первоначально возникающій спиртъ окисляется кислородомъ въ уксусную кислоту.

Необходимо ознакомиться вкратцѣ съ важнѣйшими формами аэробнаго и анаэробнаго дыханія отдѣльно.

### С. Процессы броженія.

#### 1. Спиртовое броженіе.

Какъ уже неоднократно упоминалось, живыя существа потребляютъ энергію, которую они въ большинствѣ случаевъ, поскольку рѣчь идетъ здѣсь о животныхъ клѣткахъ, добываютъ себѣ въ формѣ энергіи химическаго напряженія. Для того, чтобы пріобрѣсти представленіе о господствующихъ здѣсь весьма сложныхъ отношеніяхъ, будетъ цѣлесообразно изслѣдовать прежде всего химическіе процессы обмѣна веществъ въ простѣйшихъ организмахъ, въ такихъ, которые, по возможности, могутъ добывать себѣ двигательную силу при помощи только одной реакціи. Всего болѣе при-

годны для этой цѣли клѣтки, стоящія на границѣ между растительными и животными формами. Намъ извѣстны такія одноклѣточные живыя существа, называемыя протистами или простѣйшими, которыя соединяютъ наряду съ нѣкоторыми животными функциями и растительныя. Сюда принадлежатъ бактеріи, амёбы, низшіе грибы,—клѣточные формы, которыя частью обладаютъ способностью къ свободнымъ движеніямъ, частью нѣтъ, размножаются дѣленіемъ и во многихъ отношеніяхъ вполне сходны съ растеніями, но отличаются отъ типическихъ растений въ томъ отношеніи, что не прикрѣпляются посредствомъ корней къ питательной почвѣ, но легко могутъ быть переносимы съ одной почвы на другую и обладаютъ способностью проявлять на своей почвѣ активныя или пассивныя движенія. Ихъ обмѣнъ веществъ осуществляется такимъ путемъ, что они берутъ изъ питательной почвы черезъ свою клѣточную оболочку нужныя для нихъ вещества, перерабатываютъ ихъ внутри клѣтки и выдѣляютъ продукты разложенія тѣмъ же путемъ,—черезъ оболочку. Весьма своеобразное значеніе имѣетъ широко распространенный на поверхности земли дрожжевой грибокъ (рис. 5)—простая клѣтка, которая, какъ это видно

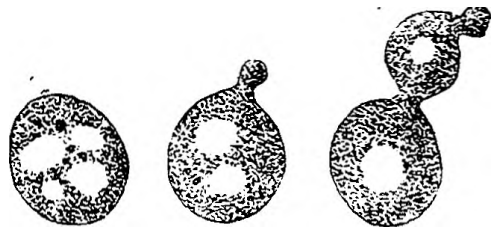


Рис. 5.

при разсматриваніи въ микроскопъ, внутри обладаетъ ядромъ и имѣетъ почти правильную шарообразную форму. Значеніе дрожжевого грибка состоитъ въ томъ, что онъ пользуется въ качествѣ источника энергіи сахаромъ, который онъ для добыванія необходимой ему жизненной энергіи разлагаетъ на спиртъ и углекислоту.



Удалось получить чистую культуру дрожжевого грибка, для чего тщательно отобранныя дрожжевыя клѣтки заставляютъ въ теченіе продолжительнаго времени размножаться на соответствующихъ питательныхъ растворахъ, а затѣмъ переносятъ часть грибковъ для дальнѣйшаго развитія и размноженія на свѣжую питательную почву.

Винокуреніе, производство спирта и изготовленіе спиртныхъ напитковъ основаны на дѣйстви дрожжевыхъ грибковъ, расщепляющихъ сахаръ на спиртъ и углекислоту. Очень долго природа этого процесса была для насъ совершенно неясна. Имѣемъ ли мы здѣсь дѣло съ проявленіемъ жизни, которому нельзя подражать чисто химическимъ путемъ, или же здѣсь происходитъ химическая реакція, которую можно воспроизвести въ колбѣ съ помощью безжизненныхъ реактивовъ? И тотъ, и другой взглядъ находили себѣ приверженцевъ. Тогда какъ Пастеръ защищалъ виталистическую теорію (т. е. предполагалъ здѣсь проявленіе жизнеспособности), Либихъ стоялъ на той точкѣ зрѣнія, что здѣсь имѣетъ мѣсто чисто химическая реакція, при которой дрожжи дѣйствуютъ, какъ такъ называемое контактное вещество, т. е. при соприкосновеніи съ сахаромъ вызываютъ его распадъ, который можно вызвать и безъ помощи клѣтки. Этотъ споръ, который тянулся съ большимъ оживленіемъ во второй половинѣ прошлаго столѣтія, былъ разрѣшенъ изслѣдованіями Бухнера. Послѣднему удалось до такой степени растереть дрожжевыя клѣтки, предварительно смѣшанныя съ пескомъ и инфузорной землей, что онѣ были совершенно разрушены, и изъ нихъ выступила клѣточная жидкость. Если такую смѣсь клѣточной жидкости, разорванныхъ клѣточныхъ оболочекъ, песку и инфузорной земли отжать подъ гидра-

влическимъ прессомъ, то мы получимъ жидкость, которая, конечно, не содержитъ уже въ себѣ никакихъ живыхъ существъ, но если прибавить ее къ раствору сахара, то въ немъ тотчасъ начинаютъ образовываться углекислота и спиртъ,—онъ приходитъ, какъ говорятъ, въ состояніе спиртового броженія. Бухнеръ называлъ это дѣйствующее вещество зимазой. Зимаза принадлежитъ къ обширному классу энзимовъ. Энзимы, какъ и зимаза, до сихъ поръ еще не получены искусственно, но являются только продуктами жизнедѣятельности. Если, такимъ образомъ, Либихъ правъ въ томъ отношеніи, что спиртовое броженіе есть чисто химическая реакція, то по современнымъ представленіямъ нельзя не признать нѣкоторой правильности и за точкой зрѣнія Пастера въ томъ отношеніи, что возбуждающая реакцію зимаза сама является продуктомъ дѣятельности живого организма.

Сахаръ, въ соотвѣтствіи съ своимъ химическимъ составомъ, распадается начисто на спиртъ и углекислоту, не имѣя надобности поглощать при этой реакціи какія нибудь другія вещества извнѣ. Тогда какъ развитой животный организмъ добываетъ себя двигательную энергію сжиганіемъ органическихъ веществъ, и прежде всего разныхъ видовъ сахара, при одновременномъ поглощеніи кислорода изъ атмосферы, спиртовое броженіе происходитъ такимъ образомъ, что необходимый для образованія углекислоты кислородъ отщепляется отъ самой молекулы сахара; при этомъ, помимо углекислоты, возникаетъ и спиртъ,—соединеніе, болѣе бѣдное кислородомъ, нежели сахаръ. Одна часть сахара окисляется на счетъ другой, и потому эта послѣдняя возстанавливается. Какъ легко можно установить при помощи калориметрическихъ опытовъ, реакція эта протекаетъ экзотермически; она

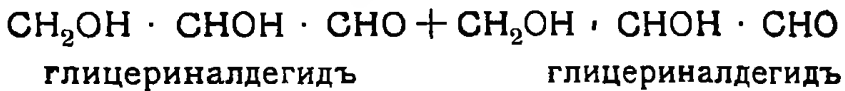
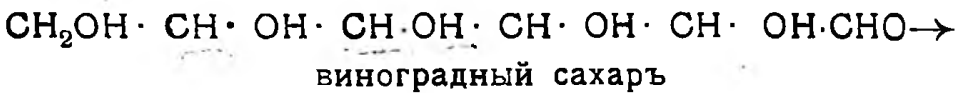
сопровождается выдѣленіемъ теплоты, которая можетъ быть переведена дрожжевой клѣткой въ другія формы энергіи. Въ силу этого положительнаго теплового эффекта реакція спиртового броженія и можетъ служить источникомъ жизни.

Если дрожжевыя клѣтки или отжатый по Бухнеру сокъ этихъ клѣтокъ внести въ растворъ сахара, то почти моментально появляются и продукты распада,— спиртъ и углекислота, промежуточнаго же продукта этого, разумѣется, болѣе сложнаго процесса распада сахара съ увѣренностью обнаружить нельзя. Однако, не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что здѣсь необыкновенно быстро слѣдуютъ одимъ за другимъ цѣлый рядъ химическихъ процессовъ. Правда, вопросъ о химической природѣ промежуточныхъ продуктовъ въ настоящее время еще не разрѣшенъ; одни думаютъ, что молекула сахара постепенно распадается на рядъ непостоянныхъ продуктовъ, которые быстро переходятъ въ конечные продукты, другіе думаютъ, что сахаръ разлагается сполна и затѣмъ спиртъ и углекислота строятся заново изъ продуктовъ распада. Такъ какъ спиртовое броженіе можетъ происходить до конца съ молекулой сахара безъ доступа другихъ участвующихъ въ реакціи веществъ, то оно представляетъ собой поучительный примѣръ внутримолекулярнаго окисленія и внутримолекулярнаго дыханія.

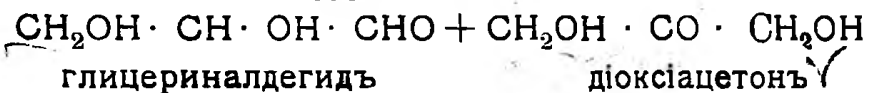
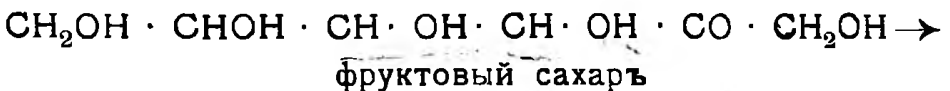
## **2. Молочнокислое броженіе и другіе виды броженія.**

Молочнокислое броженіе представляетъ собой чистый процессъ расщепленія, при которомъ молекула гексозы раздѣляется на двѣ молекулы молочной кислоты. Многія бактеріи обладаютъ способностью приводить разные виды сахара въ молочнокислое броже-

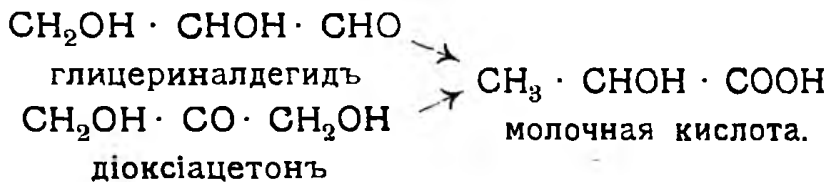
ніе, въ особенности же молочнокислыя бактеріи, нападающія на молочный сахаръ и вызывающія скисаніе молока. По всей вѣроятности, начальные процессы при спиртовомъ и при молочнокисломъ броженіи одинаковы и состоятъ, надо полагать, въ симметрическомъ расщепленіи молекулъ сахара, благодаря которому образуются прежде всего глицериналдегидъ и діоксіацетонъ.



или



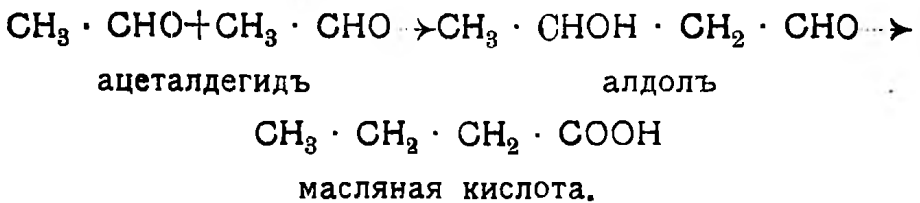
Въ зависимости отъ біологическаго строенія вызывающаго броженіе субстрата, каждое изъ двухъ этихъ веществъ либо превращается въ молочную кислоту, либо разлагается въ спиртъ и углекислоту.



Какъ спиртовое, такъ и молочнокислое броженіе представляютъ экзотермическіе процессы, играющіе, несомнѣнно, ту біологическую роль, что они доставляютъ бактеріямъ и грибамъ часть необходимой жизненной энергіи.

Къ процессамъ броженія, которые, въ отличіе отъ

описанныхъ выше, не могутъ протекать анаэробно, но нуждаются въ содѣйствіи кислорода, принадлежить прежде всего уксуснокислое броженіе, потому что оно основывается на окисленіи спирта, возникающаго путемъ расщепленія сахара, въ уксусную кислоту. Оно вызывается многими видами бактерій. Наконецъ, маслянокислое броженіе основывается, вѣроятно, на расщепленіи сахарной молекулы, идущемъ черезъ глицерин-алдегидъ и приводящемъ къ образованію ацеталдегида, который путемъ синтеза переводится черезъ алдоль въ маслянную кислоту.



О броженіи целлюлозы мы замѣтимъ здѣсь только, что оно связано съ образованіемъ метана (болотнаго газа), водорода, а также углекислоты. Есть еще и другіе процессы броженія, напримѣръ, слизевое броженіе сахара, при которомъ возникаютъ камедеподобныя вещества, и лимоннокислое броженіе, ведущее къ образованію лимонной кислоты въ высшихъ и низшихъ растеніяхъ.

При аэробномъ дыханіи растеній возникаютъ, какъ уже упомянуто, не прямо конечные продукты—углекислота и вода изъ углеводовъ, но въ качествѣ промежуточныхъ продуктовъ фізіологическаго сгоранія сахара появляются растительныя кислоты. Можно вообще сказать, что такія кислоты образуются тѣмъ въ большемъ количествѣ, чѣмъ меньше концентрація кислорода и чѣмъ слабѣе способствуетъ полному сгоранію свѣтовая энергія. Принимая во вниманіе природу ра-

стительныхъ кислотъ, представляется вѣроятнымъ, что и здѣсь первоначально имѣеть мѣсто симметричное расщепленіе сахарной молекулы на глицериналдегидъ или гликоалдегидъ, или же въ формалдегидъ, и что эти алдегиды болѣе или менѣе сильно окисляются, не переходя, однако, въ конечные продукты окисленія, т. е. въ углекислоту и воду.

## II. Диссимиляція бѣлковыхъ веществъ въ растеніяхъ.

Несмотря на сравнительно небольшую потребность растеній въ энергіи, и въ нихъ имѣеть мѣсто не только синтезъ бѣлка, но и распадъ его, связанный съ выдѣленіемъ теплоты, хотя этотъ распадъ, конечно, не достигаетъ здѣсь тѣхъ размѣровъ, какъ въ животномъ организмѣ. Но мы знаемъ, что цѣлый рядъ плѣсневыхъ грибовъ и бактерій обладаютъ способностью отщеплять изъ растворовъ бѣлковъ амміакъ. Въ растеніяхъ встрѣчаются и болѣе сложные промежуточные продукты распада бѣлка, напр., аспарагиновая кислота и другія аминокислоты; однако, эти продукты распада бѣлка нельзя считать конечными продуктами растительнаго обмѣна веществъ, потому что они могутъ послѣ своего образованія снова исчезать, давая путемъ синтеза новыя бѣлковыя молекулы, если внѣшнія условія, напр., обиліе свѣта, благопріятствуютъ синтетическимъ процессамъ. Продукты распада углеводовъ, будучи промежуточными продуктами процесса синтеза бѣлка, несомнѣнно, могутъ отчасти, хотя бы только временно, играть роль и въ процессѣ ассимиляціи; вообще же они представляютъ собой вещества, которыя ведутъ отъ несодержащихъ азота органическихъ растительныхъ продуктовъ къ бѣлковымъ веществамъ. При дѣйствіи амміака на молочную кислоту могутъ

возникать аминокислоты, напр., аланинъ, серинъ и др. Соединеніе же аминокислотъ можетъ служить началомъ синтеза бѣлковъ.

О диссимиляціи жировъ въ растеніяхъ мы знаемъ немного. Несомнѣннымъ кажется лишь то, что накопленный въ растеніяхъ жиръ играетъ, съ одной стороны, роль строительнаго матеріала для тѣла растеній, а съ другой, сгораніе служитъ источникомъ энергіи, особенно при процессахъ прорастанія. Мы рассмотримъ нѣсколько подробнѣе важный вопросъ о диссимиляціи жировъ, когда будемъ говорить о животномъ организмѣ.

### III. Конечные продукты растительнаго обмѣна веществъ.

Тогда какъ у животныхъ конечные продукты обмѣна веществъ, исполнившіе свою функцію для животнаго организма, выдѣляются изъ этого послѣдняго, продукты растительнаго обмѣна веществъ остаются въ растительномъ организмѣ до тѣхъ поръ, пока не покинутъ его въ видѣ газовъ,—остаются, притомъ, не въ видѣ балласта, а въ видѣ части растительнаго тѣла, которой снова приходится исполнять опредѣленныя функціи. По своему химическому характеру эти конечные продукты растительнаго обмѣна веществъ часто являются весьма сложными. Эти вещества образуются, съ одной стороны, въ конечномъ результатѣ ряда синтетическихъ процессовъ, а съ другой,—являются постоянными членами процессовъ распада. Къ первымъ принадлежитъ прежде всего углеводъ целлюлоза или клѣтчатка, образующая остовъ растеній и послѣ своего образованія уже не принимающая дальнѣйшаго участія въ біохимическихъ реакціяхъ. Химическая природа дру-

гихъ конечныхъ продуктовъ и ихъ отношеніе къ исходнымъ пунктамъ питанія растений мало выяснены. Къ такого рода веществамъ принадлежатъ различные виды воска, смолы и глюкозиды. Быть можетъ, они, подобно эфирнымъ масламъ, камфоръ и т. д., представляютъ собой часть защитнаго аппарата растений противъ поврежденій, наносимыхъ внѣшними вліяніями или животными.

Къ конечнымъ продуктамъ, возникающимъ при содѣйствіи кислорода, принадлежатъ дубильныя вещества и продукты ихъ окисленія, ароматическія соединенія, встрѣчающіяся въ качествѣ обычныхъ составныхъ частей опредѣленныхъ растений. Алкалоиды надо считать специфическими продуктами обмена веществъ бѣлковъ; какъ таковыя, они содержатъ азотъ и по большей части соединены съ растительными кислотами въ соли. Что касается до растительныхъ кислотъ, то на нихъ, какъ указывалось выше, нельзя смотрѣть, какъ на конечные продукты метаморфоза въ собственномъ смыслѣ, потому что онѣ представляютъ собой промежуточные ступени неполнаго окисленія, которыя при извѣстныхъ условіяхъ могутъ переходить въ дальнѣйшія стадіи, вплоть до конечныхъ продуктовъ — углекислоты и воды. И алкалоиды, и таннинъ могутъ при извѣстныхъ условіяхъ подвергаться дѣйствию аэробнаго дыханія, т. е. снова исчезать изъ растений, такъ что названіе „конечные продукты“ въ примѣненіи къ этимъ веществамъ является не вполне точнымъ, но оно вытекаетъ изъ наблюдавшейся большой правильности появленія этихъ тѣлъ.

---



## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

# ПРОЦЕССЫ ДИССИМИЛЯЦИИ ВЪ ЖИВОТНОМЪ ОРГАНИЗМѢ.

### I. Связь между ассимиляціей и диссимиляціей.

Прежде чѣмъ приступить къ процессамъ распада, происходящимъ въ животномъ организмѣ, необходимо отмѣтить нѣкоторые общіе пункты, тѣсно связывающіе процессы ассимиляціи и диссимиляціи. Мы знаемъ, что часть доставляемыхъ организму типичныхъ пищевыхъ веществъ, т. е. углеводовъ, жировъ и бѣлковыхъ веществъ, навсегда или, по крайней мѣрѣ, на продолжительное время откладывается организмомъ для поддержанія его матеріальнаго состава и для образованія опредѣленныхъ запасовъ, служащихъ для добыванія энергии. Но такое откладываніе запасовъ происходитъ не прямо, не такъ, что принимаемая организмомъ вещества просто переносятся на опредѣленные мѣста, гдѣ и откладываются, но при этомъ происходятъ химическія реакціи, имѣющія общее біологическое значеніе. Всякій животный организмъ располагаетъ вполнѣ опредѣленными химическими формами углеводовъ, жировъ и бѣлковъ, и можетъ въ большинствѣ случаевъ сохранять эти вещества въ качествѣ запасовъ только въ свойственной данному виду формѣ. Поэтому, при разнообразіи химической формы, въ которой три упомянутые класса пищевыхъ веществъ

воспринимаются организмомъ, послѣдній часто бываетъ вынужденъ переводить ихъ собственными средствами въ свойственную ему форму. Это переводеніи происходитъ такимъ путемъ, что сложныя молекулы пищевыхъ веществъ при содѣйствіи энзимовъ разлагаются на болѣе простыя составныя части, которыя затѣмъ синтезируются въ новую, свойственную данному виду, форму. Хотя эти процессы, какъ мы увидимъ ниже, не имѣютъ столь общаго значенія для углеводовъ и жирсовъ, какъ для бѣлковъ, однако, все же представляется вѣроятнымъ, что распадъ и новый синтезъ веществъ является всеобщимъ орудіемъ животнаго организма, которое примѣняется имъ для индивидуальной переработки разнообразныхъ комплексовъ, вводимыхъ въ качествѣ пищи. Синтезъ, разумѣется, происходитъ тогда, когда имѣются въ наличности условія для продолжительнаго сохраненія соотвѣствующихъ веществъ въ видѣ запасовъ. Поскольку пищевыя вещества служатъ въ качествѣ источника энергіи, постольку будетъ происходить доставляющій эту энергію процессъ, т. е., въ наиболѣе обычномъ случаѣ, окисленіе, если только имѣется подходящій для этого процесса матеріаль,—все равно, переведенъ ли таковой въ свойственную данному виду форму или нѣтъ.

Такъ какъ накопленное въ видѣ „запаснаго матеріала“ вещество можетъ быть во всякій моментъ, когда того потребуетъ жизнедѣятельность организма, использовано въ качествѣ источника энергіи, то синтетическіе процессы тѣснѣйшимъ образомъ связаны съ процессами диссимиляціи или распада. Поэтому при обсужденіи вопроса о диссимиляціи въ животномъ организмѣ мы встрѣтимся съ рядомъ синтетическихъ процессовъ, которые не принадлежатъ къ процессамъ

диссимиляціи въ строгомъ смыслѣ слова, а лишь подготавливаютъ эти послѣдніе.

## II. Диссимиляція углеводовъ.

Для того, чтобы получить представленіе о процессахъ диссимиляціи углеводовъ, будетъ всего цѣлесообразнѣе нѣсколько подробнѣе прослѣдить путь этихъ веществъ черезъ животный организмъ. Наиболѣе общимъ пищевымъ веществомъ, принадлежащимъ къ углеводамъ, является крахмалъ. Послѣдній уже подъ вліяніемъ энзима слюны, называемаго діастазой или п т і а л и н о м ъ, подвергается расщепленію, а именно, при этомъ возникаютъ прежде всего низшіе углеводы, декстриноподобныя вещества, которые подъ вліяніемъ того же энзима разлагаются дальше вплоть до высокомолекулярнаго сахара—м а л ь т о з ы. Этотъ процессъ идетъ, однако, не до конца, такъ какъ крахмалъ, декстрины и мальтоза попадаютъ въ желудокъ въ видѣ смѣси; тамъ углеводы не подвергаются никакому воздействию, и только при дальнѣйшемъ ходѣ пищеваренія на нихъ начинаетъ дѣйствовать секретъ панкреатической желѣзы. Содержащаяся въ послѣднемъ діастаза разлагаетъ остатки крахмала и декстриновъ съ образованіемъ мальтозы. Этотъ сахаръ состоитъ изъ двухъ химически связанныхъ молекулъ винограднаго сахара. Разложеніе, приводящее къ этому конечному продукту расщепленія крахмала, происходитъ также и въ панкреатическомъ сокѣ, а именно, подъ вліяніемъ энзима, который называютъ инвертазой или, точнѣе, глюкозой (виноградный сахаръ носитъ также названіе глюкозы). Виноградный сахаръ является матеріаломъ, который можетъ служить какъ для превращенія въ свойственную

животнымъ форму углеводовъ, гликогенъ, такъ и для дальнѣйшихъ процессовъ окисленія. Прежде чѣмъ перейти къ подробному разсмотрѣнiю этихъ явленiй, надо упомянуть, что изъ другихъ важныхъ углеводовъ тростниковый сахаръ подобнымъ же образомъ разлагается на виноградный и фруктовый сахаръ,—процессъ, происходящiй, главнымъ образомъ, въ кишкахъ, гдѣ молочный сахаръ также подвергается расщепленiю на гексозы, галактозу и виноградный сахаръ (гексозами называютъ всѣ углеводы съ шестью атомами углерода, каковы виноградный сахаръ, фруктовый сахаръ, галактоза и т. д.). Мы уже упоминали о целлулозѣ, какъ о конечномъ продуктѣ растительнаго обмѣна веществъ. Она также является углеводомъ, но не представляетъ никакой цѣнности для плотоядныхъ и для питающихся смѣшанной пищей животныхъ, потому что она проходитъ черезъ организмъ въ неизмѣнномъ видѣ, тогда какъ травоядные могутъ диссимилировать и целлулозу, причемъ возникаютъ углекислота, метанъ и кислоты уксусная, масляная и валерьяновая. Упомянемъ, между прочимъ, что способностью разлагать углеводы обладаютъ также бактерии и грибы, въ изобилiи встрѣчающiеся въ пищеварительномъ каналѣ.

Мы видѣли, что углеводы обыкновенно подвергаются въ кишкахъ діастатическому разложенiю, идущему вплоть до конечнаго продукта, т. е. до образованiя гексозъ. Дальнѣйшая судьба винограднаго сахара, который мы можемъ считать представителемъ важнѣйшихъ гексозъ, такова: изъ кишекъ виноградный сахаръ поступаетъ въ кровеносную систему, растворяется въ крови и омываетъ вмѣстѣ съ нею органы и ткани. Кровь несетъ его прежде всего въ печень, являющуюся главнымъ складочнымъ мѣстомъ для тѣхъ

углеводовъ, которые сохраняются въ качествѣ запасныхъ матеріаловъ, необходимыхъ животному организму для всякаго рода работы. Здѣсь, вѣроятно, подѣ влияніемъ энзимовъ происходитъ синтезъ крахмалоподобнаго углевода, гликогена (рис. 6). Способность къ образованию гликогена свойственна специально клѣткамъ печени. Печень можетъ образовать лишь ограниченное

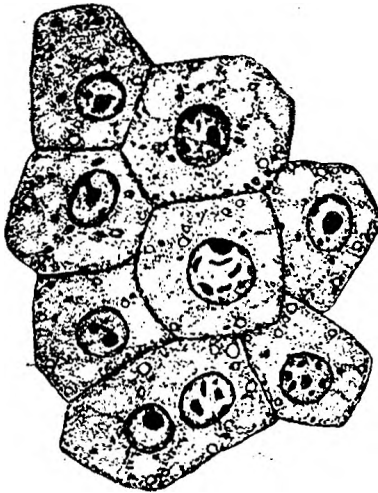


Рис. 6. Клѣтки печени съ гликогеномъ.

количество гликогена. Для печени человека это количество равно, приблизительно, 150 гр. Избытокъ сахара переносится кровью дальше и либо откладывается въ видѣ жира, либо сжигается. Кровь содержитъ нормально вполнѣ опредѣленное количество сахара, около 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; все, что превосходитъ эту норму, откладывается въ мускулахъ въ видѣ гликогена или сжигается, если

только не подвергается превращенію въ гликогенъ печени и въ жиръ.

Образованіемъ гликогена процессъ ассимиляціи углеводовъ въ животномъ организмѣ заканчивается. Виноградный сахаръ составляетъ исходный матеріалъ для процесса диссимиляціи въ собственномъ смыслѣ этого слова. Вопросъ о томъ, какимъ образомъ виноградный сахаръ переходитъ въ конечные продукты окисленія,—углекислоту и воду,—необыкновенно важенъ, такъ какъ нарушение этой способности приводитъ къ одной изъ самыхъ тяжелыхъ болѣзней обмена веществъ, *Diabetes mellitus* или сахарной болѣзни. Вопросъ этотъ еще не рѣшенъ, но современ-

ное состояніе знаній позволяет нарисовать въ высшей степени правдоподобную картину диссимиляціи сахара.

Обратимся прежде всего къ химической сторонѣ этого явленія. Сгораніе сахара въ конечные продукты представляетъ процессъ, обратный процессу ассимиляціи углекислоты, и весьма вѣроятно, что оба процесса проходятъ сходнымъ образомъ, хотя и въ противоположныхъ направленіяхъ. Поэтому можно допустить, что виноградный сахаръ сначала разлагается дальше, вѣроятно, въ глицериналдегидъ, гликоалдагидъ или формалдегидъ и что эти продукты расщепленія сахара переводятся окисленіемъ въ углекислоту и воду, подобно тому, какъ они образовались путемъ возстановленія изъ углекислоты и воды, а при дальнѣйшемъ синтезѣ образовали сахаръ. Въ пользу допущенія такихъ расщепленій говорятъ какъ разъ наблюденія надъ сахарной болѣзью, которая характеризуется неспособностью больного организма сжигать сахаръ, т. е. окислять его въ углекислоту и воду. Однако, при этомъ общая способность организма къ окисленію не понижается, потому что другія, даже трудно сгорающія вещества легко окисляются. Поэтому надо допустить, что расщепленія, съ которыхъ начинается окисленіе или которыя ему предшествуютъ, потерпѣли патологическое разстройство.

Много усилій потрачено на выдѣленіе энзимовъ, вызывающихъ разрушеніе сахара, но окончательнаго успѣха здѣсь еще не добились. Правда, изъ цѣлаго ряда органовъ, главнымъ образомъ, изъ поджелудочной железы, а также изъ мускуловъ получены такого рода энзимы, названныя гликолитическими (разрушающими сахаръ). Однако, опыты, произведенные въ организмѣ на мертвомъ матеріалѣ, не могли вполне разъ-

яснить происходящие въ живыхъ существахъ процессы.

Помимо полного сгорания винограднаго сахара, которое, конечно, можетъ дать максимумъ энергіи, сахаръ въ животномъ организмѣ подвергается еще расщепленію анаэробнаго характера, напоминающему процессы броженія. Такъ, давно извѣстно, что работающій мускуль получаетъ кислую реакцію, что послѣднюю надо отнести на счетъ появленія молочной или такъ называемой мясомолочной кислоты. Несомнѣнно, расщепленіе винограднаго сахара на молочную кислоту представляетъ процессъ, который при недостаточномъ притокѣ кислорода или вообще при условіяхъ, затрудняющихъ полное сгораніе сахара, не можетъ быть использованъ, какъ и бактеріальное молочнокислое броженіе, для цѣлей добыванія энергіи.

Углекислота, возникающая при сгораніи сахара, поглощается венозной кровью и вмѣстѣ съ нею переносится въ легкія, откуда она переходитъ въ вдыхаемый нами воздухъ.

### III. Диссимиляція жировъ.

Жиры, весьма широко распространенные въ растительныхъ и животныхъ организмахъ, благодаря своей высокой цѣнности, какъ горючаго матеріала, имѣютъ весьма крупное значеніе въ качествѣ запасныхъ веществъ, служащихъ для добыванія необходимой животному организму энергіи. Всѣ встрѣчающіеся въ природѣ жиры имѣютъ нейтральный характеръ, т. е. представляютъ собой соединенія глицерина съ высшими жирными кислотами, построенныя такимъ образомъ, что три молекулы кислотъ вступаютъ каждая въ эфироподобное соединеніе съ одной молекулой глице-

рина. Если жиры не откладываются прямо въ запасъ въ качествѣ таковыхъ, то біохимическія реакціи всегда начинаются процессомъ омыленія, за которымъ, вѣроятно, можетъ слѣдовать синтетическое образованіе жировъ. Продукты омыленія, при содѣйствіи кислорода, являясь источникомъ энергіи, могутъ переходить въ конечные продукты сгорания,—въ углекислоту и воду; слѣдовательно, въ этомъ случаѣ они сходны съ углеводами.

Чтобы получить представленіе о диссимиляціи жировъ, достаточно, какъ и въ случаѣ углеводовъ, прослѣдить ихъ путь въ животномъ организмѣ. Слюна не оказываетъ вліянія на жиры; равнымъ образомъ и желудочный сокъ, повидимому, производитъ лишь весьма незначительное омыленіе. Послѣднее происходитъ въ большихъ размѣрахъ только въ кишкахъ подъ вліяніемъ липазъ. При этомъ остатки жира, также подъ вліяніемъ одного спеціального энзима, распредѣляются въ мыльномъ растворѣ въ видѣ мельчайшихъ капелекъ, чѣмъ облегчается возможность расщепленія жировъ черезъ ткани, а также возможность дѣйствія на нихъ липазъ. Одновременно съ этимъ въ кишкахъ снова происходитъ ассимиляція жировъ изъ обмыленныхъ частей въ размѣрахъ, опредѣляемыхъ потребностями организма.

Дальнѣшими веществами, весьма важными для переработки жировъ, являются секретъ поджелудочной железы и желчь. Первый въ силу своей щелочной реакціи весьма сильно способствуетъ образованію мыль; а желчь является главнымъ растворителемъ для жирныхъ кислотъ и разныхъ видовъ мыла.

Жиръ, не переработанный организмомъ, преимущественно откладывается въ своемъ естественномъ видѣ въ тканяхъ и исполняетъ въ качествѣ плохого



проводника тепла важную роль въ дѣлѣ сохраненія теплоты; иногда же онъ покидаетъ организмъ неиспользованнымъ. Какимъ образомъ происходитъ полное сжиганіе жировъ, пока неизвѣстно.

Близко стоящій къ жирамъ лецитинъ разлагается липазами на свободныя жирныя кислоты, глицеринофосфорную кислоту и холинъ. Интересной представляется его способность дѣйствовать гѣмолитически, т. е. растворять красныя кровяныя тѣльца. Однако, еще не установлено, насколько важную роль въ біологическомъ отношеніи играетъ эта способность внутри организма.

#### IV. Диссимиляція бѣлковыхъ веществъ.

Важнѣйшимъ пищевымъ веществомъ для животнаго организма является бѣлокъ, потому что онъ заключаетъ въ себѣ, кромѣ содержащихся въ углеводахъ и жирахъ элементовъ, еще необходимый для организма азотъ. При сложности химическаго состава бѣлковыхъ веществъ картина ихъ превращенія въ организмъ гораздо сложнѣе, чѣмъ для веществъ, рассмотрѣнныхъ выше. Бѣлокъ можетъ исполнять любую функцію, свойственную питательному веществу; иными словами, онъ можетъ снабжать организмъ матеріаломъ, и въ то же время снабжать его двигательной энергіей съ помощью своего распада и окисленія. Весьма вѣроятнымъ представляется также возможность превращенія части его молекулы въ углеводы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и въ жиры.

Какъ уже было выяснено, бѣлковая молекула состоитъ изъ большого числа пептидообразно связанныхъ между собою молекулъ аминокислотъ различной степени сложности, тѣхъ самыхъ, къ которымъ приводитъ гидролизъ бѣлковыхъ веществъ. Аминокислоты

не составляют конечныхъ продуктовъ переработки бѣлка въ животномъ организмѣ, но только послѣдніе продукты расщепленія, изъ которыхъ организмъ самъ можетъ снова построить бѣлокъ. Существуетъ необычайное множество различныхъ бѣлковыхъ веществъ, отличающихся не только природой образующихъ ихъ аминокислотъ, но и способомъ группировки послѣднихъ внутри бѣлковой молекулы. Поскольку организмъ употребляетъ бѣлокъ для самого себя въ качествѣ строительнаго матеріала, ему необходимо осуществлять превращеніе чужого бѣлка, принимаемаго въ качествѣ пищи, въ тѣ формы бѣлка, которыя свойственны данному виду. Этотъ процессъ можетъ происходить только путемъ синтеза, если необходимые для подобнаго превращенія строительные матеріалы, аминокислоты, будутъ созданы путемъ весьма далеко пошедшаго расщепленія.

О превращеніи бѣлковыхъ тѣлъ мы также всего легче получимъ представленіе, если прослѣдимъ ихъ путь въ организмъ и рассмотримъ превращенія, которымъ они тамъ подвергаются.

Подобно жирамъ, бѣлки нисколько не измѣняются слюной. Измѣненія ихъ происходятъ въ желудочномъ сокѣ подъ вліяніемъ соляной кислоты и желудочнаго фермента—пепсина, а именно, нерастворимыя бѣлковыя вещества или протеины (называемыя также альбуминами) переходятъ въ растворимыя въ водѣ альбумозы и пептоны. Этимъ процессомъ превращенія въ растворимое состояніе начинается дальнѣйшая переработка бѣлковыхъ веществъ. Альбумозы и пептоны подвергаются въ кишкахъ дѣйствию панкреатическаго сока, содержащаго трипсинъ,—энзимъ, который при содѣйствіи кишечнаго сока проявляетъ весьма энергичное дѣйствіе. Дѣйствіе трипсина, состоящее въ

разложеніи альбозъ и пептоновъ до аминокислотъ, усиливается благодаря еще одному энзиму, выдѣляемому кишками, такъ наз. эрепсину; однако, въ разложеніи бѣлковъ, несомнѣнно, принимаютъ участіе и другіе энзимы, благодаря которымъ возникаютъ пригодные для синтеза или для процессовъ окисленія продукты распада. Содержащіе азотъ конечные продукты бѣлковаго обмѣна веществъ не являются газообразными, какъ въ случаѣ углеводовъ и жировъ, но въ большинствѣ случаевъ твердыми тѣлами, каковы мочевины, мочева кислота, пурины и основанія, и выдѣляются они большей частью въ водномъ растворѣ въ видѣ мочи.

---

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

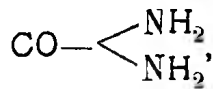
### ПРОДУКТЫ ОБМѢНА ВЕЩЕСТВЪ ВЪ ЖИВОТНОМЪ ОРГАНИЗМѢ.

Въ послѣдней главѣ описанъ механизмъ расщепленія углеводовъ, жировъ и бѣлковъ въ организмѣ. Мы познакомились при этомъ съ тѣми орудіями, которыя употребляетъ природа для накопленія веществъ въ организмѣ или для добыванія энергіи путемъ ихъ превращенія. Такъ какъ мы не можемъ прослѣдить за отдѣльными фазами распада разныхъ веществъ внутри живого организма, то здѣсь единственной точкой опоры для сужденія о судьбѣ тѣхъ или иныхъ веществъ являются продукты обмѣна веществъ, выбрасываемые изъ организма въ видѣ балласта; только въ случаѣ животнаго организма можетъ итти рѣчь о такого рода химическомъ обмѣнѣ веществъ въ болѣе крупныхъ размѣрахъ. Конечные продукты обмѣна веществъ находятся въ выдѣленіяхъ организма, что и понятно, такъ какъ они неспособны къ дальнѣйшей утилизаци. Важнѣйшими формами выдѣленій являются выдыхаемый воздухъ, а также жидкіе и твердые экскременты. Тогда какъ переходъ углеводовъ путемъ расщепленія или окисленія въ конечные продукты представляется еще въ химическомъ отношеніи довольно простымъ, у бѣлковъ тѣ же процессы являются гораздо болѣе сложными.

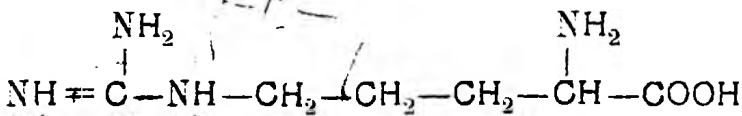
Жиры въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ можно поставить рядомъ съ углеводами. Поскольку жиры не под-

вергаются полному окисленію въ углекислоту и воду или расщепленію на свои составныя части, т. е. на жирныя кислоты и глицеринъ, организмъ можетъ накоплять и откладывать ихъ безъ измѣненія. О расщепленіяхъ и окисленіяхъ группы углеводовъ мы уже говорили, такъ что намъ остается только рассмотреть болѣе подробнымъ образомъ распадъ бѣлковъ.

Весьма важнымъ конечнымъ продуктомъ бѣлковаго обмѣна является мочеви́на

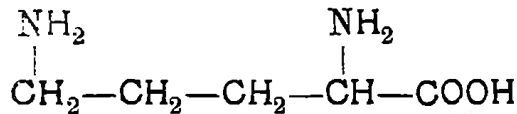


которая выдѣляется вмѣстѣ съ мочей въ болѣе или менѣе значительномъ количествѣ, въ зависимости отъ количества доставляемыхъ организму бѣлковъ и отъ интенсивности ихъ распада (у здороваго человѣка— въ количествѣ, приблизительно, 30 гр. въ теченіе 24 часовъ). Такъ какъ, въ силу своего состава, именно, въ силу содержанія азота, мочеви́на можетъ происходить только изъ бѣлковъ, то вопросъ о ея генетической связи съ послѣдними является необыкновенно важнымъ и въ то же время онъ можетъ дать намъ представленіе о самомъ процессѣ расщепленія бѣлковъ. Согласно произведеннымъ до настоящаго времени изслѣдованіямъ, мочеви́на можетъ возникать непосредственно изъ бѣлка путемъ гидролитическаго распада, но только въ томъ случаѣ, если таковому подвергается прежде всего одна изъ аминокислотъ, а р г и н и н ъ



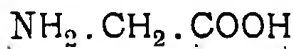
аргининъ или гуанидинаминовалериановая кислота.

Аргининъ подъ вліяніемъ энзима, называемаго аргиназой, которую можно добывать изъ кишекъ, печени, почекъ и нѣкоторыхъ желѣзъ, расщепляется на мочевины и орнитинъ или діаминавалерьяновую кислоту.



орнитинъ или діаминавалеріановая кислота.

Возможно, что мочевины возникаютъ также и путемъ окисленія бѣлковъ. Извѣстно, что возникающая сравнительно, въ большомъ количествѣ при гидролиз, бѣлковъ кислота, — гликоколль



даетъ при окисленіи въ присутствіи амміака мочевины.

Главнымъ мѣстомъ образованія мочевины является печень.

Второй обычный конечный продуктъ распада бѣлковъ, нормально присутствующій въ небольшихъ количествахъ въ мочѣ, есть креатининъ, ангидридъ котораго, креатинъ или метилгуанинуксусная кислота имѣется въ мускулахъ. Составъ креатина позволяетъ думать, что и это вещество является промежуточной ступенью образованія мочевины. Въ самомъ дѣлѣ, при кипяченіи съ баритовой водой это вещество разлагается на мочевины, саркозинъ (метилгликоколль) и другіе продукты.

Дальнѣйшимъ важнымъ для бѣлковаго обмѣна веществъ конечнымъ продуктомъ является мочевины кислота, имѣющая очень существенное значеніе для

здорового и больного организма. Мочевая кислота принадлежит къ группѣ пуриновъ. Въ обмѣнѣ веществъ отличаютъ ту мочевую кислоту, которая вырабатывается при несодержащей пуриновъ пищѣ, т. е. происходитъ изъ матеріаловъ самого организма,—какъ эндогенную мочевую кислоту, отъ экзогенной, которая образуется изъ пурина пищи и количество которой зависитъ отъ доставляемыхъ организму и резорбируемыхъ пуриновъ. Если это дѣленіе на эндогенную и экзогенную мочевую кислоту нельзя строго проводить на опытѣ, то все же оно весьма удобно для уясненія возможныхъ условій ея образованія въ организмѣ. Такъ какъ и эндогенная мочевая кислота должна, въ силу своего состава, происходить отъ пуриновыхъ веществъ, то вопросъ заключается въ томъ, чтобы узнать, какое вещество въ организмѣ даетъ при своемъ расщепленіи пурины. Оказалось, что, главнымъ образомъ, разложеніе самой клѣтки, распадъ ея ядернаго вещества даетъ пуриновыя основанія, которыя при окисленіи могутъ переходить въ мочевую кислоту.

Если мочевая кислота при нормальныхъ условіяхъ выдѣляется животнымъ организмомъ, то все же она способна также подвергаться дальнѣйшему распаду, вѣроятно, подъ вліяніемъ какого нибудь энзима. Такого рода дальнѣйшіе продукты разложенія мочевой кислоты представляютъ собой гликоколль и щавелевая кислота.

Надо сказать еще нѣсколько словъ объ источникѣ мочевой кислоты въ организмѣ,—нуклеиновыхъ веществахъ. Эти вещества, называемыя также нуклеопротеидами, состоятъ изъ бѣлковаго комплекса, соединеннаго съ небѣлковой нуклеиновой кислотой. Нуклеиновыя кислоты содержатъ фосфоръ и

даютъ при расщепленіи фосфорную кислоту и нуклеиновыя основанія, а сверхъ того еще группу углеводовъ и другія соединенія, о которыхъ мы не можемъ здѣсь говорить. Въ образованіи нуклеиновой кислоты участвуютъ прежде всего пуриновые основанія, которыя, какъ мы только что говорили, являются исходнымъ матеріаломъ для образованія мочевой кислоты. Нуклеопротеиды, вѣроятно, содержатся въ органахъ, какъ таковыя. Во всякомъ случаѣ, они содержатся въ каждой клѣткѣ, именно, образуютъ существенную составную часть клѣточного ядра. Наряду съ красящимъ веществомъ крови, гемоглобиномъ, нуклеопротеиды являются главными носителями желѣза въ организмѣ. Изъ того факта, что пуриновые основанія стоятъ, такимъ образомъ, въ тѣсной связи съ разложеніемъ клѣтки, особенно съ распадомъ клѣточного ядра, явствуетъ крупное значеніе мочекислаго обмѣна веществъ для животнаго организма. Такъ, надо упомянуть, что нарушеніе мочекислаго обмѣна веществъ ведетъ къ извѣстной тяжелой формѣ обмѣна веществъ, артритизму.

О дальнѣйшихъ продуктахъ обмѣна веществъ, выдѣляемыхъ вмѣстѣ съ мочей, мы скажемъ вкратцѣ лишь слѣдующее. Въ числѣ неограниченныхъ составныхъ частей находится, главнымъ образомъ, поваренная соль, являющаяся необходимой составной частью пищи человѣка и животныхъ, хотя она и не принимаетъ участія въ синтезѣ веществъ внутри организма. Поваренная соль играетъ въ организмѣ химически активную роль только при процессѣ образованія небольшихъ количествъ соляной кислоты, содержащихся въ нормальномъ желудочномъ сокѣ; вѣроятно, ея главное значеніе заключается въ регулированіи осмотическихъ условій, опредѣляемыхъ на первомъ



планъ ея концентраціей въ крови и въ жидкостяхъ тканей. Содержаніе въ нихъ поваренной соли при нормальныхъ условіяхъ является почти постояннымъ, тогда какъ избытокъ изобильно доставляемой вмѣстѣ съ пищей поваренной соли почти количественно выдѣляется нормально функционирующими почками.

Къ неорганическимъ конечнымъ продуктамъ обмѣна веществъ принадлежитъ также фосфорная кислота, которая можетъ какъ происходить изъ доставляемой организму пищи, такъ и образоваться при распадѣ клѣточныхъ ядеръ. Вообще, надо упомянуть, что какъ количество, такъ и составъ продуктовъ выдѣленія существенно зависятъ отъ пищи, и только тѣ вещества мы можемъ считать необходимыми конечными продуктами обмѣна веществъ, которыя обязаны своимъ возникновеніемъ необходимымъ для жизни функціямъ организма, главнымъ образомъ, добыванію энергіи и обновленію матеріаловъ. Поэтому будетъ достаточно сопоставить существенныя составныя части нормальной мочи въ слѣдующей таблицѣ:

### **Нормальныя составныя части человѣческой мочи.**

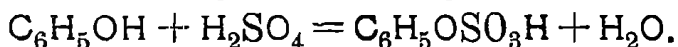
1. Вода.

2. Неорганическія кислоты, по большей части соединенныя съ основаніями: соляная, сѣрная, фосфорная кислоты, углекислота.

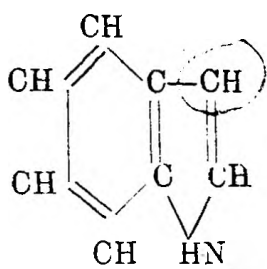
3. (Неорганическіе) металлы, по большей части соединенные съ кислотами: натрій, калий, кальцій, магній, сверхъ того, амміакъ.

4. Органическія составныя части: мочевина, креатининъ. Красящія вещества мочи: уробилинъ, урохромъ и уроэритринъ; фенолосѣрная кислота, мочевои индиканъ, пепсинъ, діастаза.

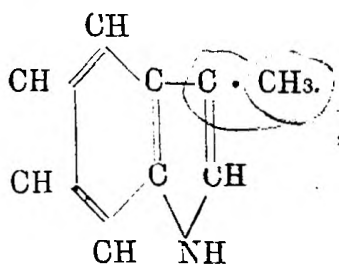
Къ этому надо прибавить еще слѣдующее. Уробилинъ возникаетъ благодаря возстановительной дѣятельности кишечныхъ бактерій изъ красящаго вещества крови, билирубина; онъ выдѣляется по большей части вмѣстѣ съ испражнениями. Къ нему близокъ по своимъ химическимъ свойствамъ урохромъ. Феносѣрная кислота также образуется въ кишкахъ благодаря жизнедѣятельности бактерій, а именно, путемъ отщепленія фенола изъ тирозина, одного изъ продуктовъ распада бѣлковъ. Въ печени происходитъ затѣмъ соединеніе фенола съ сѣрной кислотой:



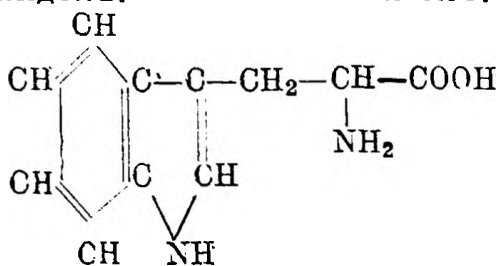
Мочевой индиканъ или индоксилсѣрная кислота обязана своимъ возникновеніемъ совершенно сходному процессу, протекающему въ кишкахъ, причемъ другой продуктъ расщепленія бѣлка, триптофанъ или индоламинопропіоновая кислота разлагается дальше, образуя индолъ и его метиловое производное, скатолъ, которые затѣмъ окисляются и вступаютъ въ сочетаніе съ сѣрной кислотой.



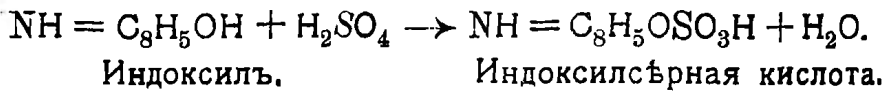
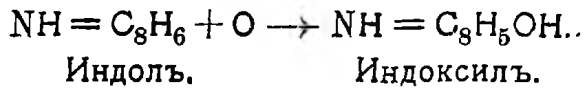
индолъ.



скатолъ.



триптофанъ.



Индоксилсѣрная кислота подѣ вліяніемъ окислителей, напр., хлорнаго желѣза, переходитъ въ синее красящее вещество—индиго и можетъ быть такимъ образомъ обнаружена въ мочѣ. Путемъ аналогичнаго превращенія возникаетъ скатоксилсѣрная кислота. Энзимы, вѣроятно, попадаютъ въ мочу изъ желудка и кишекъ путемъ резорпціи (разсасыванія).

---

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### КРОВЬ И ПЕЧЕНЬ.

Въ процессахъ ассимиляціи въ животномъ организмѣ, о которыхъ мы только что говорили, рѣшающую роль играютъ явленія окисленія. Необходимый для этихъ послѣднихъ кислородъ вдыхается легкими и поглощается кровью; растворившись въ крови, онъ разносится по всѣму организму (рис. 7) и проявляетъ свою дѣятельность повсюду въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ это необходимо для удовлетворенія потребностей живого организма. Поэтому для пониманія процессовъ диссимиляціи, въ основаніи которыхъ лежатъ явленія окисленія, необходимо нѣсколько подробнѣе ознакомиться специально съ біохимической ролью крови, а вмѣстѣ съ тѣмъ рассказать и о нѣкоторыхъ свойствахъ печени, имѣющей важное значеніе для обмѣна веществъ.

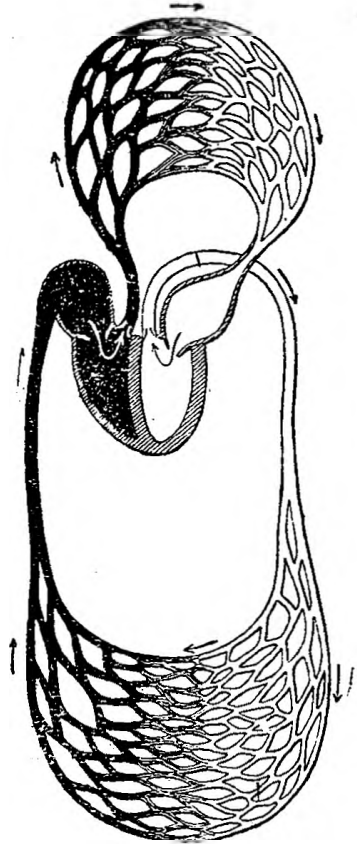


Рис 7. Схема кровообращенія у человека. Венозная часть сосудов—черная, артеріальная—свѣтлая. И та, и другая связаны посредствомъ сѣтки капилляровъ (волосныхъ сосудовъ) съ легкими (вверху) и тканями (внизу). Въ капиллярахъ кровяной потокъ омываетъ всѣ ткани, клѣтки которыхъ берутъ у него для себя пищу и отдаютъ ему, ненужныя для нихъ вещества.

## 1. Кровь.

Кровь млекопитающихъ животныхъ, получившая черезъ посредство легкихъ кислородъ, имѣетъ свѣтло-красный цвѣтъ; послѣ же того, какъ она отдастъ кислородъ организму и поглотитъ взаменъ его конечный продуктъ сгорания разныхъ веществъ въ животномъ организмѣ, она приобретаетъ темную, синевато-красную окраску. Кровь, содержащую кислородъ, называютъ артеріальной, содержащую же углекислоту—венозной. Последняя течетъ обратно къ легкимъ, отдаетъ тамъ углекислоту и снова поглощаетъ изъ воздуха кислородъ. Красный цвѣтъ крови обусловли-

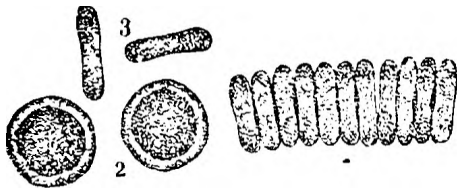


Рис. 8. Красныя кровяныя тѣльца изъ человѣческой крови. 1. Столбикъ тѣлецъ, похожій на столбикъ монетъ. 2. Видъ тѣльца со стороны поверхности. 3. То же сбоку.

вается красными кровяными тѣльцами или эритроцитами (рис. 8), —

микроскопически малыми образованиями, плавающими въ безцвѣтной жидкости, плазмѣ. Сверхъ того, кровь содержитъ не-

большое количество бѣлыхъ кровяныхъ тѣлецъ или лейкоцитовъ, о значеніи которыхъ мы не можемъ здѣсь распространяться. Въ животнаго организма кровь свертывается: жидкость, сыворотка, отдѣляется отъ волокнистаго вещества или фибрина (рис. 9). Послѣ отдѣленія красныхъ кровяныхъ тѣлецъ и сыворотки отъ фибрина первые и послѣдній могутъ быть раздѣлены центрифугированіемъ (дѣйствіемъ центробѣжной силы).

Свертываніе обусловливается переходомъ въ нерастворимое состояніе бѣлковыхъ веществъ, находившихся.

до того въ растворѣ, особенно же т. наз. фибриногена. Въ процессѣ свертыванія растворимое бѣлковое вещество, фибриногенъ, переходитъ въ нерастворимый фибринъ, который можно получить въ видѣ волоконъ

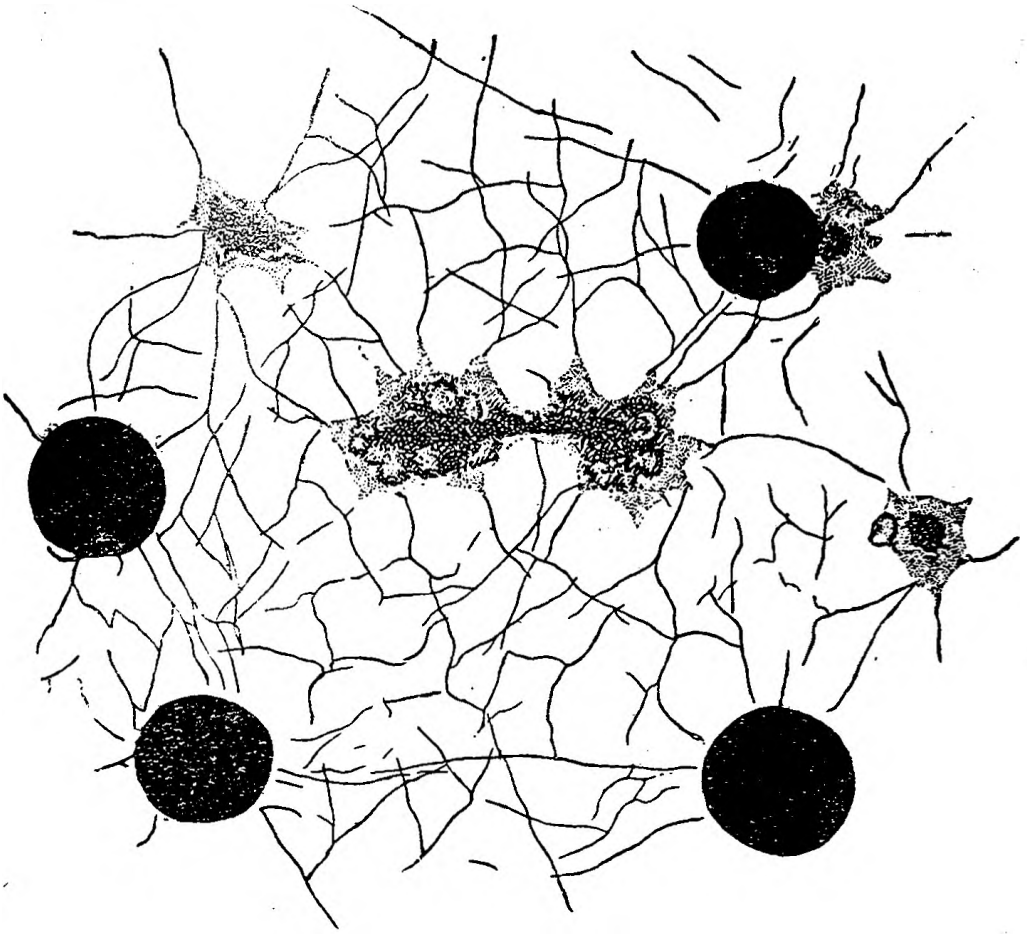


Рис. 9. Фибриновая сѣтка съ эритроцитами изъ человеческой крови.

путемъ сбиванія крови. Кровь, освобожденную отъ фибрина, называютъ дефибрированной. Превращеніе растворимаго фибриногена въ нерастворимый фибринъ происходитъ подъ вліяніемъ особаго энзима, такъ наз. фибринфермента или тромбина. Выдѣлившійся фибринъ нерастворимъ, но способенъ

къ разбуханію. Надо замѣтить, что фибриногенъ, кромѣ крови, содержится еще въ млечномъ сокѣ, лимфѣ, трансудатахъ и эксудатахъ. Свертыванію можно помѣшать разными средствами, главнымъ образомъ, прибавленіемъ къ крови экстракта пьязокъ (гирудина), а также рядомъ растворовъ солей, особенно, растворомъ щавелевокислаго калия или аммонія, который осаждаетъ кальціевыя соли крови въ видѣ нерастворимаго щавелевокислаго кальція и тѣмъ уничтожаетъ способность крови къ свертыванію.

Кромѣ фибриногена, къ числу бѣлковыхъ веществъ крови принадлежатъ нуклеопроteidы, серумглобулины и альбумины. Близко къ серумглобулинамъ и красящее вещество крови гемоглобинъ. Нуклеопроteidы, повидимому, химически родственны энзиму фибрина, тромбину. Серумглобулины и альбумины представляютъ собой смѣси бѣлковъ, способныя свертываться и осаждаться солями. Этой послѣдней способностью они обладаютъ, однако, въ различной степени. Глобулины содержатъ углеводную группу, способную къ отщепленію.

Если мы отдѣлимъ посредствомъ центрифугированія дефибринированной крови кровяныя тѣльца отъ жидкости, то послѣдняя, какъ только что упомянуто, будетъ представлять собой сыворотку, которая, слѣдовательно, отличается отъ плазмы только отсутствіемъ фибрина. Сыворотка содержитъ, кромѣ бѣлковъ, еще жиръ, лецитинъ и холестеринъ; сверхъ того, при нормальныхъ условіяхъ, виноградный сахаръ (около 0,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) и производныя глюконовой кислоты  $\text{C}_6\text{H}_5(\text{C}_6\text{H}_4)_4\text{COOH}$ , далѣе, рядъ энзимовъ, на примѣръ, діастазу, переводящую крахмаль и гликогенъ въ мальтозу, липазу, энзимы, расщепляющіе бѣлокъ, и соотвѣтствующіе антиэнзимы, да-

лѣе, оксидазы и каталазы, значеніе которыхъ весьма велико. Наконецъ, надо упомянуть, что сыворотка можетъ содержать еще токсины, антитоксины и иммунизирующія тѣла, изслѣдованіе которыхъ приобрѣло весьма крупное значеніе для современной серотерапіи. Изъ другихъ органическихъ веществъ въ крови нормально находятся мочевины, мочевая кислота, креатинъ, молочная кислота и др. Изъ неорганическихъ веществъ въ ней присутствуютъ, главнымъ образомъ, хлористый натрій, а затѣмъ—известковыя соли, углекислый натрій, соли сѣрной и фосфорной кислотъ и калийныя соли.

Мы должны сказать нѣсколько словъ о химіи красныхъ кровяныхъ тѣлецъ. Содержимое красныхъ кровяныхъ тѣлецъ состоитъ, главнымъ образомъ, изъ раствора краснаго красящаго вещества крови, гемоглобина, который, поглотивъ кислородъ, циркулируетъ въ артеріяхъ въ видѣ оксигемоглобина, тогда какъ въ венахъ гемоглобинъ, лишенный своего кислорода, вступаетъ въ соединеніе съ углекислотой, произошедшей отъ сгоранія органическихъ веществъ. Гемоглобинъ, какъ и оксигемоглобинъ, можетъ быть полученъ въ видѣ красныхъ кристалловъ (рис. 10). Особенно интересенъ тотъ фактъ, что дѣйствіемъ химическихъ реактивовъ изъ гемоглобина могутъ быть добыты вещества, близкія въ химическомъ отношеніи къ продуктамъ расщепленія красящаго вещества растений, хлорофилла. Мы не будемъ вдаваться здѣсь въ обсужденіе отдѣльныхъ реакцій гемоглобина. Укажемъ только на его способность легко и прочно соединяться химически съ окисью углерода. На этомъ явленіи основывается столь опасное отравленіе свѣтильнымъ газомъ и окисью углерода (угарь).



По своей численности красныя кровяныя тѣльца сильно преобладаютъ надъ бѣлыми. Въ человѣческой крови нормально содержится въ 1 куб. мм. 4—5 милліоновъ красныхъ и 8—10 тысячъ бѣлыхъ кровяныхъ

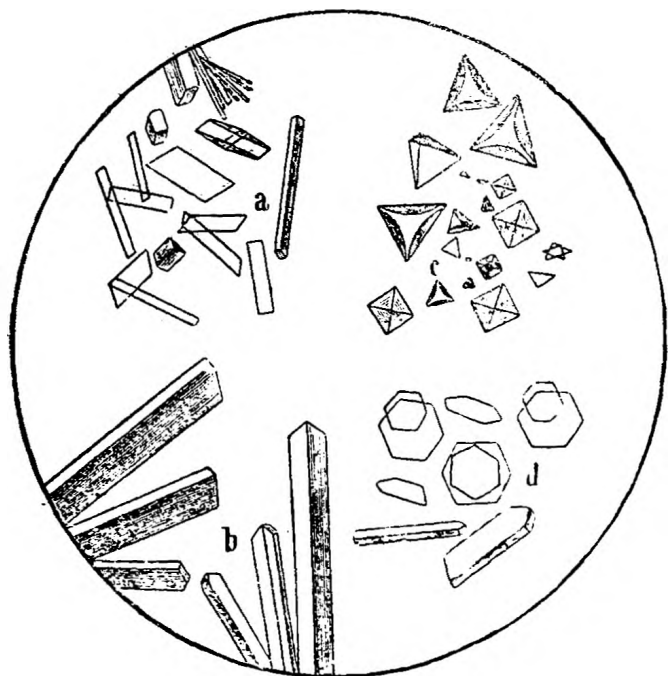


Рис. 10. Кристаллы оксигемоглобина, а—человѣка, б—кошки, с—морской свинки, d—бѣлки.

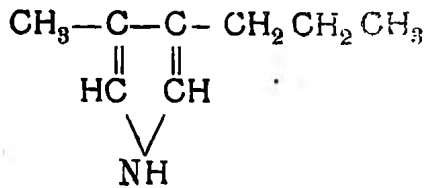
тѣлецъ. Патологическое уменьшеніе количества красныхъ тѣлецъ приводитъ къ болѣзни, называемой блѣдной немочью или хлорозомъ, а слишкомъ сильное размноженіе бѣлыхъ кровяныхъ тѣлецъ—къ опасной лейкоми. Содержаніе гемоглобина въ крови у людей колеблется въ зависимости отъ возраста и индивидуальныхъ особенностей, и у лицъ среднихъ лѣтъ равняется приблизительно 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. При болѣзненныхъ состояніяхъ, которыхъ мы здѣсь можемъ коснуться лишь мимоходомъ, въ крови находятся также продукты расщепленія бѣлковыхъ веществъ,—а м и н о к и с л о т ы .

## III. Гэмоглобинъ и хлорофиллъ.

Гэмоглобинъ состоитъ изъ комплекса бѣлковъ, въ который входитъ одинъ содержащій желѣзо компонентъ въ качествѣ носителя окраски. Если мы удалимъ изъ красящаго вещества крови посредствомъ отщепленія бѣлковое вещество, глобинъ, то останется содержащее желѣзо красящее вещество, — гэминъ, притомъ, вѣроятно, въ формѣ, отличной отъ нормальнаго красящаго вещества свѣжей крови, потому что для полученія указаннаго эффекта требуются сравнительно энергичныя реакціи. Дѣйствиємъ крѣпкой уксусной кислоты, къ которой прибавлена поваренная соль на оксигэмоглобинъ можно произвести такое расщепленіе, причемъ глобинъ остается въ растворѣ, а гэминъ, связанный съ соляной кислотой, выпадаетъ въ видѣ кристалловъ съ атласнымъ блескомъ (Тейхмановы кристаллы), которые могутъ служить для открытія незначительныхъ количествъ крови. При дѣйствии щелочей на гэминъ возникаетъ гэматинъ, который получается и при дѣйствии желудочнаго и панкреатическаго сока на оксигэмоглобинъ. Гэматинъ есть продуктъ разложенія гэмоглобина, легко образующійся въ присутствіи кислорода. Гэминъ представляетъ не что иное, какъ солянокислый эфиръ гэматина.

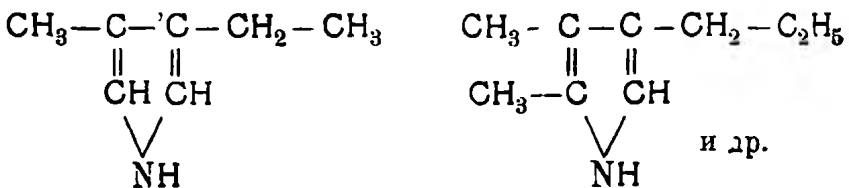
Если расщепленіе гэмоглобина происходитъ въ отсутствіи кислорода, то вмѣсто гэматина получается продуктъ возстановленія послѣдняго, гэмохромогенъ, представляющій, вѣроятно, атомную группу гэмоглобина, съ которой связана окраска послѣдняго. Особенно важенъ тотъ фактъ, что при возстановленіи гэмоглобина и хлорофилла въ совершенно одинаковыхъ

условіяхъ получается одно и то же вещество (или, по крайней мѣрѣ, тѣла, очень близкія между собой), получившее названіе гѣмопирролла, такъ что въ основѣ красящихъ веществъ обоихъ царствъ природы лежитъ одно и то же основное вещество, если только гѣмоглобинъ не возникаетъ въ животномъ организмѣ изъ хлорофилла. Гѣмопирроль есть метилпропилпирроль и соотвѣтствуетъ формулѣ<sup>1)</sup>:



Подобно тому, какъ красное красящее вещество крови, гѣмоглобинъ, сообщаетъ крови животныхъ характерную окраску и выполняетъ важную роль въ качествѣ существеннѣйшей составной части циркулирующихъ въ животномъ организмѣ соковъ, — зеленое красящее вещество, хлорофиллъ, имѣетъ аналогичное значеніе для растений. Если механизмъ сгорания въ животномъ организмѣ еще не во всѣхъ пунктахъ выясненъ, то мы все же знаемъ, что гѣмоглобинъ играетъ при этомъ необходимую роль, способствуя переходу сложныхъ органическихъ соединений въ неорганическіе конечные продукты. Аналогичную, хотя и противоположную роль играетъ въ растеніи хлорофиллъ,

<sup>1)</sup> По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, гѣмопирроль представляетъ изъ себя смѣсь, въ которой содержатся между прочимъ вещества такого строенія:



именно, въ обсуждавшихся уже процессахъ ассимиляціи углекислоты, которая приводитъ къ синтезу болѣе сложныхъ органическихъ веществъ изъ неорганическихъ исходныхъ продуктовъ,—углекислоты и воды. Поэтому здѣсь будетъ уместно отмѣтить важнѣйшія химическія свойства хлорофилла. Повидимому, зеленые пигменты не во всѣхъ растеніяхъ имѣютъ одинаковый составъ, однако, всѣ они содержатъ общую неорганическую часть, а именно магній. Съ помощью спирта можно извлечь хлорофиллъ изъ растеній, а посредствомъ дальнѣйшихъ операций его можно отдѣлить отъ сопровождающихъ его веществъ, — желтыхъ красящихъ веществъ каротина и ксантофилла. Можно также получить хлорофиллъ въ кристаллической формѣ. Изолированный, выдѣленный изъ клѣтокъ хлорофиллъ теряетъ способность ассимиляціи углекислоты. Точный составъ хлорофилла намъ еще неясенъ, однако, дѣйствіемъ кислотъ и щелочей можно получить изъ него дериваты, которые, какъ сейчасъ упомянуто, стоятъ въ связи съ производными красящаго вещества крови — гѣмоглобина.

### III. Окисленія въ крови.

Гѣмоглобинъ можетъ присоединять къ себѣ кислородъ изъ воздуха, доставляемый ему легкими, и давать новое соединеніе — оксигѣмоглобинъ, сообщая артеріальной крови свѣтлокрасную окраску. Но кислородъ находится здѣсь въ столь непрочномъ химическомъ соединеніи, что чрезвычайно легко выдѣляется обратно. Такъ, достаточно помѣстить артеріальную кровь подъ колоколъ воздушнаго насоса при очень небольшомъ давленіи, чтобы удалить большую часть поглощеннаго кислорода. На этомъ свойствѣ гѣмоглобина—легко поглощать и отдавать обратно кис-

лородъ — основывается одна изъ важнѣйшихъ его функций въ живомъ организмѣ, именно, снабженіе послѣдняго кислородомъ, необходимымъ для сжиганія органическихъ веществъ и, слѣдовательно, для доставленія энергіи. Во многихъ частяхъ организма происходятъ процессы сгорания, значеніе которыхъ для обмена энергіи уже обсуждалось выше. Эти процессы переводятъ органическія соединенія въ конечные продукты окисленія, углекислоту, воду и т. д., и отдаютъ выдѣляющуюся при этомъ теплоту или какъ таковую, или въ какой нибудь другой формѣ энергіи. Чтобы взять простой случай, напомнимъ, что углеводы, особенно сахаръ, окисляются главнымъ образомъ въ мускулахъ, которымъ приходится совершать механическую работу. Необходимый для этого окисленія кислородъ благодаря работѣ сердца переносится въ крови въ качествѣ оксигэмоглобина къ мускуламъ гдѣ кислородъ выдѣляется для участія въ процессѣ горѣнія. При этомъ оксигэмоглобинъ переходитъ въ гэмоглобинъ, а красныя кровяныя тѣльца поглощаютъ возникающую черезъ сгораніе углекислоту. Обогащенная углекислотой кровь снова переносится въ легочную ткань въ венахъ, гдѣ кровь благодаря содержанію углекислоты пріобрѣтаетъ темнокрасный цвѣтъ. Въ легкихъ углекислота выдѣляется и выдыхается, тогда какъ проникнувшій въ нихъ при вдыханіи кислородъ опять даетъ начало образованію оксигэмоглобина. Тогда кровь, получившая способность производить процессы окисленія, снова разносится артеріями по всему организму и доставляется мускуламъ.

Насъ интересуетъ прежде всего вопросъ, какимъ образомъ проявляется окисляющее дѣйствіе оксигэмоглобина. Представляетъ ли онъ самъ окисляющее средство или является лишь переносчикомъ кислорода, ко-

торый несетъ кислородъ атмосферы въ тѣ мѣста, гдѣ должно происходить окисленіе? На послѣдній вопросъ надо дать утвердительный отвѣтъ. Оксигемоглобинъ, который, какъ упомянуто, необыкновенно легко отдаетъ свой кислородъ, дѣйствуетъ совершенно аналогично атмосферному кислороду, т. е. онъ обладаетъ чрезвычайно слабой окисляющей способностью. Подобно тому, какъ пропусканіемъ воздуха черезъ растворъ сахара нельзя окислить растворенный сахаръ въ углекислоту и воду, точно такъ же невозможно произвести такъ далеко идущую реакцію съ помощью оксигемоглобина. Несомнѣнно, что здѣсь, какъ и въ большинствѣ совершающихся въ организмѣ реакцій, необходимо содѣйствіе энзимовъ.

Изслѣдованіе этого важнаго вопроса привело къ слѣдующимъ результатамъ. Въ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ находятся энзимы, которые придаютъ кислороду, обладающему лишь слабыми окислительными свойствами, способность дѣйствовать, какъ сильный окислитель. При помощи простого опыта можно уяснить себѣ господствующія здѣсь условія. Перекись водорода  $H_2O_2$  представляетъ вещество, которое, подобно оксигемоглобину, обладаетъ лишь весьма слабыми окислительными свойствами. Если въ эту перекись водорода помѣстить подходящее тѣло, способное къ окисленію, то никакого окисленія не происходитъ. Перекись водорода, какъ и введенное въ нее тѣло остаются неизмѣнными. Но если къ раствору перекиси водорода прибавить красныя кровяныя тѣльца въ естественномъ видѣ или ихъ содержимое, то возникаетъ удивительная картина. Перекись водорода бурно разлагается по уравненію  $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ . Если въ то же время въ растворѣ присутствуетъ способное къ окисленію вещество, то происходитъ окисленіе. Для

того, чтобы придать этому явлению наглядность, берутъ въ качествѣ подвергающагося окисленію вещества такое, которое само по себѣ безцвѣтно, но переходитъ черезъ окисленіе въ красящее вещество; таковъ, на примѣръ, спиртовой растворъ гуаяковой смолы или же бензидина. Оба они даютъ черезъ окисленіе голубыя краски, разумѣется, различныя. Существуютъ энзимы, которые, будучи прибавлены къ смѣси бензидина или гуаяковой смолы съ перекисью водорода, производятъ бурное выдѣленіе кислорода, не вызывая голубой окраски жидкости, т. е. окисленія. Такіе энзимы, присутствіе которыхъ доказано и въ крови, называютъ каталазами. Другіе же энзимы, — также и присутствующій въ крови и столь важный для окисленія, — производятъ, кромѣ выдѣленія кислорода весьма быстрое окисленіе только что упомянутыхъ веществъ съ появленіемъ голубой окраски. Такіе энзимы въ виду окисляющихъ ихъ свойствъ называютъ оксидазами. Въ присутствіи каталаза, какъ предполагаютъ, изъ перекиси водорода выдѣляется кислородъ съ тѣми же свойствами, какими онъ обладаетъ въ атмосферѣ, т. е. со слабой окисляющей способностью, — кислородъ остается не активнымъ. Слѣдовательно каталазы являются антиэнзимами оксидаза. Послѣднія развиваютъ активный кислородъ, обладающій свойствами сильнаго окислителя; кислородъ этотъ обладаетъ уже способностью окислять такія вещества, которыя въ присутствіи атмосфернаго воздуха остаются совершенно неизмѣняемыми.

Такимъ образомъ, мы получаемъ слѣдующее представленіе о процессахъ окисленія въ крови. Оксигемоглобинъ представляетъ собой соединеніе, которое разноситъ кислородъ по всѣмъ частямъ организма и содержитъ его въ такомъ непрочномъ соединеніи, что

подъ вліяніемъ энзимовъ онъ отщепляется. Въ тѣхъ частяхъ организма, гдѣ оксигэмоглобинъ встрѣчается съ каталазами, кислородъ остается неактивнымъ, тогда какъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ находятся оксидазы, отщепляется кислородъ, получившій активность въ качествѣ окислителя. Въ составъ организма входитъ рядъ горючихъ веществъ, ибо матеріаломъ для образованія клетокъ служатъ вѣдь бѣлковыя вещества, жиры и т. д., которыя могутъ подвергаться окисленію въ процессѣ обмѣна веществъ. Отсюда понятно, что жизненные потребности организма требуютъ разрѣшенія двухъ задачъ. Во первыхъ, важныя для жизни, но чувствительныя къ кислороду части должны быть защищены стѣ дѣйствія послѣдняго, чтобы не допустить разрушенія самого организма, во вторыхъ, участвующія въ обмѣнѣ веществъ продукты, часто принадлежащія къ тѣмъ же самымъ химическимъ категоріямъ веществъ, должны сжигаться для цѣлей добыванія энергіи. Организмъ, повидимому, разрѣшаетъ обѣ эти задачи тѣмъ, что снабжаетъ части, подлежащія защитѣ, каталазами, а подлежащія окисленію — оксидазами. Такимъ образомъ достигается то, что въ первыхъ кислородъ оксигэмоглобина можетъ отщепляться лишь въ недѣятельной формѣ, какъ атмосферный кислородъ, а въ послѣднихъ — со свойствами окислителя.

Для того, чтобы такое представленіе было правильнымъ, надо предположить, что оксигэмоглобинъ по своимъ свойствамъ сравнимъ съ перекисью водорода. Дѣйствительно, судя по свойствамъ гѣмоглобина, весьма вѣроятно, что мы должны считать его соединеніемъ, соотвѣтствующимъ по своему строенію перекиси водорода. Въ самомъ дѣлѣ, всѣ перекиси въ своей совокупности характеризуются тѣмъ, что они возникаютъ путемъ поглощенія м о л е ку л ы кислорода, по равен-



ству  $H_2 + O_2 = H_2O_2$ . Такъ и гемоглобинъ, повидимому поглощаетъ въ процессъ дыханія молекулу кислорода циркулируетъ въ крови въ видѣ перекиси гемоглобина и при своемъ разложеніи отдаетъ кислородъ такимъ же способомъ, какъ это было указано относительно перекиси водорода.

Какъ мы уже неоднократно указывали, использование углеводовъ, ихъ ассимиляція и диссимиляція въ животномъ организмѣ, является одной изъ важнѣйшихъ функцій этого послѣдняго. Хотя химическіе процессы, происходящіе при такого рода явленіяхъ, въ существенныхъ пунктахъ еще не выяснены, однако, мы знаемъ, что рѣшающая роль выпадаетъ здѣсь на долю печени. Поэтому здѣсь будетъ цѣлесообразно вкратцѣ изложить наши химическія знанія относительно функцій этого важнаго органа.

#### IV. Печень.

Тогда какъ изслѣдованіе обмѣна веществъ ознакомило насъ съ конечными продуктами, въ которыя переходятъ пищевыя вещества на своемъ пути черезъ организмъ, изслѣдованіе отдѣльныхъ органовъ и органическихъ жидкостей не только даетъ знаніе ихъ состава, но въ то же время и уясняетъ природу продуктовъ, которые постоянно въ нихъ вырабатываются и потому постоянно въ нихъ содержатся. Въ виду того, что, какъ мы видѣли, конечные продукты никогда не вырабатываются посредствомъ одного прямого процесса, но проходятъ при своемъ образованіи нѣсколько этаповъ, и такъ какъ, съ другой стороны, мы знаемъ, что отдѣльные органы надѣлены опредѣленными функціями:—разлагать пищевыя вещества, видоизмѣнять ихъ, строить заново,—то химія органовъ знакомитъ

насъ отчасти и съ ихъ химическими функціями. Постепенный распадъ веществъ до конечныхъ продуктовъ, совершающійся внутри организма, а также обмѣнъ составными частями, совершающійся между отдѣльными органами тѣла, называютъ интермедіарнымъ (посредственнымъ) обмѣномъ веществъ. Для болѣе точнаго его изученія пользуются также искусственными методами, а именно, реакціи, въ которыхъ участвуютъ продукты расщепленія, пытаются воспроизвести внѣ организма съ помощью химическихъ реактивовъ. Важнѣйшимъ орудіемъ для этой цѣли является гидролизъ, т. е. расщепленіе сложной молекулы съ помощью кислотъ или щелочей при одновременномъ поглощеніи воды. Изучая продукты расщепленія, появляющіеся при такихъ реакціяхъ, которыя, несомнѣнно, происходятъ и въ организмѣ, мы можемъ характеризовать и первоначальныя вещества, если не въ отношеніи ихъ конституціи, то въ отношеніи молекулъ, ихъ образующихъ. Это особенно важно въ отношеніи бѣлковыхъ веществъ, которыя играютъ важную роль во всѣхъ органахъ. Такъ, до сихъ поръ единственный путь отличать одни отъ другихъ различные виды бѣлка, присутствующіе въ разныхъ органахъ, состоитъ въ количественномъ и качественномъ установленіи гидролитическихъ продуктовъ ихъ расщепленія.

Раньше уже упоминалось объ одной изъ важнѣйшихъ функцій, выполняемыхъ печенью, каковой является накопленіе углеводовъ въ формѣ гликогена. Но этимъ не ограничивается та роль, которую играетъ печень въ организмѣ млекопитающаго. Она имѣетъ во многихъ отношеніяхъ величайшее значеніе для процессовъ пищеваренія. Выдѣляемый ею сокъ или желчь играетъ, какъ уже упомянуто, рѣшающую роль при перевариваніи бѣлковъ. При выдѣленіи желчи обра-

зуются красящія вещества, красножелтый билирубинъ и продуктъ его окисленія, зеленый биливердинъ; оба они образуются изъ гемоглобина, причемъ послѣдній разрушается клѣтками печени и откладывается въ ней содержащееся въ немъ желѣзо.

О химическомъ составѣ печени надо замѣтить слѣдующее. При выясненіи химической природы органовъ тѣла надо вообще говоря считаться съ тѣмъ неудобствомъ, что послѣ смерти организма органы эти подвергаются весьма быстро наступающимъ измѣненіямъ. Поэтому мы часто бываемъ не въ состояніи судить съ несомнѣнностью о состояніи и превращеніяхъ веществъ въ самомъ живомъ организмѣ.

Въ печени содержится весьма много бѣлковыхъ тѣлъ, частью растворимыхъ, частью нерастворимыхъ, крѣмъ того, жиръ, лецитинъ и похожее на лецитинъ вещество іе коринъ. Если все вещество печени осторожно высушить и путемъ экстракціи освободить отъ нерастворимыхъ бѣлковъ, то мы получимъ растворимыя экстрактивныя вещества печени. Къ числу послѣднихъ принадлежитъ гликогенъ и сравнительно большое количество пуриновыхъ основаній, затѣмъ мочевины, мочева кислота и аминокислоты. Особенно богата печень энзимами, что вполне соотвѣтствуетъ той крупной роли, которую она играетъ въ пищевареніи; именно, печень содержитъ каталазы, оксидазы, діастазы, липазы и энзимы, расщепляющія бѣлокъ. Обыкновенно въ ней содержится желѣзо, но въ переменномъ количествѣ. Кромѣ того, мы находимъ здѣсь калий, натрій, фосфорную кислоту, кальцій и хлоръ,—разумѣется, въ видѣ химическихъ соединеній. Съ особенной легкостью поглощаются печенью и связываются

чуждыя организму вещества, напр., чуждые ему металлы, какъ свинецъ и мышьякъ.

Вѣроятно, эта способность печени скоплять въ себѣ чуждыя вещества является орудіемъ защиты организма противъ ядовъ; да и вообще печень, повидимому, во многихъ случаяхъ можетъ дѣйствовать въ качествѣ органа, обезвреживающаго яды. Крупнѣйшую и лучше всего изученную роль играетъ печень въ углеводномъ обмѣнѣ веществъ. Мы знаемъ, что всѣ углеводы, которые доставляются печени вмѣстѣ съ кровью воротной вены, превращаются въ этомъ органѣ въ гликогенъ и откладываются въ видѣ такового; такимъ путемъ возникаетъ запасъ углеводовъ, изъ котораго дѣйствіемъ діастазы отщепляется столько винограднаго сахара, чтобы содержаніе его въ крови оставалось въ нормальныхъ предѣлахъ, т. е. равнялось, приблизительно, 0,1%. Когда этотъ регуляторъ процесса отщепленія сахара разрушается, то происходитъ накопленіе сахара въ крови, приводящее къ распространенному болѣзненному разстройству обмѣна веществъ,—сахарной болѣзни. Въ процессѣ сжиганія углеводовъ, повидимому, играетъ извѣстную роль и панкреатическая железа. При оперативномъ удаленіи этой железы очень быстро наступаетъ сахарная болѣзнь. Вообще, выдѣленія различныхъ органовъ обнаруживаютъ столь тѣсное взаимодѣйствіе и столь согласно служатъ цѣлямъ сохраненія организма, что едва ли можно говорить въ этомъ смыслѣ о функціяхъ cadaго органа въ отдѣльности.

---

## ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

### ОБМѢНЪ ВЕЩЕСТВЪ И ДОБЫВАНІЕ ЭНЕРГІИ.

Для фізіологическаго изслѣдованія обмѣна веществъ имѣютъ значеніе нѣкоторыя отношенія, о которыхъ позволяетъ судить жизнедѣятельность организма, проявляющаяся въ работѣ. Для этого вопроса существенное значеніе имѣетъ количественное отношеніе бѣлковъ, принимаемыхъ организмомъ съ пищей, къ потребляемымъ бѣлкамъ, которое можно установить путемъ опредѣленія содержанія азота въ выдѣленіяхъ. Установленіемъ количества азота, принимаемаго и выдѣляемаго организмомъ, опредѣляется балансъ азота, весьма важный для сужденія о работѣ организма. Опыты надъ голодающими животными доказали, что животный организмъ выдѣляетъ азотъ, даже если не получаетъ въ пищу бѣлковыхъ веществъ, другими словами при этомъ перерабатывается бѣлокъ самого организма. Бѣлокъ не можетъ быть вполнѣ замѣщенъ никакимъ инымъ питательнымъ веществомъ. При опытахъ съ животными удается поддерживать въ нихъ такъ называемое равновѣсіе азота, т. е. давать имъ въ формѣ бѣлковъ какъ разъ столько азота, сколько они выдѣляютъ обратно. Когда поглощеніе азота превышаетъ его выдѣленіе, то подвергнутое опыту животное накапливаетъ въ себѣ бѣлокъ, и тогда говорятъ о положительномъ балансѣ азота. Въ противоположномъ случаѣ имѣетъ мѣсто отрицательный балансъ азота: животное живетъ на счетъ своего собственнаго бѣлка. Поскольку разложеніе бѣл-

ковъ служить для покрытія расхода энергіи при мускульной дѣятельности, постольку ихъ можно замѣнить углеводами и жирами; но изъ только что упомянутыхъ опытовъ надъ голодающими животными слѣдуетъ, что нѣкоторыя функціи въ организмѣ необходимымъ образомъ связаны съ потребленіемъ бѣлковъ.

Второй важный въ физиологическомъ отношеніи вопросъ, касающійся конечныхъ продуктовъ обмѣна веществъ, состоитъ въ отношеніи конечнаго продукта сгорания углерода органическихъ пищевыхъ веществъ, — углекислоты, къ доставляемому организму кислороду. Это отношеніе можно легко подвергнуть контролю путемъ изслѣдованія выдыхаемаго воздуха. Такъ какъ одинъ объемъ кислорода даетъ при сгораніи углеводовъ одинъ объемъ углекислоты, то, — поскольку рѣчь идетъ о сгораніи углеводовъ, — выдыхаемый воздухъ будетъ на одинъ и тотъ же объемъ бѣднѣе кислородомъ и богаче углекислотой, чѣмъ вдыхаемый. Однако, отношеніе углекислоты къ кислороду, такъ называемый респираторный коэффициентъ, на опытѣ оказывается равнымъ не 1, но, по большей части, приблизительно, 0,9. При сгораніи жира, который равнымъ образомъ даетъ въ качествѣ конечнаго продукта, кромѣ воды, углекислоту, респираторный коэффициентъ имѣетъ величину только 0,71, такъ что величина 0,9, находямая въ большинствѣ случаевъ, указываетъ на участіе въ процессѣ сгорания обоихъ питательныхъ веществъ, причемъ надо еще имѣть въ виду, что часть углерода бѣлковъ также выдѣляется въ видѣ углекислоты.

Наблюдающіеся въ организмѣ формы энергіи, напримеръ, теплота, механическая или электрическая энергія имѣютъ своимъ источникомъ химическую энергію доставляемыхъ организму пищевыхъ веществъ.

развиваемую при участіи атмосфернаго кислорода. При голоданіи матеріаломъ для реакціи горѣнія служить самъ организмъ. Такъ какъ величина энергіи данной химической реакціи всего легче можетъ быть указана въ тепловыхъ единицахъ, и такъ какъ взаимная превращаемость всѣхъ формъ энергіи даетъ возможность однообразнаго примѣненія этой тепловой единицы, то достаточно будетъ разсмотрѣть энергетическую сторону обмѣна веществъ въ связи съ тепловой экономіей организма. Три существенныхъ фактора обмѣна веществъ, о которыхъ мы только что говорили,—выдѣленіе азота, поглощеніе кислорода и выдѣленіе углекислоты,—не въ одинаковой мѣрѣ участвуютъ въ производствѣ теплоты. Послѣднее можно считать выраженіемъ всѣхъ превращеній въ организмѣ, если путемъ надлежащей постановки опыта мы достигнемъ того, чтобы всѣ превращенія могли быть измѣряемы въ формѣ теплоты. Такое условіе опыта можетъ быть осуществлено съ помощью большихъ калориметровъ, въ которыхъ подвергается опыту животное содержится при постоянной температурѣ въ полномъ покоѣ (рис. 11). Опыты, производимые въ такомъ приборѣ, дали результаты, доказавшіе, что законъ сохраненія энергіи имѣетъ силу и въ отношеніи животнаго организма. Специально въ отношеніи трехъ классовъ органическихъ пищевыхъ веществъ можетъ быть установленъ законъ и з о д и н а м і и, гласящій, что различныя пищевыя вещества,—бѣлокъ, жиръ и углеводы,—могутъ быть взяты въ вѣсовыхъ количествахъ, которыя при сгораніи даютъ приблизительно одинаковое количество теплоты. Этотъ законъ, строго примѣнимый въ отношеніи жировъ и углеводовъ, въ отношеніи бѣлковъ допускаетъ то исключеніе, на которое мы уже указывали, а именно, бѣлокъ не можетъ быть ни въ какомъ случаѣ нацѣло

замѣненъ другимъ питательнымъ веществомъ. Приведенныя въ нижеслѣдующей таблицѣ цифры даютъ болѣе точное указаніе относительно цѣнности различныхъ пищевыхъ веществъ для тепловаго оборота, а вмѣстѣ съ тѣмъ, и для всего вообще оборота энергіи въ живомъ организмѣ.

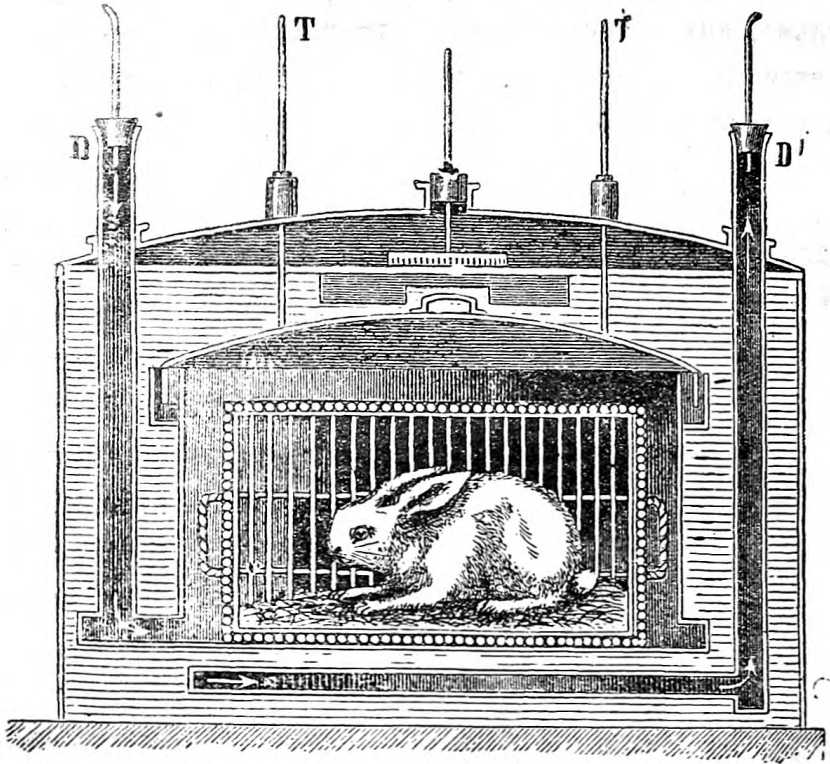


Рис. 11. Респираціонный калориметръ.

Возможность пользоваться калориметрическими данными, добытыми изъ опытовъ надъ животными и людьми, для опредѣленія рабочей цѣнности послѣднихъ, основывается, при точномъ знаніи рода и количества доставляемыхъ организму пищевыхъ веществъ, на одномъ общемъ естественномъ законѣ. Послѣдній гласитъ, что количество энергіи, освобождающейся или связываемой при переходѣ одной химической системы въ другую, не зависитъ отъ того пути, по



которому совершается такой переходъ. При превращеніи одинаковыхъ (также и въ количественномъ отношеніи) начальныхъ продуктовъ въ одинаковые конечные продукты тепловой эффектъ всегда остается однимъ и тѣмъ же, хотя бы промежуточные фазы перехода или, выражаясь химически, промежуточные продукты реакции, были различны. Следовательно, для общей суммы энергии безразлично, соединяется ли, напримѣръ, сахаръ съ избыткомъ кислорода въ углекислоту и воду сразу, т. е. происходитъ ли, скажемъ, взрывъ, или же этотъ переходъ протекаетъ постепенно въ живомъ организмѣ. Но только въ опытахъ, подлежащихъ сравненію, должны быть при измѣреніи тождественны физическія состоянія начальныхъ продуктовъ и прежде всего температура; тѣ же условія относятся и къ конечнымъ продуктамъ.

Такъ какъ въ организмѣ весьма часто происходятъ реакціи сгорания, то особый интересъ представляютъ количества теплоты, выделяемой пищевыми веществами при полномъ окисленіи. Для установленія этихъ данныхъ пользуются особымъ калориметромъ (рис. 12). Испытуемый матеріалъ помещается въ большую пла-

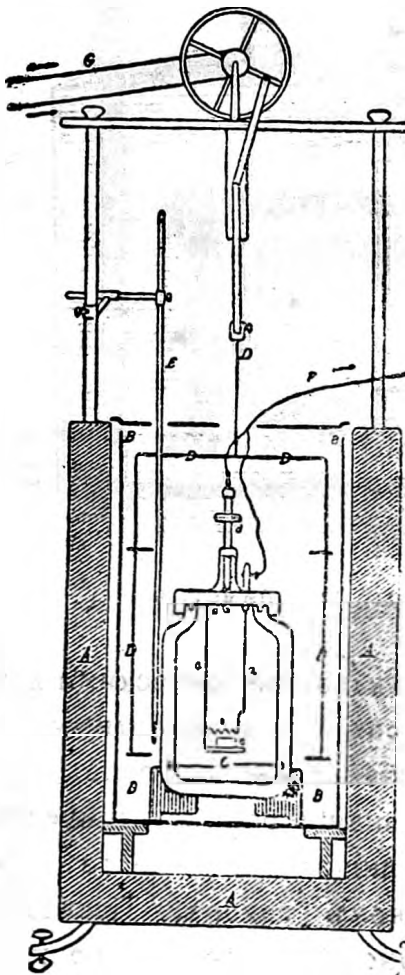


Рис. 12. Калориметръ для измѣренія теплоты сгорания.

мѣщается въ большую пла-

тинированную или эмалированную стальную бомбу, въ которую вводятъ большой избытокъ кислорода подъ давленіемъ въ 20—25 атмосферъ. Посредствомъ электрическаго тока вызываютъ весьма быстро протекающее горѣніе, причемъ бомба находится въ калориметрѣ и отдаетъ водѣ развиваемое при горѣніи тепло.

Соблюдая необходимыя мѣры предосторожности и вводя соотвѣтственныя поправки, мы получаемъ точныя значенія теплоты горѣнія. Необходимо замѣтить, что при этомъ въ качествѣ единицы тепла принято то количество его, которое повышаетъ температуру одного килогр. воды на одинъ градусъ Цельсія. Эту единицу называютъ большою калоріею (Cal). Малаыя количества теплоты цѣлесообразно измѣряютъ съ помощью малыхъ калорій (cal) или граммо-—калорій, т. е. количества теплоты, повышающаго температуру 1 гр. воды на 1° Ц.  $1 \text{ cal} = \frac{1}{1000} \text{ cal}$ .

Вещество.	Теплота сгорания на 100 гр. вещества.
Крахмаль . . . . .	419 Cal.
Виноградный сахаръ . . . . .	374 „
Молочный сахаръ . . . . .	395 „
Жиръ коровьяго масла . . . . .	923 „
Казеинъ . . . . .	585 „
Мочевина . . . . .	254 „
Масляная кислота . . . . .	594 „
Спиртъ . . . . .	708 „
Волосье мясо (тощее) . . . . .	101 „
Свиное мясо (тощее) . . . . .	146 „
Гусиное мясо . . . . .	470 „
Голубиное мясо . . . . .	100 „
Пшеница . . . . .	349 „
Рожь . . . . .	346 „
Рись . . . . .	355 „

Вещество.	Теплота сгорания на 100 гр. вещества.
Картофель . . . . .	95 "
Яблоки . . . . .	52 "
Виноградъ . . . . .	66 "
Пшеничный хлѣбъ . . . . .	270 "
Ржаной хлѣбъ . . . . .	243 "
Овсяная мука . . . . .	395 "

По поводу этихъ цифръ надо замѣтить, что бѣлки въ организмѣ не сгораютъ вполне въ конечные продукты, какъ это происходитъ въ калориметрической бомбѣ, но переходятъ въ азотсодержащія тѣла,—мочевину, мочевую кислоту и т. д. Поэтому, чтобы получить цифры, дѣйствительныя для животнаго организма, надо вычесть отсюда значенія теплоты сгорания соответствующихъ органическихъ продуктовъ выдѣленія. Таковая равна въ среднемъ 150 кал. на 100 гр. бѣлковыхъ веществъ. Всѣ три класса пищевыхъ веществъ,—бѣлки, жиры и углеводы,—имѣютъ благодаря своей способности сгорать весьма крупное значеніе для животнаго организма въ качествѣ поставщиковъ энергіи. Всѣ они могутъ играть роль въ качествѣ источниковъ мускульной силы, на что указываютъ слѣдующія величины ихъ теплотъ горѣнія.

Бѣлокъ . . . . .	585 Cal.
Жиръ коровьяго масла	923 "
Виноградный сахаръ	374 " на 100 гр. вещества.

При этомъ бѣлокъ, какъ уже упомянуто, занимаетъ особое положеніе. Только онъ одинъ изъ всѣхъ названныхъ веществъ содержитъ азотъ, безъ котораго животный организмъ не можетъ существовать. А такъ какъ, съ другой стороны, бѣлокъ способенъ подвергаться самымъ разнообразнымъ превращеніямъ въ

организи́и и, вѣроятно, способенъ также давать начало образованію сахара и затѣмъ жира, то его можно назвать важнѣйшимъ пищевымъ веществомъ. Въ самомъ дѣлѣ, онъ можетъ покрыть всю потребность въ пищу и энергіи, тогда какъ углеводы и жиры являются главнымъ образомъ источникомъ мускульной силы, да еще служатъ матеріаломъ для накопленія запасныхъ безазотистыхъ продуктовъ, но никоимъ образомъ не могутъ удовлетворить всю потребность животнаго организма въ пищу.

Опытами установлено, что при напряженной мускульной работѣ углеводы и жиры потребляются организмомъ, если они оказываются въ его распоряженіи, тогда какъ бѣлокъ, основной органической матеріаль животнаго, при этомъ сберегается. Поэтому рекомендуется,—и правило это уже давно оказалось полезнымъ на практикѣ,—при напряженной мускульной работѣ доставлять организму достаточное количество этихъ несодержащихъ азота пищевыхъ веществъ, чтобы, по возможности, беречь бѣлковые запасы организма. Особенно при физической дѣятельности полезно поэтому обильное питаніе углеводами.

---



## ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
Предисловіе проф. Чугаева къ русскому переводу . . .	3
Предисловіе автора . . . . .	4

### Г Л А В А I.

Физико-химическое введеніе . . . . .	5
--------------------------------------	---

### Г Л А В А II.

Необходимыя химическія понятія . . . . .	14
I. Неорганическія соединенія . . . . .	15
II. Органическія соединенія . . . . .	17
A. Углеводы . . . . .	17
а) Монозы . . . . .	18
в) Біозы . . . . .	23
с) Полиозы . . . . .	24
B. Жиры . . . . .	24
C. Бѣлковыя вещества . . . . .	26
D. Производныя углевислоты . . . . .	31

### Г Л А В А III.

Илѣтна . . . . .	33
I. Илѣтка; химическія и физическія орудія ея дѣ- ятельности . . . . .	33
II. Энзимы . . . . .	35
III. Диффузія и осмотическое давленіе . . . . .	45

## Г Л А В А IV.

<b>Ассимиляция углекислоты и азота . . . . .</b>	<b>53</b>
I. Ассимиляция углекислоты . . . . .	54
II. Ассимиляция азота . . . . .	61

## Г Л А В А V.

<b>Процессы диссимиляции в растительном орга- низме . . . . .</b>	<b>63</b>
I. Связь между ассимиляцией и диссимиляцией . .	63
A. Анаэробное дыхание . . . . .	64
B. Аэробное дыхание . . . . .	65
C. Процессы брожения . . . . .	66
1) Спиртовое брожение . . . . .	66
2) Молочнокислородное брожение и другие виды брожения . . . . .	70
II. Диссимиляция белковых веществ в расте- ниях . . . . .	73
III. Конечные продукты растительного обмена ве- ществ . . . . .	74

## Г Л А В А VI.

<b>Процессы диссимиляции в животном организме</b>	<b>76</b>
I. Связь между ассимиляцией и диссимиляцией . .	76
II. Диссимиляция углеводов . . . . .	78
III. Диссимиляция жиров . . . . .	82
IV. Диссимиляция белковых веществ . . . . .	84

## Г Л А В А VII.

<b>Продукты обмена веществ в животном орга- низме . . . . .</b>	<b>8</b>
I. Нормальные составные части человеческой мочи . . . . .	7 92

Г Л А В А VIII.

<b>Кровь и печень</b> . . . . .	95
I. Кровь . . . . .	96
II. Гемоглобинъ и хлорофиллъ . . . . .	101
III. Осипленія въ крови . . . . .	103
IV. Печень . . . . .	108

Г Л А В А IX.

<b>Обмѣнъ веществъ и добываніе энергіи</b> . . . . .	112
------------------------------------------------------	-----

---



# „Ф И З И К А“

Научное и популярно-научное книгоиздательство  
С.-Петербургъ. Александринская пл., 5.

## Вышли изъ печати и продаются:

**Электрическія колебанія и волны.** Основныя статьи. Подъ редакціей В. К. Лебединскаго.

Изданіе состоитъ изъ шести выпусковъ, каждый выпускъ составляетъ законченное цѣлое и продается отдѣльно.

Вып. I. Общія основанія телеграфіи и телефоніи съ помощью электрическихъ волнъ. (Введеніе. Работы Флеминга и Фессендена), 116 стр. съ черт. Цѣна 90 коп.

Вып. II. Электрическія колебанія. Введеніе. Работы В. Томсона, Феддерсена, Г. Герца. Пояснит. статья А. Фридмана, 124 стр. съ черт. Цѣна 90 коп.

Вып. III. Резонансъ несвязанныхъ цѣпей. Цѣна 80 коп.

Вып. IV. Резонансъ связанныхъ цѣпей. Цѣна 80 коп.

Вып. V. Излученіе электромагнитныхъ волнъ. Введеніе. Работы Ф. Киблица, К. Линдмана, В. Рюдинберга. 124 стр. со мног. черт. Цѣна 1 руб.

Вып. VI. Ученіе объ искрѣ и о вольтовой дугѣ. (Введеніе. Работы Г. Герца, В. Кауфмана, Г. Т. Симона, Г. Брокгаузена, М. Вина. Статья Д. А. Рожанскаго). Со многими черт. 208 стр. Цѣна 1 руб.

**Изъ вопросовъ физики.** Подъ этимъ заглавіемъ будутъ періодически выходить сборники статей, посвященныхъ новѣйшимъ завоеваніямъ физики. Редакція В. К. Лебединскаго.

Вышелъ выпускъ 1-й „О свѣтѣ“, составленный изъ статей, напечатанныхъ въ „Журналѣ Р. Ф.-Х. О.“ и въ „Вопросахъ физики“. Большинство статей значительно переработаны авторами для настоящаго изданія. Цѣна 1 р. 50 к.

**В. Аренсъ. Математическія игры и развлеченія.** Перев. съ нѣмецкаго І. В. Яшунскаго. 204 стр. Около 100 рис. въ текстѣ. Цѣна 1 р. 50 к.

**Проф. Ф. Ауэрбахъ.** Основныя понятія современнаго естествознанія. Перев. съ 3-го нѣмецкаго изд. I. В. Яшунскаго. 206 стр. съ 79 рис. Ц. 1 р. 25 к.

**Проф. Беккерель.** Эволюція матерій и міровъ, пер. Алексѣева. Ц. 25 к. 1913 г.

**Проф. Г. Кауфманъ.** Радіи и явленія радіоактивности. Перев. съ нѣмецкаго С. А. Алексѣева подъ ред. В. К. Лебединскаго. 116 стр. съ рис. въ текстѣ. Цѣна 65 коп.

**В. К. Лебединскій.** Элементарное ученіе объ энергіи. 2-е изданіе 163 стр. съ черт. Цѣна 1 руб.

Содержитъ въ себѣ анализъ понятій о силѣ, работѣ и энергіи, подробное изложеніе основъ закона сохранения энергіи, разсвѣтленія ея и второго закона энергетики, какъ фундамента нашего представленія о физическомъ мірѣ.

**Германъ Минковскій.** Пространство и время. Съ портретомъ автора, біографическимъ очеркомъ проф. Д. Гильберта и Г. Вейля и статьями проф. П. Натрона и В. Вина. Перевелъ I. В. Яшунскій. Цѣна 60 коп.

**Вольфъ, Оствальдъ.** Основы коллоидной химіи. Авторизованное изданіе подъ ред. проф. П. П. фонъ—Веймарна. Часть первая. Вып. I. Цѣна 2 руб.

**Проф. Максъ Планкъ.** Отношеніе новѣйшей физики къ механическому міровоззрѣнію. Разрѣшенный авторомъ переводъ съ нѣмецкаго Е. Г. Фейгельсона. Подъ редакціей С. О. Майзеля. 44 стр. Цѣна 25 коп.

„Небольшая брошюра Планка написана ясно и убедительно и даетъ читателю представленіе объ основной физической проблемѣ“.

(Современное Слово“, апрѣль 1911 г.)

**М. Планкъ и А. Пуанкарэ.** Новѣйшія теоріи въ термодинамикѣ (Теорема теплоты Нернста и гипотеза квантъ) пер. Алексѣева ц. 40 к. 1913 г.

**Проф. В. Рамзай.** Элементы и энергія. 1913 г. ц 25 к.

**Стробоскопическія явленія.** Сохраненіе зрительныхъ впечатлѣній въ примѣненіи къ анализу и синтезу движеній. Сборникъ основныхъ работъ Роджета, Фарадея, Плато, Доплера и Больцмана. Редакція О. С. Майзеля со статьей редактора „О возникновеніи кинематографа“. 149 стр. со мног. чертежами. Цѣна 1 руб.

**Дж. Дж. Томсонъ.** Матерія, энергія и эфиръ. Переводъ С. А. Алексѣева подъ ред. С. О. Майзеля. 64 стр. Цѣна 40 к.

**Проф. А. Фоссъ.** О сущности математики. Перев. съ нѣм. I. В. Яшунскій 116 стр. Цѣна 85 коп.

**Проф. О. Д. Хвольсонъ.** Гегель Геккель, Коссутъ и двѣнадцатая запозѣдь. Критическій этюдъ. 138 стр. Цѣна 1 руб.

**Проф. О. Д. Хвольсонъ.** Можно ли прилагать законы физики ко вселенной. 31 стр. Цѣна 25 коп.

**Проф. А. А. Майкельсонъ.** Свѣтовые волны и ихъ примѣненія. Переводъ съ англійскаго Е. Г. Фейгельсона. Подъ редакціей и съ дополненіями А. Л. Гершуна. Цѣна 1 р. 20 к.

Проф. Риги Кometы и электрoны. Перевод. подъ ред. проф. А. А. Иванова. Цѣна 45 коп.

Рюдо. Какъ изслѣдовать небесныя свѣтила. Переводъ. подъ ред. проф. А. А. Иванова. Цѣна 1 р. 50 к.

Апри Пункарэ. Новая механика. Цѣна 25 коп.

Сванте Арреніусъ. Судьба планетъ. Ц. 45 к.

М. Симонъ. Дидактика и методика математики въ средней школѣ. Переводъ со 2-го дополненнаго и значительно переработаннаго изданія. Цѣна 2 р.

Ф. Энриквесь. Вопросы элементарной геометріи. Основы геометріи. Переводъ съ переработаннаго нѣмецкаго изданія 1913 г. Цѣна 3 р.

Новыя изданія:

Проф. В. Лебъ. Введеніе въ біохимію пер. подъ ред. и прим. проф. Л. А. Чугаева. 1913 г. Цѣна 1 р.

Скловдовская-Кюри. Измѣренія въ области радіактивности пер. Тамамшевой под. ред. проф. Н. Булгакова 1913 г. ц. 60 коп.

НА СКЛАДѢ ИМѢЮТСЯ:

**Л. П. ФОНЪ ВЕЙМАРНЪ**

Приватъ-Доцентъ Коллоидной Химіи Императорскаго Спб. Университета.

КЪ УЧЕНІЮ О СОСТОЯНІЯХЪ МАТЕРІИ.

Основы кристаллизационной теоріи необратимыхъ коллоидовъ) 8<sup>о</sup> 192 стр. Ц. 3 рубля.

---

Выписывающіе изъ склада изданій „Физика“, С.-Петербургъ, Александринская площадь, 5, на сумму 5 руб. и больше—за пересылку не платятъ.

---

Съ требованіями обращаться

въ Отдѣленіе склада изданій „ФИЗИКА“

**Книжный магазинъ Г. С. Дукермана,**  
С.-Петербургъ, Александринская площ., 5.



