

612.015

М

612.015

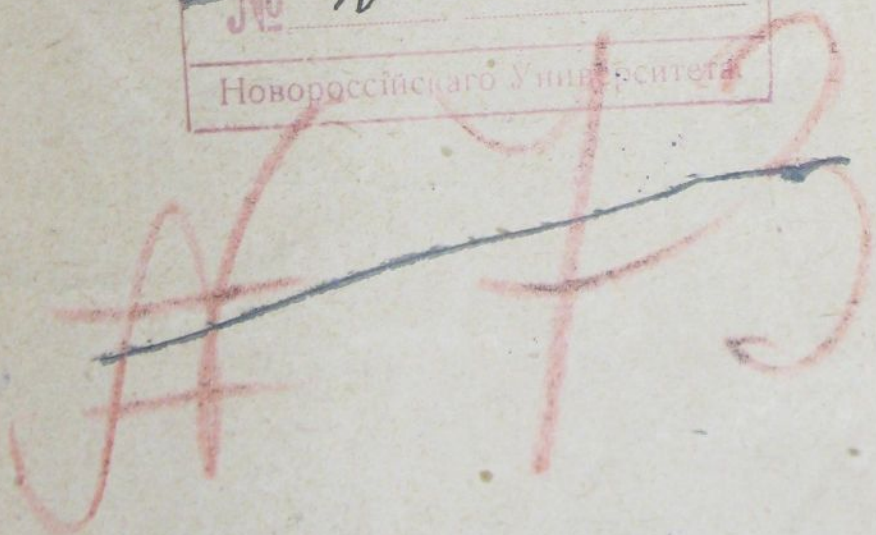
М

Меоведев А. К.

Физиологическая химия. Конспект лекций.



Правленіе бібліотеки студентовъ-медиковъ напoминаетъ товарищамъ, что они отвѣчаютъ за порчу и поврежденіе книгъ и переплетовъ.



И. С. ...
15/11/98



КОНСПЕКТЪ ЛЕКЦІЙ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ,

съ приложеніемъ краткаго руководства для практическихъ работъ по качественному и количественному анализу мочи,

читанныхъ профессоромъ А. К. МЕДВѢДЕВЫМЪ въ Императорскомъ Новоросіейскомъ Университетѣ.

3-е дополненное и исправленное изданіе.

Составилъ студ.-мед. С. Г. Дившинъ при соудруничествѣ студ.-мед.: Г. І. Дороша и А. В. Акулова.

1952 г.

1972

Изданіе редактировано б. лаборантомъ при кафедрѣ физиологической химіи, докторомъ А. И. ВІНОГРАДОВЫМЪ.

[Handwritten signature]

2012

Библиотека Студентов-Медиков

~~2500~~

Новоросіейскаго Университета.

С К Л А Д Ъ  И З Д А Н І Я

Книжный магазинъ „ОБРАЗОВАНИЕ“.

Одесса, Ришельевская улица д. № 12.

1911 г.

ИНВЕНТАР
№ 3052

612.015



„Коммерческая типографія“ Б. И. Саложникова, Одесса,
Ул. Жуковского № 12, противъ Государственнаго Банка.



ПЕРЕОБЛІК

Оглавленіе.

	Стр.
Введеніе	1-13
Предметъ фізіологической химіи—1. Элементы, входящіе въ составъ тѣла животныхъ и растительныхъ организмовъ, и ихъ круговоротъ въ жизненныхъ процессахъ—3. Вода и главнѣйшія неорганическія соединенія—8. Осмотическое давленіе и способы его измѣренія—8.	
Углеводы	14-56
Понятіе объ углеводахъ—14; номенклатура и классификація углеводовъ—15; химическая фізіономія углеводовъ—16; архитектура строенія углеводовъ—18; стереохимическая гипотеза—21; оптическая изомерія—23; переходъ однихъ сахаровъ въ другіе—25; опредѣленіе строенія сахаровъ—27; моносахариды—33 (пентозы—представители и качественное опредѣленіе, гексозы—качественное и количественное опредѣленіе, представители); глюкуроновая к.—46; глюкозаминъ—47; полисахариды—48 (дисахариды—48, трисахариды—51, полисахариды въ собственномъ смыслѣ—52); значеніе сахаровъ и ихъ производныхъ—55.	
Жиры	57-62
Понятіе о жирахъ и ихъ мѣстонахожденіе—57; строеніе и классификація жировъ—58; свойства жировъ—60; количественное опредѣленіе и значеніе жировъ—61; <i>Холестеринъ</i> —61.	
Лецитины	63-66
Строеніе лецитина—63; значеніе лецитиновъ—64, продукты превращенія холина—66.	
Бѣлковыя вещества	67-101
Элементарный составъ бѣлковъ—67; молекулярный вѣсъ бѣлковъ—68; продукты расщепленія бѣлковъ—70; связь аминокислотъ въ бѣлковой молекулѣ—78; гніеніе бѣлковъ—82; общія свойства бѣлковъ—87 (реакціи по осажденію и окрашиванію); классификація бѣлковъ и ихъ характеристика (протеины—90, протеиды—95, альбуминоиды—100).	
Ферменты	102-116
Общія понятія—102; добываніе и свойства ферментовъ—103; классификація ферментовъ (ферменты для углеводовъ—105 и ихъ производныхъ—108; для жировъ и бѣлковъ—109, спиртового, молочнокислаго и маслянокислаго броженія—112); механизмъ дѣйствія ферментовъ—113, приспособляемость ферментовъ—114.	

Пищевареніе 117-144

Пищеварительные соки— слюна—117, желудочный сокъ—118, сокъ поджелудочной железы—121, кишечный сокъ—122. *Желчь*—123 (условія отдѣленія, составъ и свойства); желчныя кислоты—125 (строеніе и реакціи); желчные пигменты—126 (реакціи); химизмъ приготовленія составныхъ частей желчи—127; желчные камни—129. Дѣятельность желудка—129,—кишечника—131. Всасываніе продуктовъ пищеваренія—132 (всасываніе углеводовъ—133, жировъ—134, бѣлковъ—137). Экскременты—141.

Кровь и лимфа 145-173

Роль крови въ организмѣ, ея составъ и свойства—143; кровяная плазма и сыворотка—146 (составъ и свойства, молекулярная концентрація); свертываніе крови—149; красныя кровяныя тѣльца—153. *Гемоглобинъ*—154 (его молекулярный вѣсъ и соединенія съ газами, спектральный анализъ гемоглобина); продукты разложенія гемоглобина—158 (гематинъ и продукты его возстановленія). *Газы крови*—162 (законы о состояніи газовъ въ жидкости); состояніе кислорода—165, углекислоты—168 и азота—171 въ крови. *Лимфа*—172.

Превращенія веществъ въ организмѣ 174-208

Судьба бѣлковъ въ организмѣ—174. Происхожденіе мочевины—177. Происхожденіе мочевой кислоты—184. Амміакъ—190. Пуриновые основанія—192. Креатининъ—193. Гиппуровая кислота—193. Триптофанъ—194. Кинуреновая к—195. Судьба сѣры—196. *Судьба углеводовъ въ организмѣ*—198. *Судьба жировъ въ организмѣ*—207.

Питаніе 209-222

Обмѣнъ веществъ при голоданіи—209. Рационъ азотистаго равновѣсія—211. Потенц. энергія пищевыхъ веществъ—214. Законъ изодинаміи—215. Расходъ вещества и энергіи при различныхъ условіяхъ—218. Физиологическая утилизація вводимыхъ запасовъ энергіи—221.

Молоко 223-224

Общія свойства и составъ молока—223.

Анализъ мочи 225-248

Моча—226 (ея составъ и распредѣленіе азота въ ней). *Общія химическіе приемы*—229 (методы количественнаго анализа—231). *Качественный анализъ мочи*—236 (открытіе бѣлка—237, крови—238, желчныхъ кислотъ и пигментовъ—238, ацетона—238, сахара—238). *Количественный анализъ мочи*—239 (опредѣленіе бѣлка—239, сахара—239, общаго количества азота по Kjeldahl'ю—239, мочевины по Бородину—242, мочевой кислоты—244, сѣрной к.—245, эфиросѣрныхъ к.—246, фосфорной к.—247, хлоридовъ—247.

Алфавитный указатель V
Опечатки X

В в е д е н і е.

Предметъ фізіологической химіи. Фізіологическая химія имѣетъ своей задачей изученіе химическихъ превращеній веществъ въ живомъ организмѣ. Она изслѣдуетъ химическій составъ отдѣльныхъ тканей и жидкостей организма и тѣ химическіе процессы, которые въ нихъ протекають.

Само собою понятно, что всѣ вещества, которыя являются строительнымъ матеріаломъ для тканей организма, доставляются послѣднему пищей. И фізіологическая химія, насколько возможно полнѣе предварительно изучивъ вводимыя въ организмъ пищевыя вещества, слѣдитъ за тѣми измѣненіями, которымъ они подвергаются подъ воздействиемъ различныхъ отдѣленій (секретовъ) организма. Часть воспринятыхъ послѣднимъ въ свои соки и ткани питательныхъ веществъ разрушается въ жизненномъ процессѣ, превращаясь въ такія тѣла, которыя подлежатъ удаленію изъ организма. Но въ организмѣ на ряду съ разрушеніемъ вещества совершаются процессы и противоположнаго направленія: часть питательнаго матеріала, поступившаго въ клѣтки тѣла, идетъ на восполненіе затратъ, потребныхъ для роста и увеличенія новыхъ клѣтокъ.

Организмъ, такимъ образомъ, является живой химической фабрикой, на которой сырой матеріалъ—пища—послѣ разнообразнѣйшихъ химическихъ превращеній, частью употребляется имъ для своихъ строительныхъ цѣлей; частью разрушается въ жизненномъ процессѣ, образуя конечные продукты метаморфоза, подлежащіе удаленію изъ тѣла.

Питаніе является основой жизни—невозможно живой организмъ оставить безъ пищи на болѣе или менѣе продолжительное время. Чтобы составить себѣ понятіе о превращеніяхъ питательныхъ началъ въ живомъ организмѣ, обратимся къ жизни тѣхъ элементарныхъ существъ, которыя вызываютъ явленія броженія.

Извѣстно, что содержація спиртъ жидкости, послѣ нѣкотораго стоянія, покрываются плѣсенью, находившійся въ нихъ спиртъ исчезаетъ, и онѣ пріобрѣтають кислый вкусъ. Причина этого явленія, называемаго *броженіемъ*, лежитъ не въ веществахъ, находящихся въ растворѣ, а въ различнаго рода микроорганизмахъ, которые попадаютъ въ эти растворы и начинаютъ тамъ жить. Организмы эти очень не требовательны, и мясной отваръ съ своимъ небольшимъ количествомъ азота уже оказывается годнымъ для поддержанія ихъ существованія.

Pasteur, работы котораго пролили столько свѣта на весь процесс броженія, прибавлялъ къ мясному бульону виннаго спирта (C_2H_5OH) и немного скисшаго вина; чтобы слѣдить за биологическими процессами, онъ закрывалъ колбу пробкою, въ которой проходила стеклянная трубка, изогнутая подъ прямымъ угломъ и опущенная другимъ концомъ, также изогнутымъ подъ прямымъ угломъ, въ стаканъ съ ртутью. Черезъ нѣкоторое время оказалось, что произошло поднятіе ртути въ трубочкѣ на нѣкоторую высоту, поверхность же жидкости въ колбѣ покрылась пленкой. Слѣдовательно, внутри колбы произошло разрѣженіе находившагося надъ жидкостью воздуха. Анализъ послѣдняго показалъ, что кислородъ исчезъ совершенно; изслѣдованіе жидкости обнаружило отсутствіе въ ней спирта и наличность новаго вещества, а именно, уксусной кислоты.

При окисленіи спирта образованіе уксусной кислоты должно сопровождаться присоединеніемъ къ спирту двухъ атомовъ кислорода и выдѣленіемъ одной частицы воды: $CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O$.

Различіе между спиртомъ (C_2H_5O) и уксусной кислотой ($C_2H_4O_2$) заключается въ содержаніи неодинаковыхъ количествъ потенциальной энергіи въ молекулѣ этихъ тѣлъ: граммъ-молекула уксусной кислоты включаетъ въ себѣ меньшей запасъ энергіи, чѣмъ граммъ-молекула спирта. Часть энергіи, содержащейся въ исчезнувшемъ спиртѣ, израсходована на нагрѣваніе жидкости въ сосудѣ. Но куда же пошла другая часть?

Изслѣдованіе пленки, образовавшейся на поверхности жидкости въ колбѣ, обнаружило, что эта пленка состоитъ изъ громаднаго количества размножившихся микроскопическихъ живыхъ организмовъ. Другая часть энергіи, исчезнувшей при превращеніи виннаго спирта въ уксусную кислоту, и была использована живымъ организмомъ *Mycoderma aceti* для осуществленія одной изъ своихъ жизненныхъ функцій, а именно, размноженія.

Если подобный же опытъ произвести съ другимъ микроорганизмомъ, именно, *Mycoderma vini*, то оказывается, что процессъ идетъ дальше образованія уксусной кислоты и оканчивается образованіемъ угольной кислоты и воды, и спиртъ въ этомъ случаѣ освобождаетъ весь запасъ свей энергіи: $CH_3CH_2OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$.

Изъ этихъ примѣровъ мы видимъ, что различные организмы могутъ производить превращенія веществъ только въ строго опредѣленномъ направленіи, могутъ реагировать только на опредѣленные химическія тѣла. Слѣдовательно, между живымъ организмомъ и химическимъ веществомъ существуетъ извѣстнаго рода соотношеніе.

Вотъ еще два примѣра. При скисаніи молока молочный сахаръ его ($C_{12}H_{22}O_{11}$) подъ вліяніемъ фермента лактазы, выдѣляемаго *Bacillus acidilactici*, предварительно распадается на глюкозу $C_6H_{12}O_6$ и галактозу ($C_6H_{12}O_6$); эти послѣднія расщепляются еще дальше по уравненію: $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$; въ этомъ случаѣ изъ одной частицы сахара образуются двѣ частицы молочной кислоты: $CH_3.CHOH.COOH$. Въ этомъ новомъ химическомъ соединеніи, по сравненію съ исходнымъ матеріаломъ, напр., глюкозой $CH_2OH.(CHOH)_4.C \begin{smallmatrix} O \\ \parallel \\ < \\ H \end{smallmatrix}$, образовались новыя группы—карбоксыльная ($COOH$) и метиловая (CH_3). И въ этомъ примѣрѣ продуктъ расщепленія сахара включаетъ въ себѣ меньше энергіи, чѣмъ исходный матеріалъ. Слѣдовательно, и этотъ процессъ сопровождался тратою нѣкотораго количества энергіи.

Извѣстно далѣе, что тростниковый сахаръ, при дѣйстви особаго грибка *Saccharomyces cerevisiae*, при участіи воды распадается на виноградный и плодовой сахара согласно уравненію: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$. Но на этомъ процессъ броженія не останавливается; и во второй фазѣ оба сахара разлагаются съ образованіемъ спирта и углекислоты: $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5.OH + 2CO_2$.

Приведенные примѣры изъ жизнедѣятельности простѣйшихъ организмовъ даютъ намъ понятіе о тѣхъ процессахъ упрощенія пищи, которые имѣютъ мѣсто въ тѣлѣ живыхъ существъ.

Итакъ, энергія развивающаяся какъ въ низшихъ, такъ и въ высшихъ организмахъ, имѣетъ своимъ источникомъ исключительно пищевыя вещества. Химическій анализъ послѣднихъ у высшихъ организмовъ показалъ, что въ составъ ихъ входятъ тѣла, принадлежащія къ тремъ важнымъ классамъ химическихъ соединеній, именно: *углеводамъ, жирамъ и бѣлкамъ*.

Прежде чѣмъ заняться вопросомъ о тѣхъ превращеніяхъ, которымъ подвергаются пищевыя вещества въ живомъ организмѣ—въ его тканяхъ и различныхъ сокахъ, прежде чѣмъ заняться изученіемъ тѣхъ химическихъ процессовъ, которые при этихъ превращеніяхъ играютъ роль, мы должны ознакомиться съ элементами, входящими въ составъ животныхъ организмовъ, и ихъ круговоротомъ въ процессѣ жизни, а также изслѣдовать химическій составъ, свойства и строеніе питательныхъ началъ, представляющихъ собою источникъ энергіи при обнаруженіи живыми организмами своихъ жизненныхъ функцій.

Элементы, входящіе въ составъ тѣла животныхъ и растительныхъ организмовъ, и ихъ круговоротъ въ жизненныхъ процессахъ *).

Въ составъ животныхъ и растительныхъ организмовъ входятъ слѣдующіе необходимые для ихъ жизнедѣятельности элементы—*биогенные*: углеродъ (C), водородъ (H), кислородъ (O), азотъ (N), сера (S), фосфоръ (P), хлоръ (Cl), калий (K), натрій (Na), кальцій (Ca), магній (Mg) и желѣзо (Fe). Кромѣ этихъ 12-ти элементовъ въ составъ нѣкоторыхъ организмовъ входятъ: *іодъ (I), фторъ (F), бромъ (Br), силицій (Si), марганецъ (Mn), мѣдь (Cu), алюминій (Al)*. Обращая вниманіе на атомный вѣсъ этихъ элементовъ, мы замѣчаемъ, что онъ малъ. Присутствіе въ составныхъ частяхъ живыхъ организмовъ элементовъ съ малымъ атомнымъ вѣсомъ имѣетъ то фізіологическое значеніе, что, благодаря легкой растворимости соединеній этихъ элементовъ, создаются благоприятныя условія для физико-химическихъ реакцій, совершающихся въ животномъ и растительномъ организмѣ.

*) Добавленіе.

Въ послѣдующихъ краткихъ строкахъ представлена судьба вышеупомянутыхъ элементовъ въ превращеніяхъ химическихъ веществъ въ животномъ и растительномъ царствахъ.

Углеродъ встрѣчается въ природѣ въ соединеніи съ кислородомъ въ формѣ угольной кислоты CO_2 , частью свободной, частью связанной съ основаніями, главнымъ образомъ, известью и магнеіемъ. Въ свободномъ состояніи углеродъ имѣется въ формѣ каменнаго угля, графита и алмаза. Далѣе, углеродъ является главной составной частью органическихъ веществъ и составляетъ половину вѣса сухого вещества тѣла.

Въ круговоротъ жизни углеродъ вступаетъ только въ видѣ CO_2 . Въ этой формѣ углеродъ воспринимается содержащими хлорофиль частями растительныхъ организмовъ и подъ вліяніемъ лучистой энергіи солнечнаго свѣта редуцируется при участіи воды въ формальдегидъ, при чемъ выдѣляется свободный $\text{O}:\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HC} < \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \text{H} \end{smallmatrix} + \text{O}_2$. По Н. Euler'у эта реакція можетъ быть объяснена существованіемъ въ растворѣ угольной кислоты равновѣсія между CO_2 и H_2O по уравненію: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO} + \text{O}_2$. Подъ вліяніемъ свѣта создаются благопріятныя условія для образованія формальдегида, при чемъ химическая работа (процессъ эндотермической) осуществляется на счетъ лучистой энергіи. Въ результатѣ наступающей затѣмъ конденсаціи изъ нѣсколькихъ частицъ формальдегида образуются болѣе сложныя углеродистыя соединенія (именно, углеводы), изъ которыхъ послѣ введенія въ молекулу N, S и P возникаютъ азотосодержащіе продукты (бѣлки).

Въ животный организмъ углеродъ поступаетъ съ растительной пищей и, подвергаясь окисленію, выдѣляется въ окружающую среду въ видѣ углекислоты (легкими) или въ составѣ простыхъ азотистыхъ соединеній, напримѣръ, мочевины, которая внѣ организма легко разлагается съ отщепленіемъ CO_2 , которая и пополняетъ собою запасы CO_2 въ окружающей земной шарѣ атмосферѣ; отсюда растительный міръ черпаетъ необходимыя количества C для своего роста и для приготовления пищи второму огромному царству живыхъ существъ, именно, царству животныхъ, которое въ свою очередь возвращаетъ въ атмосферу C въ той формѣ, въ которой онъ только и воспринимается хлорофилосодержащими растеніями.

Водородъ въ природѣ встрѣчается преимущественно въ соединеніи съ кислородомъ въ видѣ H_2O и съ азотомъ въ видѣ амміака NH_3 . Въ формѣ этихъ соединеній онъ вступаетъ въ растенія, гдѣ участвуетъ въ образованіи органическихъ веществъ (углеводовъ и бѣлковъ), служащихъ пищей животному. Въ животномъ организмѣ подъ вліяніемъ окислительныхъ процессовъ водородъ принятой растительной пищи снова образуетъ H_2O и NH_3 или соединенія (напр., мочевины), выпадающія внѣ организма съ отщепленіемъ амміака и воды.

Въ организмѣ животныхъ въ свободномъ состояніи водородъ встрѣчается въ желудочно-кишечномъ каналѣ, какъ продуктъ дѣятельности микроорганизмовъ гніенія бѣлковъ. Образующійся свободный водородъ можетъ всосаться въ кровь, изъ которой выдѣляется въ легкихъ и кожей.

Кислородъ представляетъ собою широко распространенный элементъ, входящій въ составъ большинства органическихъ и неорганическихъ соединеній организма.

Растеніями кислородъ воспринимается частью въ свободномъ видѣ, главнымъ же образомъ въ формѣ воды H_2O и углекислоты CO_2 . Организмъ животныхъ нуждается, наоборотъ, въ свободномъ кислородѣ для широко развитыхъ въ немъ окислительныхъ процессовъ, въ результатъ которыхъ получаются CO_2 и H_2O , въ какой формѣ кислородъ возвращается въ окружающую атмосферу. Благодаря противоположному характеру круговорота кислорода и угольной кислоты въ царствахъ растительномъ и животномъ, сохраняется равновѣсіе въ содержаніи CO_2 и O атмосферы: растеніе увеличиваетъ запасы кислорода и уменьшаетъ содержаніе углекислоты, животное, наоборотъ, тратитъ первое и накопляетъ второе.

Азотъ, благодаря своему незначительному средству къ другимъ элементамъ, находится надъ поверхностью земли въ свободномъ состояніи, образуя $\frac{4}{5}$ атмосферы. Въ связанномъ состояніи азотъ находится въ природѣ въ видѣ амміака, азотистой и азотной кислотъ, въ каковыхъ соединеніяхъ онъ и вступаетъ въ жизненный процессъ растений. Эти соединенія азота участвуютъ у растений въ образованіи сложныхъ органическихъ соединеній, преимущественно бѣлковыхъ. Бѣлковые вещества въ животномъ организмѣ разрушаются до амміака, мочевины, мочевой кислоты, креатинина и др. и въ такомъ видѣ выводятся наружу. Въ организмѣ продукты распада бѣлковъ минерализуются благодаря превращенію, напр. микроорганизмами, въ амміакъ, азотистую и азотную кислоты; соли послѣднихъ кислотъ воспринимаются растеніями для созиданія сложныхъ азотосодержащихъ соединеній, изъ которыхъ самыми главнымъ являются бѣлки.

Что касается ассимиляціи свободнаго азота, то таковая установлена для нѣкоторыхъ бактерій (безспорно пока только для бактерій *Clostridium Pasteurianum*). Бобовыя растенія ассимилируютъ свободный азотъ при помощи бактерій: на корняхъ этихъ растеній при ростѣ на обычной почвѣ образуются бугристы, состоящія изъ колоній микробовъ; при ростѣ на стерилизованной почвѣ этихъ бугристостей не образуется; кромѣ того, въ первомъ случаѣ имѣется наростаніе азота — растеніе пышно развивается, во второмъ же — наблюдается обратное; если внести въ стерилизованную почву данныя бактеріи, то опять наблюдается нормальный ростъ. Въ данномъ случаѣ, очевидно, мы имѣ-

емъ дѣло съ такъ называемымъ симбіозомъ, представляющимъ выгоднымъ и для бобовыхъ растений и для микроорганизмовъ.

Первые четыре элемента поступаютъ въ жизненный круговоротъ изъ атмосферы, остальные же черпаются изъ почвы.

Сѣра встрѣчается въ природѣ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ, въ каковой формѣ и воспринимается растениями, въ которыхъ послѣ предварительнаго раскисленія участвуетъ въ синтезѣ бѣлковыхъ веществъ; послѣднія въ животномъ организмѣ подвергаются окисленію и расщепленію, при чемъ сѣра выдѣляется въ видѣ сѣрной кислоты, которая изъ почвы снова попадаетъ въ круговоротъ жизни у растительныхъ организмовъ.

Фосфоръ встрѣчается въ природѣ въ видѣ фосфорнокислыхъ солей щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ, въ видѣ которыхъ и воспринимается растениями; въ нихъ онъ участвуетъ въ образованіи бѣлковыхъ веществъ (нуклеопротеидовъ), лецитиновъ, являющихся неотъемлемой частью каждой растительной клѣтки (ядро); животный организмъ фосфоръ покидаетъ въ формѣ фосфорнокислыхъ солей.

Хлоръ, существующій въ природѣ въ видѣ соединений съ Na, K и Ca, воспринимается растениями, гдѣ онъ не принимаетъ участія въ образованіи органическихъ соединений. Вмѣстѣ съ пищевыми веществами онъ поступаетъ въ животный организмъ, изъ котораго выдѣляется въ той же самой формѣ, не подвергаясь никакимъ измѣненіямъ. Въ животномъ организмѣ хлоръ, кромѣ этого, находится въ видѣ свободной соляной кислоты въ желудочномъ сокѣ.

Калій, натрій, кальцій и магній находятся въ природѣ въ видѣ солей, каковыя и воспринимаются растениями и частью вступаютъ въ непрочныя соединения съ органическими веществами. Съ растительной пищей упомянутые элементы поступаютъ въ животный организмъ, откуда выдѣляются снова въ видѣ солей.

Желѣзо находится въ природѣ только въ видѣ соединений съ кислородомъ — *закиси и окиси*. Въ животномъ организмѣ желѣзо встрѣчается въ формѣ органическихъ соединений, а именно: въ красящемъ бѣлковомъ веществѣ кровяныхъ шариковъ — *гемоглобинъ*, который въ формѣ *оксигемоглобина* играетъ роль окиси, а въ формѣ возстановленнаго — *закиси* и служитъ переносчикомъ кислорода; далѣе желѣзо находится въ бѣлковыхъ соединеніяхъ селезенки и костнаго мозга, въ пигментѣ глаза, волосъ, перьевъ и пр., въ печени (въ видѣ ферратина).

Растенія ассимилируютъ неорганическія соединенія желѣза для образованія сложныхъ органическихъ веществъ; послѣднія въ животномъ организмѣ служатъ источникомъ, изъ котораго черпается желѣзо, входящее въ составъ красящаго вещества крови, *гемоглобина*.

Вопросъ о томъ, въ какомъ видѣ и какимъ путемъ желѣзо выдѣляется изъ животнаго организма, еще не вполне опредѣленно рѣшено; въ мочѣ и испражненіяхъ постоянно содержится желѣзо.

Бромъ и іодъ находятся преимущественно въ морскихъ растеніяхъ, съ которыми и попадаютъ въ организмъ морскихъ животныхъ. Огромное значеніе принадлежитъ *іоду*. Почти исключительно въ формѣ органическаго соединенія іодъ содержится, главнымъ образомъ, въ щитовидной железнѣ (найденъ Baumann'омъ въ 1896 г.); онъ связанъ здѣсь съ бѣлками, по Oswald'у, съ глобулиномъ въ формѣ *тиреоглобулина*. Обращаетъ на себя вниманіе фактъ появленія іода въ щитовидной железнѣ только во внѣтробное время и постепеннаго медленнаго его увеличенія въ дѣтскомъ организмѣ. Печень новорожденныхъ и зародышей веѣми изслѣдователями была найдена не содержащей іода. Медленное накопленіе іода въ щитовидной железнѣ показываетъ, что онъ усваивается упомянутымъ органомъ изъ пищи. Оказалось, что іодъ содержится почти во веѣхъ органахъ и тканяхъ тѣла въ формѣ органическаго соединенія. Неорганическій іодъ выдѣляется почками, слюною, потомъ. Органическихъ соединеній *брома*, подобныхъ іоду, въ высшихъ организмахъ пока не найдено.

Фторъ въ растительныхъ и животныхъ организмахъ содержится въ незначительныхъ количествахъ. Въ животномъ организмѣ фторъ содержится въ видѣ фтористаго кальція въ костяхъ и зубахъ; онъ найденъ также въ крови и молокѣ.

Силицій (кремній) въ видѣ солей кремневой кислоты воспринимается растеніями. Съ растительной пищей эти соединенія попадаютъ въ животный организмъ, гдѣ всасываются изъ кишечнаго канала. Сравнительно большое количество кремнія постоянно находится въ волосахъ и перьяхъ; зола куринаго бѣлка также содержитъ кремній.

Марганецъ и алюминій. Едва ли имѣется такое химическое вещество, которое бы случайно не проходило черезъ человѣческій организмъ (помимо лекарственнаго примѣненія). Сравнительно часто были находимы слѣды *свинца* и *марганца*, рѣже *алюминія*, содержащагося въ нѣкоторыхъ растеніяхъ; послѣднія могли заимствовать металлы изъ почвы, на которой произрастаютъ. Что касается физиологической роли въ незначит. количествахъ встрѣчающихся металловъ, то они могутъ оказывать каталитическое вліяніе на различные химическіе процессы; наприм., извѣстно, что марганецъ является катализаторомъ для растительнаго окислительнаго фермента-*лакказы*.

Мѣдь. Являясь случайною составною частью человѣческаго организма (кровь, печень, желчь и желчные камни), мѣдь въ тѣлѣ нѣкоторыхъ головоногихъ и ракообразныхъ играетъ очень важную роль: въ формѣ органическаго соединенія мѣдь входитъ въ составъ синяго

пигмента. До нѣкоторой степени мѣдь осуществляетъ здѣсь такое же назначеніе, какое принадлежитъ желѣзу въ гемоглобинѣ, т. е. является переносчикомъ кислорода.

Вода и главнѣйшія неорганическія соединенія *).

Вода составляетъ около 58% вѣса тѣла взрослога человѣка, (у трехмѣсячнаго зародыша 94%, у новорожденнаго 69—66%). Большая часть воды вводится въ организмъ напитками (1½—2 литра) и пищевыми веществами (½—1 литръ). Въ такомъ же приблизительно количествѣ (2—3 литра) она выдѣляется изъ нашего организма почками (1½ литра), легкими и кожей (800—900 куб. см.) и испражнениями (100 куб. см.). Часть воды образуется въ организмѣ въ результатѣ окисленія органическихъ веществъ; такъ при окисленіи одной молекулы винограднаго сахара получается шесть молекулъ воды и углекислоты: $C_6H_{12}O_6 + O_{12} = 6CO_2 + 6H_2O$.

Что касается роли воды въ организмѣ животныхъ, то она, во 1-хъ, регулируетъ температуру тѣла (путемъ испаренія съ поверхности кожи); во 2-хъ, принимаетъ участіе въ огромномъ числѣ химическихъ реакцій, происходящихъ въ животномъ организмѣ при т. н. гидролитическихъ расщепленіяхъ бѣлковъ, жировъ, углеводовъ и многихъ другихъ и, въ 3-хъ, служитъ растворителемъ какъ для продуктовъ обмѣна веществъ, такъ и для тѣхъ неорганическихъ солей, которыя заключаются въ составѣ каждой клѣтки и играютъ огромную роль въ жизненныхъ отправленіяхъ ея.

Изъ неорганическихъ солей въ составъ клѣтокъ, тканей и соковъ животнаго организма входятъ соли (Na, K, Ca) углекислоты, соли (K, Na, Ca) соляной кислоты, соли (K, Na, Ca, Mg) фосфорной кислоты, соли (Na, K) сѣрной кислоты.

Значеніе неорганическихъ солей для организма. Осмотическое давленіе *).

Выше перечисленныя неорганическія соли въ своихъ водныхъ растворахъ играютъ большую и важную роль въ процессахъ питанія и жизнедѣятельности клѣтокъ, обуславливая и регулируя т. н. *осмотическое давленіе*.

Подобно тому, какъ газъ въ замкнутомъ пространствѣ производитъ давленіе на стѣнки сосуда и это давленіе газа можетъ служить мѣрою для работы, которую можетъ произвести газъ, такъ же точно дѣйствуютъ молекулы раствореннаго вещества внутри растворителя. Если водный растворъ какого-нибудь вещества отдѣлить отъ чистой воды пористою (полупроницаемой) перепонкой, которая, пропуская растворитель, не пропускала бы раствореннаго вещества, то вода сможетъ

*) Добавленіе.

проникнуть через перепонку. И какъ газы стремятся заполнить предоставленное имъ пространство одинаково плотно, точно также частицы раствореннаго вещества размѣщаются въ наивозможно большемъ количествѣ воды въ равной концентраціи. Вслѣдствіе этого вода направляется черезъ пористую перепонку въ растворъ вещества, напр., сахара, отчего въ сосудѣ съ раствореннымъ веществомъ наблюдается возрастаніе давленія, достигающее въ концѣ концовъ опредѣленной максимальной величины. Этотъ предѣлъ давленія и обозначается *осмотическимъ давленіемъ* раствора.

Осмотическое давленіе зависитъ отъ концентраціи раствора и температуры. Если температура постоянна, то осмотическое давленіе (*Pfeffer*) пропорціонально концентраціи раствора. Окончательная величина этого давленія довольно значительна: 1^o/_o растворъ сахара производитъ давленіе болѣе 50 см. ртутнаго столба; 1^o/_o растворъ селитры производитъ давленіе болѣе 3 атмосферъ. Пропорціональное отношеніе между концентраціей и давленіемъ видно изъ слѣдующихъ данныхъ *Pfeffer'a*, полученныхъ изъ наблюденій надъ растворами сахара.

Концентрація	Давленіе	Отношеніе
1 ^o / _o	53,5 см. Нг.	53,5
2 ^o / _o	101,6 " "	50,8
2,74 ^o / _o	151,8 " "	55,4
4 ^o / _o	208,2 " "	52,1
6 ^o / _o	307,5 " "	51,3

Ясно, что *осмотическое давленіе* приблизительно пропорціонально концентраціи раствора, какъ давленіе газа пропорціонально плотности, т. е. концентраціи (законъ Бойля).

Вліяніе температуры на осмотическое давленіе опять таки выражается въ той же формѣ, какъ и для газовъ: осмотическое давленіе увеличивается пропорціонально температурѣ и при томъ для всѣхъ растворенныхъ веществъ въ одинаковомъ отношеніи. Числовая величина этого отношенія или температурный коэффициентъ давленія такой же, какъ и для газовъ: если при 0^o осмотическое давленіе равно P^o, то при t^o оно будетъ равно P^o(1+0,00367.t). Слѣдовательно, другими словами можно сказать, что *осмотическое давленіе пропорціонально абсолютной температурѣ*. Слѣдующія числа доказываютъ справедливость приведеннаго закона (наблюденія надъ растворомъ сахара).

Т°	Осмт. давлєніє найденное.	Осмт. давлєніє вычисленное.
6,8°С	50,5 см. Нг.	50,5 см. Нг.
13,5°С	52,1 " "	51,7 " "
14,2°С	53,1 " "	51,8 " "
22,0°С	54,8 " "	53,2 " "
32,0°С	54,4 " "	55,1 " "
36,0°С	56,7 " "	55,9 " "

Переходимъ къ разсмотрѣнію *біологическаго значенія осмотическаго давлєнія*. Два раствора, отдѣленные другъ отъ друга полупроницаемой перегородкой, будутъ между собой въ равновѣсіи только тогда, когда осмотическое давлєніє по обѣ стороны перепонки будетъ однимъ и тѣмъ же. Растворы, имѣющіе равныя осмотическія давлєнія, называютъ изосмотическими или *изотоническими* (голландскій ботаникъ *de Vries*).

Фитофизиологи отмѣтили способность растительныхъ клѣтокъ всасывать чистую воду изъ окружающаго слабаго раствора соли. Когда растворъ достигаетъ извѣстной степени концентраціи, то наступаетъ равновѣсіє, и вода болѣе не проникаетъ въ клѣтку. Если растворъ соли концентрированнѣе, то вода изъ клѣтки переходитъ въ растворъ, клѣточная протоплазма сокращается и уже не заполняетъ клѣтки (*плазмолизъ*). Наблюдая плазмолизъ, *de Vries* нашель, что онъ наступаетъ при слѣдующей концентраціи солей:

KNO_3 — 1,01‰
 NaCl — 0,59‰
 K_2SO_4 — 1,11‰
 MgSO_4 — 1,78‰
 CaCl_2 — 0,823‰
 Тростник. сахаръ — 5,96‰

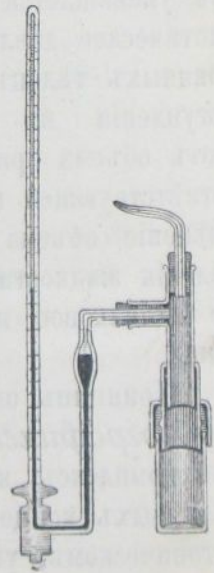
При такой концентраціи соли оказываются изотоническими. *Hamburger* нашель, что эритроциты кошки и человѣка, помѣщенные въ крѣпкій растворъ NaCl и другихъ солей, съеживаются, принимая форму тутовой ягоды, вслѣдствіє потери воды, извлекаемой изъ эритроцитовъ поваренной солью концентрированнаго окружающаго солевого раствора. Наоборотъ, въ слабыхъ растворахъ солей эритроциты набухаютъ, оболочка ихъ разрывается, и красящее вещество—гемоглобинъ переходитъ въ окружающую жидкость (*гемолизъ*). Въ изотоническихъ растворахъ эритроциты совершенно не измѣняются.

Очевидно, что регулированіє осмотическаго давлєнія имѣетъ огромное значеніє для сохранности клѣточныхъ элементовъ, и живой организмъ

такими регуляторными приспособлениями въ дѣйствительности обладаетъ. *Hamburger* вводилъ въ кровь лошади 7 литровъ 5% раствора сѣрнокислаго натра. Черезъ нѣсколько минутъ взятая изъ вены кровь лошади обнаруживала нѣкоторое повышеніе осмотическаго давленія, но оно затѣмъ быстро возвращалось къ нормѣ. По теоретическимъ основаніямъ введеніе большого количества соли должно было значительно увеличить осмотическое давленіе. Регулированіе осмотическаго давленія осуществляется усиленнымъ выдѣленіемъ мочи, слюны, пота и т. д., съ которыми организмъ выводитъ наружу избытокъ соли. Точно также осмотическое давленіе крови остается почти неизмѣненнымъ, если организмъ лишитъ большихъ количествъ воды, наприм., потѣніемъ подъ вліяніемъ алкалоида пилокарпина: наступающее концентрированіе крови выравнивается до нормы усиленнымъ всасываніемъ воды изъ кишечнаго канала, изъ межтканевой жидкости и т. п. Такъ или иначе, организмъ сохраняетъ осмотическое давленіе въ крови неизмѣнно на опредѣленной высотѣ и тѣмъ не лишаетъ клѣточныхъ образованій благопріятныхъ условій для ихъ жизнедѣятельности.

Способы измѣренія осмотическаго давленія. Въ большинствѣ случаевъ осмотическое давленіе опредѣляется *непрямымъ путемъ*, но важно также опредѣлять его непосредственно, ибо это прежде всего тамъ, гдѣ примѣнимо, болѣе точно, чѣмъ методы непрямого опредѣленія.

Способъ Pfeffer'a является классическимъ; имъ впервые было произведено опредѣленіе осмотическаго давленія, и съ его помощью были добыты данныя, послужившія основой для ученія объ осмотическомъ давленіи. Способъ состоитъ въ томъ, что готовится полупроницаемая перепонка въ глиняномъ пористомъ цилиндрѣ: цилиндръ пропитывается водою для удаленія воздуха изъ поръ, затѣмъ онъ наполняется растворомъ желѣзистосинеродистаго калия (K_4FeCy_6) и помѣщается въ ванну съ мѣднымъ купоросомъ ($CuSO_4$); обѣ жидкости медленно диффундируютъ въ стѣнки цилиндра, и на мѣстѣ встрѣчи образуется тонкая пленка коллоидальной желѣзистосинеродистой мѣди. Эта пленка полупроницаема, т. е. свободно пропускаетъ воду, тогда какъ соли и вещества, растворенныя въ водѣ, не проходятъ черезъ нее. Если теперь этотъ цилиндръ съ полупроницаемой пленкой наполнить изслѣдуемымъ растворомъ, открытый конецъ соединить съ ртутнымъ манометромъ и помѣстить его въ дистиллированную воду, то послѣдняя проникаетъ въ цилиндръ и поднимаетъ столбъ ртути до опредѣленной высоты. Слѣ-



Рисунокъ 1.

дующій рисунокъ (1) изображаетъ расположеніе въ приборѣ Pfeffer'a.

Непрямымъ путемъ осмотическое давленіе, пропорціональное концентрации раствора, можетъ быть найдено опредѣленіемъ *пониженія точки замерзанія* раствора (*криоскопія*, описано въ слѣдующихъ главахъ) и *повышенія точки кипѣнія* раствора (*тонометрія*), ибо эти величины пропорціональны то же концентрации раствора.

Наконецъ, для опредѣленія осмотического давленія примѣняются *біологическіе методы*, именно, плазмолитическій способъ, способъ Hamburger'a съ красными кровяными тѣльцами, опредѣленіе осмотического давленія гематокритомъ и плетизмографическій способъ. Приведемъ только принципъ каждаго способа.

Плазмолитическій способъ (H. de Vries) опредѣляетъ концентрацію тѣхъ растворовъ, которые изотоничны resp. изосмотичны съ клѣточнымъ сокомъ растений, или опредѣляетъ, съ какою концентраціей NaCl изотоничны жидкости животнаго организма, какъ то сыворотка крови, моча и т. п.

Принципъ *способа Hamburger'a* съ красными кровяными тѣльцами таковъ: ниже извѣстной концентрации растворы солей вызываютъ выходненіе гемоглобина изъ эритроцитовъ. Растворы солей, которые прекращаютъ начинающееся выходненіе гемоглобина эритроцитовъ той же самой крови, должны быть разсматриваемы какъ изотоническіе и должны имѣть одинаковое осмотическое давленіе.

Принципъ опредѣленія осмотического давленія съ помощью *гематокрита* основывается на томъ фактѣ, что объемъ красныхъ кровяныхъ тѣлецъ измѣняется, если ихъ помѣщать въ растворы, осмотическое давленіе которыхъ отличается отъ такового ихъ самихъ. Въ растворахъ съ большимъ осмотическимъ давленіемъ объемъ эритроцитовъ уменьшается и, наоборотъ, становится большимъ въ растворахъ, осмотическое давленіе которыхъ ниже осмотического давленія красныхъ кровяныхъ тѣлецъ—въ обоихъ случаяхъ вслѣдствіе выходненія или поступленія въ нихъ воды. Всѣ растворы, которые не измѣняютъ объема эритроцитовъ, изотоничны какъ между собою, такъ и съ соотвѣтствующей кровяной сывороткой. Съ другой стороны, такъ какъ измѣненіе объема эритроцитовъ зависитъ отъ разницы осмотического давленія жидкости и содержимаго эритроцита, то растворы, вызывающіе одинаковое измѣненіе объема, должны быть между собою изотоничны.

Принципъ опредѣленія осмотического давленія съ помощью *плетизмографическаго способа* тотъ же, что и у гематокрита: черезъ комплексъ клѣтокъ или органъ пропускаются солевые растворы различныхъ концентрацій; объемъ органа остается неизмѣненнымъ при изотоническомъ, уменьшается при гипертоническомъ и увеличивается при гипотоническомъ солевомъ растворѣ. Изслѣдуемый органъ съ перева-

занными сосудами, кромѣ приводящаго и отводящаго, помѣщается въ закрывающійся сосудъ съ жидкимъ вазелиномъ, и измѣненія его объема отмѣчаются записывающимъ барабанчикомъ Марея.

Слѣдовательно, солямъ принадлежитъ весьма существенная важная роль въ образованіи и регулированіи осмотическаго давленія въ жидкостяхъ и тканяхъ организма, что необходимо для сохраненія анатомической цѣлости и химическаго состава клѣточныхъ образованій тѣла. Второе значеніе солей состоитъ въ томъ, что онѣ являются растворителями для нѣкоторыхъ бѣлковыхъ веществъ; послѣднія при уменьшеніи концентраціи солевого раствора выпадаютъ въ твердомъ видѣ. Въ третьихъ, соли нейтрализуютъ, связываютъ и обезвреживаютъ тѣ кислоты, которыя непрерывно возникаютъ въ организмѣ при многообразіи расщепленій питательныхъ веществъ-бѣлковъ, жировъ и углеводовъ. Въ отдѣлѣ о превращеніяхъ бѣлковъ, жировъ и углеводовъ это будетъ разсмотрѣно подробно.

Теперь переходимъ къ изученію химическаго состава пищевыхъ веществъ, являющихся источникомъ энергіи для проявленія жизненныхъ свойствъ низшими и высшими организмами.

У г л е в о д ы .

Понятіе объ углеводахъ. Углеводы имѣютъ громадное распространеніе въ природѣ, принимая выдающееся участіе въ построении растительнаго царства и играя очень важную роль въ питаніи животныхъ. По сравненію съ бѣлками, углеводы, какъ строительный матеріалъ для животныхъ клѣтокъ и тканей, имѣютъ совершенно ограниченное значеніе.

Углеводы состоятъ изъ трехъ элементовъ, именно: С, Н и О, при чемъ два послѣднихъ находятся между собою обыкновенно въ отношеніи 2 : 1, т. е. такъ, какъ въ водѣ. Это обстоятельство и дало поводъ назвать эти соединенія именемъ *углеводовъ*.

Полагали, что они представляютъ гидратъ углерода $C_n(H_2O)_n$, но такое опредѣленіе не является характеристическимъ для соединеній разсматриваемой группы и совершенно не выдерживаетъ критики: существуетъ цѣлый рядъ тѣлъ, въ которыхъ отношеніе Н и О равняется 2 : 1, но которыя совершенно не относятся къ углеводамъ, напримѣръ, уксусная кислота $C_2H_4O_2 = C_2(H_2O)_2$, молочная кислота $C_3H_6O_3 = C_3(H_2O)_3$ и др.

Цѣлый рядъ изслѣдованій показали, что *углеводами нужно считать органическія соединенія, являющіяся альдегидными или кетонными производными многоатомныхъ спиртовъ.*

- а) $CH_2OH.CHON.CHON.CHON.CHON.C \begin{smallmatrix} O \\ \diagdown \\ H \end{smallmatrix}$ — углеводъ съ пятью гидроксилами и альдегидной группой;
- б) $CH_2OH.CHON.CHON.CHON.CO.CH^2OH$ — углеводъ тоже съ пятью гидроксилами и одной кетонной группой;
- в) $CH_2OH.CHON.CHON.CHON.C \begin{smallmatrix} O \\ \diagdown \\ H \end{smallmatrix}$ — углеводъ съ 4 гидроксилами и альдегидной группой;
- д) $CH_3.CHON.CHON.CHON.CHON.C \begin{smallmatrix} O \\ \diagdown \\ H \end{smallmatrix}$. Последнее соединеніе, не-
сущее всѣ характеристичныя для углеводовъ признаки, имѣетъ эмпирическую формулу $C_6H_{12}O_5$, еще разъ доказывающую неправильность

старого понятія объ углеводахъ: въ этомъ соединеніи Н находится въ количествѣ 12 атомовъ, а О въ числѣ пяти атомовъ.

Номенклатура и классификація углеводовъ. Огромное количество искусственныхъ, частью до сихъ поръ не найденныхъ въ природѣ, а также и натуральныхъ углеводовъ раздѣляютъ на опредѣленные группы. Прежде всего различаютъ два большихъ класса, а именно: 1) *моносахариды* (монозы), 2) *полисахариды* (полиозы). Оба класса связаны между собою генетически, что лежитъ въ самой химической природѣ этихъ соединеній. Такъ, полисахариды при расщепленіи даютъ монозы и представляютъ собою какъ бы уплотненные моносахариды. Въ свою очередь послѣдніе, конденсируясь съ выдѣленіемъ частицы воды, могутъ образовать сахара высшаго порядка.

Моносахариды. Названіе разныхъ подгруппъ этого класса имѣетъ корнемъ указаніе греческимъ числительнымъ числа углеродныхъ атомовъ, заключающихся въ данномъ соединеніи, а окончаніемъ приставляется *оза*. Такъ, напримѣръ, соединенія, обозначенныя выше *a* и *b*, суть *гексозы*, вещества же *c* и *d* являются *пентозами*. Въ зависимости отъ того, содержится ли въ углеводѣ альдегидная или кетонная группа, даютъ ему также названіе *альдозы* или *кетозы*. Чтобы одновременно обозначить и число углеродныхъ атомовъ и альдегидную или кетонную группу даннаго углевода, примѣняютъ сложныя названія: такъ, напримѣръ, соединеніе (a) назыв. *альдогексозой*, (b)—*кетогексозой* и т. д. До сихъ поръ еще сохраняются имѣющія только историческое значеніе названія, указывающія на происхожденіе углевода или нѣкоторыя его свойства; такъ, напр., альдогексоза (a) называется *глюкозой*, кетогексоза (b)—*фруктозой*, пентоза (c)—*арабинозой*, сахаръ (d) метилпентоза—*рамнозой*.

Полисахариды или сложные сахара образуются изъ монозъ соединеніемъ двухъ или большаго числа сахаровъ съ выдѣленіемъ воды; при гидролитическомъ же расщепленіи, присоединяя воду, они снова распадаются на простые сахара. Полисахариды по числу участвующихъ въ ихъ построеніи частицъ монозъ раздѣляются на *дисахариды* (*биозы*), *трисахариды* (*триозы*), *тетрасахариды* и т. д. и на *полисахариды* въ собственномъ смыслѣ.

Дисахариды можно разсматривать какъ ангидриды, получаемые изъ двухъ частицъ моносахаридовъ при выдѣленіи одной частицы воды. При гидролитическомъ расщепленіи дисахариды, присоединяя воду, даютъ двѣ частицы одной и той же монозы или различныхъ. Такъ, напримѣръ, тростниковый сахаръ при гидролизѣ распадается на виноградный (глюкозу) и плодовый (фруктозу) сахара, мальтоза (солодовый сахаръ)—на двѣ частицы глюкозы. Въ рациональномъ названіи углеводовъ этого класса корнемъ обозначаютъ иногда проис-

хождение, а окончаниемъ бываетъ оза; такъ, напримѣръ, солодовый сахаръ называется *мальтоза*, молочный—*лактоза*.

Полисахариды въ собственномъ смыслѣ (сахароколлоиды) также могутъ быть разсматриваемы, какъ ангидриды моносахаридовъ, на которые они распадаются при своемъ гидролизѣ. О числѣ простыхъ сахаровъ, участвующихъ въ построение частицы полисахарида, не существуетъ точныхъ несомнѣнныхъ данныхъ. Разнообразнѣйшимъ тѣламъ, принадлежащимъ къ этому классу, даютъ общую формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$, чѣмъ указывается, что эти вещества составлены изъ n частицъ простыхъ сахаровъ, связанныхъ въ одно цѣлое въ формѣ ангидрида. Всѣ полисахариды въ собственномъ смыслѣ обыкновенно раздѣляются на три главныя группы: 1) крахмала, 2) камеди и растительной слизи и 3) клѣтчатки.

Химическая физиономія углеводовъ. Химическая индивидуальность изслѣдуемаго соединенія окончательно можетъ быть установлена въ томъ случаѣ, если не только опредѣлены входящія въ его составъ элементы, но также выяснены эмпирическая и, наконецъ, структурная формулы его.

Иллюстрируемъ это положеніе въ примѣненіи къ углеводамъ примѣромъ *винограднаго сахара*. Качественный химическій анализъ обнаруживаетъ, что виноградный сахаръ въ своемъ составѣ содержитъ С, Н и О. Количественное изслѣдованіе съ другой стороны показываетъ, что въ виноградномъ сахарѣ С имѣется 40%, Н—6,6% и О—53,4%. Атомное отношеніе этихъ элементовъ въ виноградномъ сахарѣ выразится слѣдующимъ уравненіемъ:

$$\frac{40}{12} : \frac{6,6}{1} : \frac{53,4}{16} = 1 : 2 : 1,$$

Но соединеній, въ которыхъ отношеніе С, Н и О выражается 1 : 2 : 1, на самомъ дѣлѣ существуетъ много: CH_2O , $C_2H_4O_2$, $C_3H_6O_3$, $C_4H_8O_4$, $C_6H_{12}O_6$ и т. д. Для окончательнаго рѣшенія вопроса о количествѣ атомовъ С, Н и О въ молекулѣ винограднаго сахара требуется знать величину самой молекулы, т. е. молекулярный вѣсъ его.

Для установленія *молекулярнаго вѣса* изслѣдуемаго соединенія пользуются между прочимъ и такъ называемымъ *криоскопическимъ методомъ*: опредѣляютъ пониженіе точки замерзанія раствора изслѣдуемаго вещества сравнительно съ точкою замерзанія чистаго растворителя. Такая возможность дается существованіемъ трехъ слѣдующихъ законовъ, установленныхъ опытомъ и исторически приведшихъ къ криоскопическому методу.

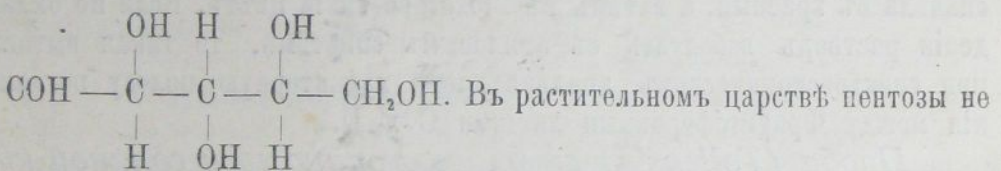
1) *Растворъ вещества замерзаетъ при болѣе низкой температурѣ, чѣмъ растворитель.*

2) *Пониженіе точки замерзанія пропорціонально концентрации раствора.*

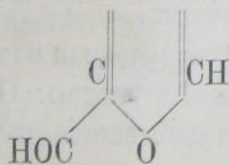


Моносахариды (монозы)

Пентозы. Въ 1892 году впервые было обращено внимание на существованіе сахаровъ съ пятью атомами углерода, имѣющихъ формулу $C_5H_{10}O_5$. Въ этомъ году *Jastrowitz* нашель въ мочѣ одного морфиниста тѣло, отличающееся сильно возстановляющимъ свойствомъ, но которое почти совершенно не бродило и было оптически недѣятельно. *Salkowski* удалось доказать, что это пентоза. Во многихъ случаяхъ диабета у людей и искусственно вызваннаго у животныхъ была находима пентоза, а именно *i*-арабиноза. Пентозы, по изслѣдованіямъ *Blumental'я*, повидимому, входятъ въ составъ нуклеопротеидовъ различныхъ органовъ, будучи представлены *l*-ксилозами строенія:

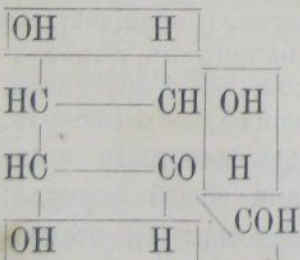


встрѣчаются въ свободномъ видѣ, но весьма распространены въ формѣ болѣе сложныхъ углеводовъ полимеровъ въ видѣ $(C_5H_8O_4)_n = (C_5H_{10}O_5)_n - n(H_2O)$, т. н. *пентозановъ*, при гидролитическомъ расщепленіи которыхъ и получаютъ свободныя пентозы. Естественныя пентозы представляютъ собою редуцирующія альдозы, въ слабой степени способныя бродить. Бактеріи гніенія легко разрушаютъ пентозы. При кипяченіи съ крѣпкими минеральными кислотами пентозы не образуютъ левулиновой кислоты (иначе называемой ацетопроіоновой: $\text{СН}_2\text{СO}\cdot\text{СН}_2\cdot\text{СН}_2\cdot\text{СOOH}$), но онѣ даютъ *фурфуроль* $C_5H_4O_2$. Фурфуроль является производнымъ фурфурана, въ которомъ одинъ Н замѣщенъ группою СОН :



Пентоза ($C_5H_{10}O_5$) отличается отъ фурфурола, имѣющаго кольцевую цѣпь, на группу $H_6O_3 = 3H_2O$. Формулу пентозы мож-

но написать слѣдующимъ образомъ:

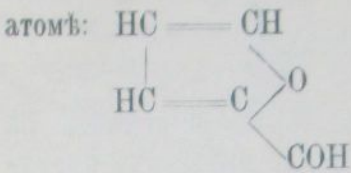


послѣ выдѣленія изъ послѣдней формулы трехъ частицъ воды, остается:

$$\begin{array}{c} \text{НС} = \overset{*}{\text{СН}} \\ | \\ \text{НС} = \text{СО} \\ | \\ \text{СОН}; \end{array}$$

свободное средство углероднаго атома, обозначеннаго звѣздочкой, насыщается свободнымъ средством O при другомъ углеродномъ

LIB 3052



Фурфуроль легко растворимъ въ H_2O , вступаетъ въ реакціи съ орциномъ [диокситолуоль $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_2\text{CH}_3$] и флороглюциномъ [триоксибензолъ $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$], чѣмъ и пользуются для открытія пентозъ.

Качественное опредѣленіе пентозъ.

Проба (Tollens'a) съ орциномъ и съ соляною кислотою производится слѣдующимъ образомъ: къ водному раствору вещества приливается около $1\frac{1}{2}$ объемовъ концентрированной HCl (уд. в. 1,12), прибавляется нѣсколько кристалликовъ орцина, и смѣсь нагревается. Въ случаѣ присутствія пентозъ растворъ окрашивается сначала въ красный, а затѣмъ въ фіолетово-синій цвѣтъ. Если по охлажденіи растворъ взболтать съ амиловымъ спиртомъ, то такая вытяжка при спектроскопическомъ анализѣ даетъ характерную полосу поглощенія между Фраунгоферовыми линіями С и D.

Проба (Tollens'a) съ флороглюциномъ и соляной кислотой производится такъ же, какъ и вышеприведенная. При нагреваніи жидкость окрашивается въ вишневокрасный цвѣтъ, но скоро мутнѣетъ, почему здѣсь особенно важно извлечь растворъ амиловымъ спиртомъ: онъ даетъ полосу поглощенія между D и E.

Представители пентозъ.

Арабиноза. Въ видѣ ея выдѣляется та пентоза, которая обусловливаетъ пентозурию. Она является тѣломъ кристаллическимъ, со сладковатымъ вкусомъ, оптически недѣятельна. Озозонъ плавится при 157°C . Существуетъ и оптически дѣятельныя арабинозы: *l*-арабиноза получается при кипяченіи вишневой камеди съ разведенной сѣрной кислотой, *d*-арабиноза добыта синтетически.

Ксилоза. Единственная ксилоза, полученная изъ органовъ (изъ бѣлковъ-нуклеопротеидовъ) представляется *l*-ксилозою. Она весьма распространена въ растительномъ царствѣ и добывается изъ древесной камеди при кипяченіи съ разведенными кислотами; озозонъ плавится при 160°C .

Е. Fischer оптически дѣятельнымъ углеводамъ придаетъ знаки *l*, *d*, и *i* не для обозначенія направленія оптическаго вращенія, но генетической связи разныхъ видовъ сахара; такъ, напримѣръ, лѣво-вращающую фруктозу онъ обозначаетъ не *l*-фруктозой, но *d*-фруктозой, чтобы указать на ея близкое отношеніе къ правовращающей *d*-глюкозѣ.

Гексозы. Переходимъ къ самой важной для животнаго организма группѣ моносахаридовъ, именно, къ гексозамъ общей формулы: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. По правилу *Le Bel*'я и *van't Hoff*'а возможны 16 изомерныхъ соединений. Однѣ гексозы, какъ, напримѣръ, *виноградный и плодовый сахара*, встрѣчаются въ природѣ, какъ таковые, отчасти

получаются при гидролитическомъ расщепленіи болѣе сложныхъ углеводовъ или глюкозидовъ. Другіе, какъ *манноза* и *галактоза*, получаютъ при гидролитическомъ расщепленіи продуктовъ животнаго организма. Наконецъ, нѣкоторыя гексозы, какъ, напримѣръ, *гулоза*, пока могли быть получены только искусственнымъ путемъ. При кипяченіи съ соотвѣтственно разведенными кислотами гексозы даютъ муравьиную кислоту, гуминовыя вещества, а также левулиновую кислоту. Гексозы отчасти бродятъ съ дрожжами, искусственныя же гексозы или совершенно не бродятъ или крайне трудно. Между гексозами существуютъ и альдозы (глюкоза, манноза, галактоза, гулоза и др.) и кетозы (фруктоза и др.).

Прежде чѣмъ перейти къ описанію главнѣйшихъ въ физиолого-химическомъ отношеніи гексозъ, мы должны познакомиться съ важнѣйшими реакціями на сахаръ.

Качественное опредѣленіе гексозъ.

Качественный анализъ гексозъ основанъ на присутствіи въ нихъ альдегидной или кетонной группъ, способныхъ окисляться.

Проба Moore'a. Если къ раствору сахара прибавить раствора NaOH (10%) и полученную смѣсь подвергнуть нагрѣванію, то жидкость начинаетъ желтѣть съ поверхности, а при дальнѣйшемъ кипяченіи растворъ сахара можетъ совсѣмъ почернѣть.

Другое свойство сахара заключается въ томъ, что онъ способенъ, отнимая O отъ окисей металловъ, переводить ихъ или въ закиси или въ свободный металлъ.

Проба Trommer'a съ мѣдью. Прибавляется къ раствору сахара $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ по объему 10% раствора ѣдкой щелочи и 1—2 капли раствора мѣднаго купороса: осадокъ гидрата окиси мѣди исчезаетъ при взбалтываніи (слѣдуетъ приливать CuSO_4 въ нѣкоторомъ избыткѣ); при нагрѣваніи такого раствора выпадаетъ красный осадокъ закиси мѣди.

Реакція эта протекаетъ слѣдующимъ образомъ: отъ взаимодѣйствія мѣднаго купороса и ѣдкаго натра получается гидратъ окиси мѣди, который растворяется въ присутствіи сахара (въ водѣ же не растворяется): $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2$. При нагрѣваніи гидратъ окиси мѣди вслѣдствіи того, что сахаръ отнимаетъ у него кислородъ, переходитъ въ видъ краснаго осадка въ закись: $2\text{Cu}(\text{OH})_2 - \text{O} - 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{O}$.

Проба Böttger-Almen'a съ висмутомъ основывается на способности сахаровъ возстановлять въ щелочной средѣ окись висмута до металлическаго висмута. При кипяченіи раствора сахара съ реактивомъ Nylander'a [его составъ: въ 100 к. с. 10% раствора NaOH (для полученія изъ азотнокислаго висмута окиси висмута) растворяють

2 грм. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ и 4 грм. Сегнетовой соли (для растворенія получающагося Bi_2O_3) происходит отнятіе сахаромъ отъ Bi_2O_3 кислорода, приче́мъ въ дальнѣйшемъ выпадаетъ металлическій Bi .

Проба съ серебромъ. Чтобы показать возстановленіе Ag_2O до металлическаго серебра, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: къ раствору AgNO_3 прибавляется NaOH для полученія окиси серебра, а затѣмъ— NH_3 для растворенія получающейяся Ag_2O ; къ этому раствору приливается жидкость, содержащая сахаръ, и смѣсь слабо нагрѣвается: на стѣнкахъ пробирки ясно обозначается зеркальный налетъ выдѣлившагося металлическаго серебра.

Проба съ индиго основана на томъ, что индиго (растительная краска) въ окисленномъ состояніи имѣетъ синій цвѣтъ, а при возстановленіи переходитъ въ бѣлый индиго. Къ раствору сахара въ присутствіи щелочи (наприм., Na_2CO_3) прибавляется индиго; при нагрѣваніи жидкость теряетъ синюю окраску и принимаетъ желтоватый цвѣтъ, что указываетъ на отнятіе сахаромъ части кислорода индиго. Если жидкость охладить, а затѣмъ встряхнуть, то кислородъ атмосфернаго воздуха присоединится къ индиго, и жидкость снова окрасится въ синій цвѣтъ, исчезающій при новомъ нагрѣваніи.

Реакція съ фениль-гидразиномъ производится слѣдующимъ образомъ: въ одну пробирку наливаютъ извѣстное количество сахарнаго раствора, въ другую—фениль-гидразина, разведеннаго въ уксусной кислотѣ; оба раствора сливаютъ въ третью пробирку. Смѣсь подогрѣваютъ на водяной банѣ; вскорѣ ранѣе прозрачная жидкость мутнѣетъ, и получается кристаллическій осадокъ, который представляетъ собою фениль-глюкозозонъ. При микроскопическомъ изслѣдованіи полученный продуктъ имѣетъ видъ иглъ. Озозонъ, смотря по тому, съ какимъ изъ сахаровъ фениль-гидразинъ реагировалъ, имѣетъ различную точку плавленія. Въ чистомъ видѣ фениль-глюкозозонъ плавится при $204 - 205^\circ\text{C}$, легко растворяется въ пиридинѣ, изъ котораго выдѣляется въ кристаллическомъ видѣ послѣ прибавленія бензола, лигроина или эфира.

Количественное опредѣленіе гексозъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ весьма важно опредѣлить количество сахара въ данномъ растворѣ. Существуютъ два способа количественнаго опредѣленія сахара: химическій и физическій.

Химическій способъ основанъ на способности сахара переводить окись мѣди (CuO) въ закись ея (Cu_2O), при этомъ одна молекула винограднаго сахара возстановляетъ пять молекулъ CuO или 1 граммъ-молекула винограднаго сахара возстановляетъ 5 граммъ-молекулъ CuO . Для опредѣленія количества сахара въ данномъ растворѣ употребляютъ растворъ CuO опредѣленной концентраціи; обыкновенно готовятъ такой растворъ, чтобы 1 куб. с. возстановлялся 0,005,

грамм. жидк. опред. конц. аллюмин. окисл.

грамм. сахара. Одна частица окиси мѣди (CuO) получается изъ одной частицы $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ (кристаллы мѣднаго купороса имѣють 5 частицъ кристаллизаціонной воды), а такъ какъ 1 частица винограднаго сахара возстановляетъ 5 частицъ CuO , то $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ нужно взять 5 частицъ. Далѣе, молекулярный вѣсъ винограднаго сахара ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) = 180, а $5(\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}) = 1247,5$; количество мѣднаго купороса опредѣляется изъ пропорціи:

180 грм. винограднаго сахара возстановляютъ	1247,5 гр.	CuSO_4
а 0,005 „ „ „ „		X

$$X: 1247,5 = 0,005 : 180; X = \frac{1247,5 \cdot 0,005}{180} = 0,03465 \text{ грм.}$$

Поэтому, растворъ сѣрнокислой мѣди долженъ содержать въ литрѣ 34,65 грм.] перекристаллизованной невыѣтрившейся сѣрнокислой мѣди. Чтобы получить CuO , къ мѣдному купоросу прибавляютъ NaOH , а полученный послѣ этого осадокъ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ растворяють въ Сегнетовой соли (двойная соль калія и натрія правой винно-каменной кислоты).

Этотъ реактивъ, назыв. *Фелинговой жидкостью*, готовится слѣдующимъ образомъ: 1) 34,65 гр. мѣднаго купороса растворяють въ 500 куб. см. воды. 2) 60 гр. ѣдкаго натра и 173 гр. Сегнетовой соли растворяють въ 500 куб. см. воды. Такъ какъ смѣсь обоихъ этихъ растворовъ портится, то каждый изъ нихъ сохраняется отдѣльно, а передъ употребленіемъ смѣшиваются по равному объему.

При опредѣленіи количества сахара титрованіемъ жидкостью Фелинга поступаютъ слѣдующимъ образомъ: растворъ, содержащій не болѣе 1% сахара, наливается въ бюретку; подъ бюреткой помѣщается фарфоровая чашка съ точно отмѣренными 10 к. с. готовой Фелинговой жидкости, требующей для своего возстановленія 0,05 грм. винограднаго сахара; къ реактиву прибавляется 40 к. с. воды. При постоянномъ кипѣніи Фелинговой жидкости приливають въ чашку по каплямъ изъ бюретки изслѣдуемый растворъ сахара до тѣхъ поръ, пока CuO не перейдетъ въ Cu_2O , что узнается по обезцвѣчиванію синяго раствора и по образованію краснаго осадка закиси мѣди. Предположимъ, что для этого понадобилось 11,7 к. с. раствора сахара; значить, 11,7 к. с. сахарнаго раствора содержать въ себѣ столько же граммъ сахара, сколько требуется для возстановленія 10 к. с. Фелинговой жидкости, т. е. 0,05 грм.; слѣдовательно въ 100 к. с. изслѣдуемаго

раствора находится сахара $\frac{0,05 \cdot 100}{11,7}$ грм., т. е. 0,4 грм.

Но этотъ способъ очень неудобенъ, такъ какъ не легко уловить моментъ, когда вся CuO Фелинговой жидкости переходитъ въ Cu_2O ; поэтому предложены другіе способы.

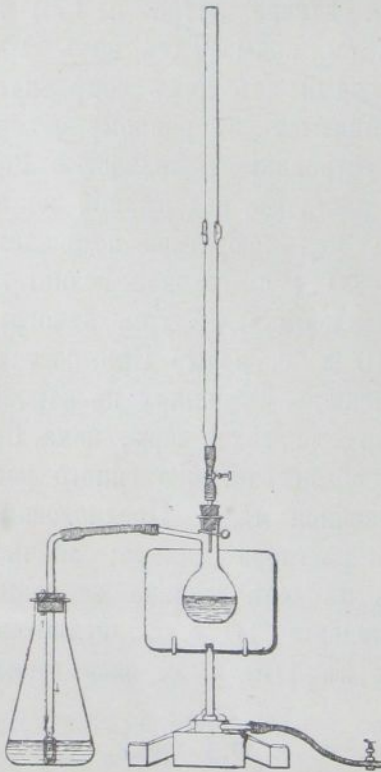
Способъ титрованія по Рау. Принципъ способа заключается въ томъ, что возстановленная сахаромъ окись мѣди, т. е. ея закись, остается растворенною вслѣдствіе присутствія въ жидкости амміака. Поэтому, при наступленіи возстановленія жидкость обезцвѣчивается, что и считается концомъ реакціи. Реактивъ имѣеть слѣдующій составъ:

Въ 1000 к. с. воды	заключается	4,278 gr.	CuSO_4 ,
		20,4	„ Сегнетовой соли,
		20,4	„ ѣдкаго натра,
		300,0	кб. с. амміака уд. в. 0,88.

10 кб. с. этого реактива возстановливаются 0,005 грам. винограднаго сахара.

Производство опредѣленія таково: въ колбу объемовъ 150—200 кб. с. вливается 10—20 кб. с. реактива и прибавляется 20—30 кб. с. дистиллированной воды. Колба закрывается резиною пробкою съ двумя отверстіями; однимъ колба соединяется съ нижнимъ концомъ бюретки, наполненной изслѣдуемымъ растворомъ сахара, другимъ сообщается черезъ дважды изогнутую подъ прямымъ угломъ стеклянную трубочку съ колбою, наполненною водою; эта трубочка служитъ для отведенія изъ колбы водяныхъ паровъ и амміака; для

воспрепятствованія обратному поступленію воздуха въ первую колбу на нижнемъ своемъ концѣ во второй колбѣ стеклянная трубочка снабжена вентиляемъ изъ резиновой трубочки (см. рис. 7). По наполненіи бюретки растворомъ сахара, колба осторожно нагревается до кипѣнія, и по каплямъ (60—100 капель въ минуту) приливается растворъ сахара, передъ концомъ реакціи весьма осторожно и медленно, до полного обезцвѣчиванія жидкости. 2—3 опредѣленія, разнящіяся между собою на $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{10}$ к. с., укажутъ среднюю, болѣе всѣхъ близкую къ дѣйствительности. Израсходованное для возстановленія 10 кб. с. реактива количество раствора сахара должно содержать въ себѣ 0,005 грам. винограднаго сахара. Нужно обращать вниманіе на то, чтобы не слишкомъ быстро приливать, ибо можно не такъ точно опредѣлить конецъ реакціи, и

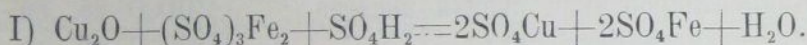


Рисунокъ 7.

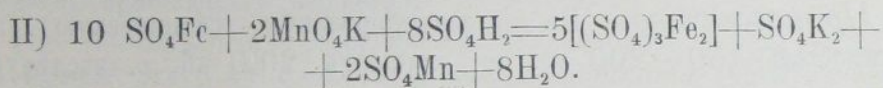
не слишкомъ медленно, ибо можетъ улетучиться весь амміакъ и закись выпадеть изъ раствора.

Титриметрическое опредѣленіе количества сахара по Bertrand'у.

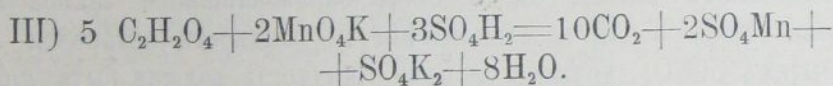
Принципъ способа состоитъ въ томъ, что образующаяся при кипяченіи Фелинговой жидкости съ растворомъ винограднаго сахара закись мѣди растворяется сѣрнокислою окисью желѣза при участіи сѣрной кислоты:



Образующаяся сѣрнокислая закись желѣза титруется растворомъ марганцевокислаго калия:



Растворъ же марганцевокислаго калия устанавливается по щавелевой кислотѣ гесп. по щавелевокислomu аммонію:



Сравнивая уравненія III и II, мы видимъ, что одна частица щавелевой кислоты гесп. щавелевокислаго аммонія эквивалентна 2Fe, а послѣдніе, согласно уравненію I, эквивалентны 2Cu. На основаніи этого, пользуясь растворомъ марганцевокислаго калия, установленнымъ по щавелевокислой соли, мы можемъ опредѣлить количество мѣди, возстановляемой въ закись растворомъ сахара, и по нему судить о количествѣ послѣдняго въ растворѣ.

Титръ марганцевокислаго калия устанавливается слѣдующимъ образомъ: 0,250 гр. щавелевокислаго аммонія, перекристаллизованнаго, растворяютъ въ химическомъ стаканчикѣ въ 100 куб. см. воды и съ 2 куб. с. концентрированной сѣрной кислоты нагреваютъ до 70—80°C; затѣмъ изъ бюретки приливаютъ устанавливаемый растворъ марганцевокислаго калия до наступленія постояннаго розоваго окрашиванія. Допустимъ, что израсходовано 26,5 куб. сант. раствора MnO_4K .

Если 63,6.2 грм. (2Cu) мѣди соотвѣтствуютъ 142,1 грм. (гр.-мол.) щавелевокислаго аммонія,

то X " " 0,250 " "

отсюда $X = \frac{63,6.2.0,250}{142,1}$ или 0,224 грм. мѣди; слѣдовательно,

1 куб. с. MnO_4K будетъ соотвѣтствовать $\frac{0,224}{26,5}$ или 8,4 mgr. Cu.

Для опредѣленія количества сахара по способу *Bertrand'a* необходимы слѣдующіе 4 раствора.

- I. Чистый кристаллическій мѣдный купоросъ 40,0 гр.
Дистиллированная вода до 1000,0 кб. см.
- II. Чистая Сегнетова соль 200,0 грм.
Ѣдкій натръ въ палочкахъ 150,0 грм.
Дистиллированная вода до 1000,0 кб. см.
- III. Сѣрноокислая окись желѣза 50,0 грм.
Концентрированная сѣрная кислота. 200,0 кб. см.
Дистиллированная вода до 1000,0 кб. см.
- IV. Марганцевоокислый калий. 5,0 грм.
Дистиллированная вода до 1000,0 кб. см.

Производство. Въ Эрленмейеровскую (коническую) колбу вмѣстимостью 150—200 кб. см. вливаютъ 20,0 кб. с. изелѣдуемаго сахарнаго раствора и по 20 кб. с. (1) раствора мѣди и (2) щелочнаго раствора Сегнетовой соли, нагрѣваютъ до кипѣнія и осторожно кипятятъ 3 мин. Отнимаютъ пламя, даютъ сѣсть образовавшейся закиси мѣди. Необходимо, чтобы послѣ возстановленія въ жидкости оставался нѣкоторый избытокъ CuSO_4 , другими словами, жидкость должна быть *синей*. Какъ только закись хорошо осадеть, жидкость отсасываютъ черезъ асбестовый фильтръ, стараясь о томъ, чтобы какъ можно меньше на фильтръ попадало закиси мѣди. Какъ только синяя жидкость отфильтруется, осадокъ въ колбѣ промывается водою, промывная вода пропускается черезъ фильтръ, фильтръ промываютъ дистиллированной водою до исчезанія слѣдовъ CuSO_4 . Затѣмъ къ осадку закиси мѣди въ колбѣ приливаютъ 20 кб. с. раствора сѣрноокислой окиси желѣза (3)—получается красивое зеленое окрашиваніе. Растворъ медленно просасывается черезъ асбестовый фильтръ (закись мѣди послѣдняго также растворяется). И колба и фильтръ тщательно промываются дистиллированной водою, чтобы получить всю мѣдь въ отсасывающей *стклянкѣ*. Полученный растворъ титруютъ (4) марганцевоокислымъ калиемъ. Переходъ отъ зеленого къ розовому окрашиванію очень рѣзокъ и виденъ какъ при солнечномъ, такъ и при искусственномъ свѣтѣ.

Примѣръ. Допустимъ, что на титрованіе сѣрноокислой закиси желѣза пошло 17,3 кб. см. марганцевоокислаго калия (вышеустановленнаго титра).

1 кб. см. MnO_4K соотвѣтствуетъ 8,4 mgr. Cu.

17,3 " " " X "

X: $8,4=17,3:1$; $X=8,4 \cdot 17,3$ или $145,32$ mgr. Cu.

Для 100 кб. см. раствора сахара будетъ $145,32 \cdot 5=726,60$ mgr. Cu. По таблицѣ опредѣляютъ, какому количеству сахара соотвѣтствуетъ это количество мѣди.

Болѣе точные результаты получаются, если концентрація сахарнаго раствора равна 0,5%; болѣе крѣпкіе растворы слѣдуетъ разводить водою.

Въ виду того, что между количествомъ мѣди и количествомъ сахара не существуетъ прямой пропорціональности, то эмпирически установлены таблицы соответствія между количествомъ мѣди и количествомъ сахара.

Физическій способъ количественнаго опредѣленія основанъ на способности сахара вращать плоскость поляризованнаго луча; это достигается съ помощью аппаратовъ, указывающихъ величину угла поворота плоскости поляризаціи, производимаго опредѣленнымъ слоемъ изслѣдуемаго раствора, такъ какъ вращеніе плоскости пропорціонально количеству вращающаго вещества.

Изъ многихъ тѣлъ, способныхъ поляризовать свѣтъ, нужно назвать прежде всего *кристаллъ исландскаго шпата* (кристаллическая углекислая известь). Если пропустить свѣтъ черезъ призму исландскаго шпата, имѣющую форму ромбоэдра, то свѣтъ поляризуется, при чемъ образуются два пучка—обыкновенный (подчиняющійся обыкновеннымъ законамъ преломленія) и необыкновенный (не подчиняющійся этимъ законамъ). Такое раздвоеніе свѣтовыхъ лучей, мѣшающее наблюденію, устранено было Никодемъ слѣдующимъ образомъ. Онъ распилилъ призму по плоскости, проходящей черезъ оптическую ось ея, обѣ половины своими отшлифованными поверхностями распила были затѣмъ склеены тонкимъ слоемъ канадскаго бальзама. Такая призма получила названіе *Николевой призмы*. Черезъ такую призму пройдетъ только необыкновенный лучъ, а обыкновенный лучъ, дойдя до слоя канадскаго бальзама, слабѣе преломляющаго свѣтъ, чѣмъ исландскій шпатъ, уклонится отъ первоначальнаго направленія и упадетъ на шлифованную поверхность распила призмы подъ угломъ полного внутренняго отраженія, почему выйдетъ изъ призмы, а слѣдовательно изъ поля нашего зрѣнія.

Чтобы отличить поляризованный свѣтъ отъ неполяризованнаго, пользуются двумя призмами Николя. Послѣднія устанавливаются такимъ образомъ, чтобы плоскости поляризаціи были параллельны. Въ этомъ случаѣ свѣтъ, поляризованный одной призмой, пройдетъ черезъ другую безъ измѣненія. Если же одну призму повернуть относительно другой такъ, что плоскости поляризаціи будутъ перпендикулярны другъ къ другу, т. е. на 90° , то свѣтъ не пройдетъ черезъ другую призму и поле зрѣнія будетъ темнымъ (въ этомъ случаѣ говорятъ, что призмы скрещены). Одна призма, неподвижно устанавливаемая передъ источникомъ свѣта и служащая для поляризаціи свѣта, называется *поляризаторомъ*, а другая устанавливается передъ глазомъ наблюдателя, остается подвижной и служитъ для отысканія плоскости поляризаціи; эта послѣдняя призма называется *анализаторомъ*.

Прямолинейно поляризованный лучъ распространяется въ нѣкоторыхъ тѣлахъ такъ, что плоскость поляризаціи мѣняется вдоль луча отъ одной точки къ сосѣдней, вращаясь въ какомъ-нибудь направленіи. Лучъ, выходящій изъ такого тѣла, оказывается вновь прямолинейно поляризованнымъ, но плоскость поляризаціи его составляетъ нѣкоторый уголъ съ плоскостью поляризаціи луча, вступившаго въ тѣло. Про такое тѣло говорятъ, что оно вращаетъ плоскость поляризаціи или что оно оптически дѣятельно. Такой способностью обладаетъ одноосновный кристаллъ *кварца*.

Если между скрещенными поляризаторомъ и анализаторомъ, т. е. когда анализаторъ повернуть на 90° и поле зрѣнія остается темнымъ, помѣстимъ пластинку кварца, вырѣзанную перпендикулярно кристаллографической оси, то поле зрѣнія сразу освѣщается (будто призмы не скрещены). Чтобы поле зрѣнія опять стало темнымъ, необходимо повернуть анализаторъ на нѣсколько градусовъ (въ зависимости отъ толщины кварцевой пластинки) направо или налево (въ зависимости отъ того, вращаетъ ли кварцъ вправо или влево). Это явленіе указываетъ на то, что плоскость поляризаціи претерпѣла въ кварцѣ вращеніе на нѣкоторый уголъ, равный углу, на который пришлось повернуть анализаторъ, чтобы возстановить темноту. Такое явленіе называютъ *вращеніемъ плоскости поляризаціи*, а тѣла, обуславливающія это явленіе, — *вращающими плоскость поляризаціи*. Каждое тѣло, способное вращать плоскость поляризаціи, обладаетъ специфической силой и направлениемъ вращенія, т. е. вращаетъ всегда на опредѣленное число градусовъ и въ опредѣленную сторону — правую или лѣвую.

Если при наблюденіи пользуются бѣлымъ свѣтомъ, то послѣ прохожденія черезъ тѣло, вращающее плоскость поляризаціи, не удастся достигнуть темнаго поля зрѣнія, сколько бы ни поворачивать анализаторъ, такъ какъ всегда получается окраска поля к. н. цвѣтомъ въ порядкѣ цвѣтовъ спектра (если повернуть анализаторъ на цѣлый кругъ, т. е. на 360°). Это явленіе объясняется слѣдующимъ. Кварцевая пластинка поворачиваетъ неодинаково плоскости поляризаціи лучей спектра, при этомъ чѣмъ болѣе преломляемость луча, тѣмъ на большее число градусовъ повернется плоскость поляризаціи. (Сильнѣе всѣхъ повернется плоскость фіолетоваго луча, а слабѣе всѣхъ — краснаго). Пройдя черезъ Николеву призму (поляризаторъ), бѣлый свѣтъ будетъ имѣть одну плоскость поляризаціи, которая въ кварцевой пластинкѣ повернется и распалется на семь цвѣтныхъ плоскостей (по числу цвѣтовъ спектра). Выйдя изъ кварцевой пластинки, не всѣ цвѣтныя плоскости поляризаціи попадутъ въ анализаторъ такъ, чтобы каждая изъ нихъ была перпендикулярна къ его плоскости поляризаціи, почему и не получится темнаго поля зрѣнія — если, напр., съ плоскостью поляризаціи анализатора будетъ скрещена плоскость поляризаціи фіолетоваго луча, то послѣдній не пройдетъ, а остальные лучи пройдутъ; то же самое съ краснымъ лучемъ и т. д. Въ результатѣ получится то, что послѣ выхода изъ анализатора свѣтъ никогда не будетъ бѣлымъ (ибо не хватить к. н. луча спектра, который не прошелъ черезъ анализаторъ вслѣдствіе того, что его плоскость поляризаціи оказалась перпендикулярной къ плоскости поляризаціи анализатора, т. е. скрестилась), а всегда будетъ окрашенъ въ к. н. цвѣтъ.

Поляризаціонные приборы, служащіе для опредѣленія количества сахара, называются *сахариметрами*. Одинъ изъ нихъ мы и опишемъ (рис. 8). *Сахариметръ Soleil* я состоитъ изъ трубки, въ которой находятся слѣдующія части: на сторонѣ, обращенной къ источнику свѣта,

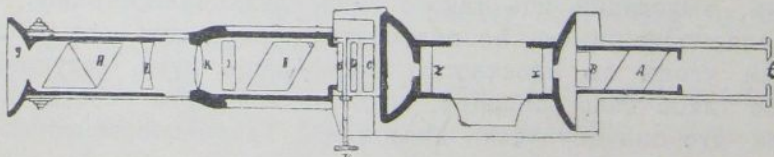


Рис. 8.

находится *поляризаторъ А*; за нимъ *бикварцъ В*, составленный изъ двухъ противоположнаго вращенія пластинокъ (праваго и лѣваго) такимъ образомъ, что линія ихъ раздѣла вертикальна и находится въ одной плоскости съ осью прибора, толщина ихъ соотвѣтствуетъ вращенію на 90° ; далѣе трубка *хз* для помѣщенія изслѣдуемаго раствора вещества; за ней двѣ одинаковой толщины кварцевыя пластинки *С* и *Д*, изъ нихъ первая вращаетъ плоскость поляризаціи влѣво, вторая—вправо. Пластика *Д* устроена особымъ образомъ и носитъ названіе *компенсатора*. Она распиливается наискось на двѣ призмы, передвигающіяся въ противоположныя стороны одна относительно другой при помощи особаго винта. Къ компенсатору приспособлена шкала съ нониусомъ, которая, слѣдуя за движеніями обѣихъ призмъ, служитъ для измѣренія толщины компенсатора. Далѣе расположенъ *анализаторъ Е*. Затѣмъ слѣдуютъ прибавочныя части—*Галлилеева трубка К, Л* для отчетливаго распознаванія обѣихъ пластинокъ бикварца и приспособленіе для выбора *чувствительнаго цвѣта* для глаза. Галлилеева трубка состоитъ изъ двояковыпуклаго стекла *К* и двояковогнутаго *Л*. Приборъ для выбора цвѣта состоитъ изъ кварцевой пластинки *Ј* и Николевой призмы *Н*.

Теперь прослѣдимъ, *какъ измѣняется лучъ свѣта* при прохожденіи черезъ весь поляризаціонный приборъ, *когда въ немъ нѣтъ вращающей жидкости*. Въ поляризаторѣ *А* онъ поляризуется, въ бикварцѣ *В* претерпѣваетъ вращеніе плоскости поляризаціи направо въ правой и налѣво въ лѣвой половинѣ, при чемъ по выходѣ лучъ будетъ имѣть столько различныхъ плоскостей, сколько лучей въ спектрѣ; черезъ компенсаторъ *Д* онъ пройдетъ безъ измѣненія (предполагая, что обѣ половины сдвинуты, т. е. стоятъ на нулѣ); въ анализаторѣ *Е* онъ приводится къ одной плоскости поляризаціи и окрашивается (т. к. для составленія бѣлаго цвѣта не будетъ доставать тѣхъ лучей, плоскости поляризаціи которыхъ скрестились съ плоскостью поляризаціи анализатора—пройдутъ только лучи съ параллельными къ ней плоскостями); въ кварцевой пластинкѣ *Ј* онъ снова претерпѣваетъ вращеніе и разложеніе на плоскости поляризаціи, какъ то было въ бикварцѣ *В*; черезъ Галлилееву трубку свѣтъ пройдетъ безъ измѣненія; наконецъ, въ Николевой призмѣ *Н* онъ окрасится (ибо она пропуститъ тѣ цвѣтные лучи, которыхъ плоскости поляризаціи параллельны ея плоскости) и при вращеніи призмы онъ будетъ принимать различные цвѣта, изъ которыхъ наблюдатель выбираетъ любой чувствительный для своего глаза, при этомъ обѣ половины бикварца будутъ одинаково окрашены.

Если *внести въ трубку к н. вращающую жидкость*, напр. растворъ правовращающей глюкозы, то *обѣ половины бикварца будутъ различны окрашены* по слѣдующей причинѣ: вращеніе плоскости поляризаціи свѣта, выходящаго изъ праваго кварца, увеличится, а изъ лѣваго—уменьшится (на столько же), и плоскости упадутъ на анализаторъ *Е* изъ праваго кварца подъ большими углами, чѣмъ изъ лѣваго, отчего черезъ анализаторъ пройдутъ изъ обѣихъ половинъ бикварца неодинаковыя цвѣтные лучи—въ результатѣ различная окраска обѣихъ половинъ бикварца.

Этой неодинаковой окраской бикварца и опредѣляется присутствіе вращающаго вещества. Чтобы получить одинаковый цвѣтъ, нужно теперь уменьшить толщину правой призмы компенсатора или увеличить

лѣвой, что достигается поворачиваніемъ винта. По степени расхожденіи или схождения пластинокъ компенсатора судятъ о силѣ вращенія раствора гесп. о количествѣ вращающаго вещества, для чего отсчитываютъ число дѣленій между нулемъ шкалы и нулемъ нониуса (дѣленія вправо отъ нуля для правовращающихъ, а влѣво—для лѣвовращающихъ растворовъ).

Количественное опредѣленіе сахара въ мочу аппаратомъ Soleil'я. Аппаратъ устанавливается такъ, чтобы обѣ половины бикварца были равномерно окрашены и чтобы нуль дѣленія шкалы совпадалъ съ нулемъ дѣленія нониуса. Профильтровавъ мочу и выдѣливъ кипяченіемъ съ уксусной кислотой бѣлокъ (если онъ имѣется), наливаютъ ее въ трубку аппарата и поворачиваютъ винтъ компенсатора до тѣхъ поръ, пока обѣ половины бикварца окрасятся въ одинаковый цвѣтъ. Число дѣленій между нулями шкалы и нониуса укажетъ % содержаніе сахара, а дѣленія на нониусѣ отъ нуля до первой линіи, совпадающей съ линіей на шкалѣ—десятыя доли процента (каждое дѣленіе шкалы соотвѣтствуетъ одному проценту сахара, а нониуса— $\frac{1}{10}$).

Въ аппаратахъ другой конструкции, нѣсколько проще устроенныхъ, количество вращающаго вещества опредѣляется по степени вращенія анализатора. Въ этихъ аппаратахъ пользуются источникомъ свѣта, окрашеннымъ парами Na въ желтый цвѣтъ (мономатическій свѣтъ). Безъ вращающей жидкости бикварць будетъ равномерно окрашенъ въ желтый цвѣтъ. Если въ трубку помѣстить вращающую жидкость, то, въ зависимости отъ вращающей способности вещества, одна (правая или лѣвая) половина бикварца окрашивается въ синий цвѣтъ, а другая остается желтой. Чтобы узнать, на сколько градусовъ произошло отклоненіе плоскости поляризованнаго свѣта, вращаютъ анализаторъ до тѣхъ поръ, пока обѣ половины бикварца не будутъ равномерно окрашены въ желтый цвѣтъ; по числу дѣленій на кругѣ опредѣляютъ число градусовъ.

✕ Для вычисленія необходимы, по даннымъ аппарата второй конструкции, слѣдующія свѣдѣнія: а) *уголъ вращенія прямо пропорціоналенъ длинѣ трубки, въ которой помѣщается растворъ испытуемаго вещества;* б) *удѣльнымъ угломъ вращенія называется уголъ, на который поворачивается плоскость поляризованнаго свѣта въ растворъ даннаго вещества, содержащемъ въ 1 куб. см. 1 гр. вещества при трубкѣ длиною въ 10 см.;* этотъ уголъ обозначается черезъ α_D^{20} , гдѣ D указываетъ наблюденіе угла вращенія при желтомъ свѣтѣ, 20°—температуру, при которой производится наблюденіе. Известно, что α_D^{20} *винограднаго сахара* = +52,6, *плодоваго* = -89,9, *тростниковаго* = +66,5.

По удѣльному углу вращенія можно опредѣлить количество того или другого сахара въ изслѣдуемомъ растворѣ, пользуясь, напримѣръ, слѣдующимъ уравненіемъ для винограднаго сахара:

Если 1 гр. виногр. сахара даетъ уг. вр. P^0
то X „ „ „ „ „ „ P^0

$$X: 1 = P^0:52,6; X = \frac{P^0}{52,6}, \text{ а въ 100 кб. см. раствора} = \frac{P^0 \cdot 100}{52,6};$$

т. е. количество сахара въ 1 к. с. выразится частнымъ отъ дѣленія величины угла вращенія (P^0) на величину удѣльнаго угла вращенія даннаго раствора ($\alpha_D^{20} = 52,6$), а процентное содержаніе въ 100 разъ болѣе.

Представители гексозъ.

Виноградный сахар (d глюкоза или декстроза) находится въ значительныхъ количествахъ (вмѣстѣ съ левулезой) въ медѣ, сладкихъ фруктахъ и овощахъ, въ винныхъ ягодахъ и глюкозидахъ. У животныхъ и человека онъ встрѣчается въ кишечномъ каналѣ во время пищеваренія, въ небольшихъ количествахъ въ крови и лимфѣ: въ первой среднее его количество равно 0,05—0,2% у различныхъ видовъ животныхъ; слѣды его находятся въ другихъ жидкостяхъ и тканяхъ животнаго организма. При нормальныхъ условіяхъ въ мочѣ его или совершенно не бываетъ или же самые ничтожные слѣды; при сахарномъ же мочеизнуреніи (діабетъ) онъ выдѣляется съ мочей въ большихъ количествахъ; большія количества винограднаго сахара появляются въ мочѣ послѣ введенія въ организмъ цѣлаго ряда химическихъ веществъ, какъ, напримѣръ, стрихнина, кураре, фосфора, флоридзина и др. Виноградный сахаръ образуется также при гидролитическомъ расщепленіи крахмала, декстрина и другихъ сложныхъ углеводовъ; онъ участвуетъ въ построеніи глюкозидовъ, при гидролизѣ которыхъ выдѣляется. Многочисленныя наблюденія тяжелыхъ формъ діабета доказываютъ возможность образованія винограднаго сахара и изъ бѣлка въ животномъ организмѣ. Кристаллы винограднаго сахара легко растворяются въ водѣ, растворъ его вращаетъ плоскость поляризаціи вправо, удѣльный уголъ вращенія +52,6, точка плавленія глюкозазена 204—205°C. Нейтральные или слабо кислые растворы винограднаго сахара при дѣйствіи пивныхъ дрожжей подвергаются алкогольному броженію: $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5.OH + 2CO_2$. При молочнокисломъ броженіи отъ дѣйствія *Bacillus acidii lactici* происходитъ простое расщепленіе винограднаго сахара на молочную кислоту: $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_5O_3$ (или $2C_3H_6O_3$). При маслянокисломъ броженіи молочная кислота, образующаяся изъ винограднаго сахара, подвергается расщепленію по уравненію: $2C_3H_6O_3 = C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 2H_2$. Виноградный сахаръ даетъ всѣ вышеприведенныя реакціи сахаровъ.

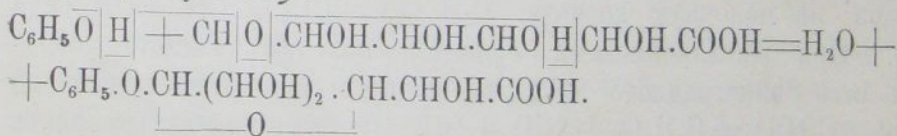
Фруктовый сахар (левулеза или фруктоза) встрѣчается въ растительномъ царствѣ, какъ въ свободномъ видѣ, такъ и въ связанномъ; рѣдко въ первой формѣ, чаще въ смѣси съ другими сахарами онъ образуетъ составную часть многихъ плодовъ. Онъ получается при гидролитическомъ расщепленіи тростниковаго сахара и другихъ сложныхъ углеводовъ, но особенно легко при расщепленіи инулина. Иногда онъ встрѣчается въ мочѣ диабетиковъ; въ нѣсколькихъ случаяхъ онъ былъ найденъ въ кровяной сывороткѣ и экссудатахъ людей. Трудно получающіеся кристаллы плодоваго сахара легко растворяются въ водѣ, растворъ вращаетъ плоскость поляризаціи влѣво (—89,9), бродитъ съ дрожжами. Продукты возстановленія получаются тѣ же, что и у глюкозы. Для левулезы характерна *реакція Селиванова*, общая для кетозъ: къ нѣсколькимъ куб. см. разведенной на половину дымящейся соляной кислоты прибавляется небольшое количество раствора сахара и нѣсколько кристалловъ резорцина; при нагрѣваніи жидкость окрашивается въ красный цвѣтъ съ образованіемъ осадка, растворимаго въ алкогольѣ съ тѣмъ же цвѣтомъ.

Галактоза получается при гидролитическомъ расщепленіи лактозы, или молочнаго сахара, и сложныхъ углеводовъ, главнымъ образомъ, камеди. Кристаллы галактозы немного труднѣе растворимы въ водѣ, чѣмъ глюкозы, даютъ правое вращеніе, бродятъ, хотя и медленно, но вполне. Проба съ соляной кислотой и флороглюциномъ даетъ ту же окраску, какъ и съ пентозами, но не получается полосы поглощенія въ спектрофотометрѣ.

Добавленіе къ гексозамъ.

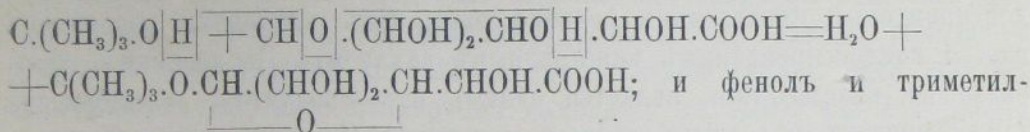
Теперь мы должны рассмотретьъ еще два соединенія, находящіяся въ тѣсномъ отношеніи къ глюкозамъ; это — *глюкуроновая кислота* и *глюкозаминъ*.

Глюкуроновая кислота является однимъ изъ продуктовъ окисленія въ организмѣ винограднаго сахара и представляетъ собою альдегидо-кислоту формулы: $\text{COOH} \cdot (\text{CHOH})_4 \cdot \text{CHO}$: окисленію въ виноградномъ сахарѣ подвергается спиртовая группа CH_2OH . Свободная глюкуроновая кислота въ животномъ организмѣ не встрѣчается, но она легко даетъ парныя соединенія съ различными тѣлами. Одни изъ тѣлъ прямо вступаютъ въ сочетаніе съ глюкуроновой кислотой и въ видѣ парнаго соединенія выдѣляются изъ тѣла; такая реакція свойственна, напримѣръ, *фенолу*.



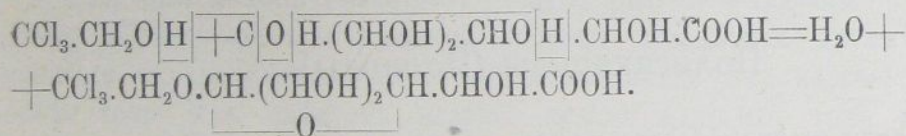
Феноль, соединяясь съ глюкуроновой кислотой по типу глюкозидовъ,

образуетъ феноло-глюкуроновую кислоту, выдѣляющуюся изъ организма въ видѣ солей ея. Такое же глюкозидное соединеніе глюкуроновая кислота образуетъ съ *триметилкарбиноломъ*:

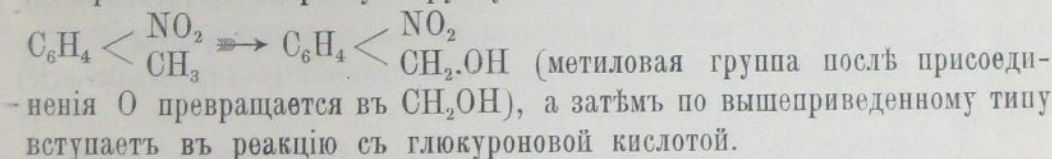


карбиноль вступаютъ въ реакцію съ глюкуроновой кислотой потому, что обладаютъ спиртовой группой.

Но существуютъ тѣла, лишеныя такой группы, которая передъ сочетаніемъ съ глюкуроновой кислотой предварительно образуютъ спиртовую группу внутри организма; такимъ веществомъ является, напр., *хлоралгидратъ*. Если онъ введенъ въ организмъ, то возстановляясь, превращается въ трихлорэтилалкоголь: $\text{CCl}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O} +$
 $+ \text{CCl}_3 \cdot \text{CH}_2\text{OH}$; послѣдній даетъ съ глюкуроновой кислотой парное соединеніе слѣдующей формулы:



Нитротолуоль также, какъ и хлоралгидратъ, предварительно принимаетъ спиртовую группу:



Смыслъ всѣхъ вышеприведенныхъ сочетаній заключается въ томъ, что организмъ старается при помощи ихъ связать ядовитыя вещества, введенныя извнѣ или образующіяся въ немъ самомъ. Организмъ оказывается бессильнымъ разрушить эти ядовитыя соединенія прямымъ окисленіемъ, тогда онъ превращаетъ ихъ въ парныя соединенія съ глюкуроновой кислотой. Оказывается, что продукты этого сочетанія являются для организма безвредными, неядовитыми и удаляются черезъ почки. Вотъ почему, находясь въ небольшихъ количествахъ въ нормальной мочѣ, глюкуроновая кислота выдѣляется усиленно послѣ приѣма нѣкоторыхъ ароматическихъ, а также жирныхъ веществъ, наприм., камфоры, хлоралгидрата.

Парныя соединенія глюкуроновой кислоты вращаютъ плоскость поляризаціи влѣво, возстановляютъ, но не бродятъ, даютъ реакціи съ HCl и орциномъ или флороглюциномъ.

Глюкозаминъ является другимъ производнымъ винограднаго сахара: замѣщеніе гидроксила, находящагося по сосѣдству съ альдегидной группой, на группу NH₂ даетъ глюкозаминъ. Это вещество нахо-

дится въ животномъ организмѣ въ несвободномъ видѣ. Впервые оно было найдено въ хитинѣ (составляющемъ покровы ракообразныхъ) при его гидролитическомъ расщепленіи. Хитинъ разсматривается, какъ конденсированный глюкозаминъ подобно тому, какъ клѣтчатка разсматривается конденсированнымъ винограднымъ сахаромъ. Глюкозаминъ, какъ оказалось впоследствии, является однимъ изъ продуктовъ расщепленія также многихъ бѣлковыхъ тѣлъ и муциновъ. Муцины, между прочимъ, входятъ въ составъ той слизи, которую выделяетъ слизистая оболочка, выстилающая многіе органы, напр., полость желудочно-кишечнаго тракта, воздухоносныхъ путей и т. п. Въ муцинѣ глюкозаминъ находится въ связанномъ видѣ и выделяется при гидролитическомъ расщепленіи съ помощью кислотъ. Подобно виноградному сахару, глюкозаминъ обладаетъ восстанавливающими свойствами, даетъ сходный озазонъ, но не бродитъ. Хлористо-водородная соль глюкозамина (само основаніе, легко растворимое въ водѣ, быстро разлагается) вращаетъ плоскость поляризаціи вправо.

Полисахариды (Полиозы).

Дисахариды (биозы) можно разсматривать, какъ ангидриды двухъ монозъ, поэтому общей формулой биозъ будетъ $C_{12}H_{22}O_{11}$. Сахара, принадлежащіе къ этой группѣ, частью встрѣчаются готовыми въ природѣ, частью получаютъ расщепленіемъ болѣе сложныхъ углеводовъ. Особенно важными изъ нихъ являются тростниковый (сахароза), молочный (лактоза) и солодовый (мальтоза) сахара.

Тростниковый сахаръ (сахароза) впервые былъ полученъ изъ сахарнаго тростника, но впоследствии оказалось, что онъ въ большихъ количествахъ находится еще въ свеклѣ (откуда его названіе свекловичный сахаръ), а также въ значительныхъ количествахъ въ зрѣлыхъ плодахъ и листьяхъ нѣкоторыхъ растений.

Молочный сахаръ (лактоза), имѣющій такую же эмпирическую формулу, какъ и тростниковый ($C_{12}H_{22}O_{11}$), встрѣчается только въ молокѣ высшихъ млекопитающихъ животныхъ, въ растительномъ царствѣ онъ до сихъ поръ не найденъ.

Солодовый сахаръ (мальтоза) занимаетъ совершенно особенное положеніе сравнительно съ только что названными сахарами. Онъ является промежуточнымъ продуктомъ гидролитическаго расщепленія крахмала.

Характеристика дисахаридовъ. Три упомянутые сахара отличаются различною сладостью, неодинаково вращаютъ плоскость поляризаціи, обладаютъ различными точками плавленія. Между ними различаютъ двѣ группы. Первая, къ которой относится тростниковый сахаръ, не восстанавливаетъ окисей нѣкоторыхъ металловъ и не обра-

зуетъ съ фениль-гидразиномъ озазона; другая, представленная мальтозою и лактозою, обладаетъ возстановительной способностью и образуетъ озазонъ точно такъ же, какъ монозы. На основаніи этого мы имѣемъ право утверждать, что молочный и солодовый сахара обладаютъ свободной карбонильной группой, а тростниковый сахаръ либо совсѣмъ не обладаетъ ею, либо эта группа находится въ немъ въ связанномъ состояніи (карбонильная группа въ связанномъ состояніи не проявляетъ своихъ свойствъ). Значитъ, лактоза и мальтоза имѣютъ характеръ альдегидаалкоголей.

Каждый изъ рассматриваемыхъ дисахаридовъ при гидролитическомъ расщепленіи (кипяченіе съ кислотами или дѣйствіе ферментовъ ведутъ къ присоединенію воды) распадается на двѣ частицы гексозъ, или одной и той же или же различныхъ, какъ это видно изъ слѣдующаго:

1) тростниковый сахаръ (сахароза) + H₂O = глюкоза + фруктоза;

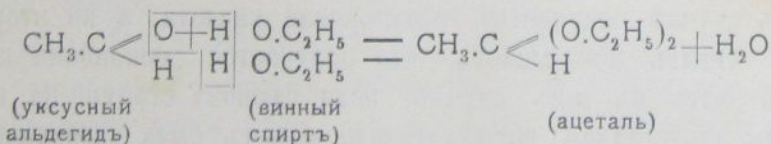
2) молочный сахаръ (лактоза) + H₂O = глюкоза + галактоза;

3) солодовый сахаръ (мальтоза) + H₂O = глюкоза + глюкоза.

Этимъ образованіемъ изъ одной частицы дисахарида двухъ частицъ простого сахара (монозы) и объясняется данное имъ названіе *биозъ*; болѣе точно ихъ слѣдуетъ назвать *гексобиозами*, такъ какъ получающіеся сахара являются гексозами. Каждая изъ получающихся при гидролизѣ дисахаридовъ гексоза (глюкоза, фруктоза, галактоза) порознь возстановляетъ окиси металловъ и даетъ озазонъ, между тѣмъ какъ тростниковый сахаръ, суммирующійся изъ двухъ названныхъ простыхъ сахаровъ, не даетъ пробъ редукиці. Очевидно, что въ частицѣ тростниковаго сахара простые сахара такъ связаны, что въ обоихъ сахарахъ карбонильныя группы этою связью уничтожаются. Рассматриваемые представители биозъ, — тростниковый, солодовый и молочный сахара, построены по типу глюкозидовъ.

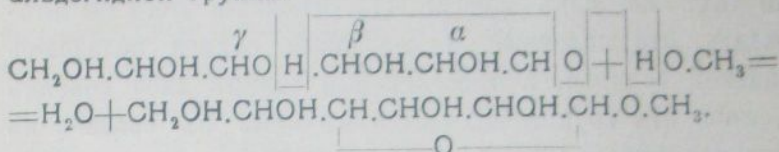
Образованіе дисахаридовъ.

Если на укусный альдегидъ дѣйствовать виннымъ спиртомъ, то O альдегидной группы и 2H гидроксильныхъ спирта образуютъ H₂O, оставшіяся же спиртовыя группы насыщаютъ два освободившихся средства углероднаго атома въ альдегидной группѣ:



Ацеталь по своимъ связямъ напоминаетъ эфиръ, который рассматривается какъ спиртъ, у котораго H гидроксильной группы замѣненъ различными радикалами. Связь въ полученномъ соединеніи, ацеталь, называется *глюкозидной*, ибо подобныя связи существуютъ у группы тѣлъ, называемыхъ глюкозидами; на примѣръ, виноградный сахаръ съ метиловымъ спиртомъ даетъ глюкозидъ, причемъ на образованіе час-

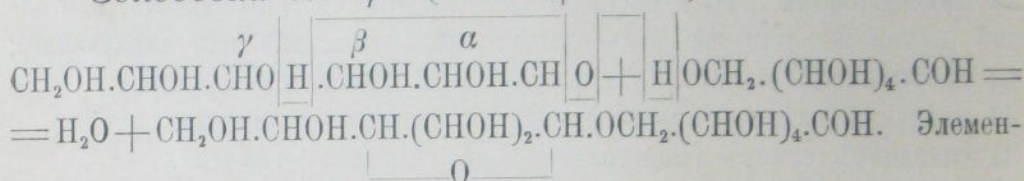
тицы воды берется одинъ Н у гидроксильной группы спирта, а другой у спиртовой группы сахара въ положеніи γ , кислородъ же берется у альдегидной группы:



Въ глюкозидѣ свойствъ винограднаго сахара нѣтъ, такъ какъ альдегидная группа сдѣлалась скрытой.

По этому типу глюкозидовъ и соединяются между собою гексозы при образованіи дисахаридовъ.

Солодовый сахаръ (глюкоза + глюкоза):

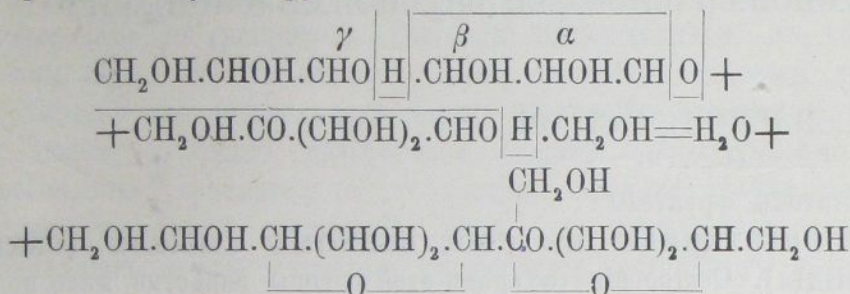


тарная формула послѣдняго продукта $= \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$; она совершенно соотвѣтствуетъ мальтозѣ. Послѣднее соединеніе, содержа свободную альдегидную группу, очевидно, способно давать, окисляясь, одноосновная кислота, при гидролизѣ распадаться на два виноградныхъ сахара, и, наконецъ, съ фениль-гидразиномъ давать озазонъ, ясно указывающій на присутствіе въ мальтозѣ по крайней мѣрѣ одной альдегидной группы.

Молочный сахаръ, состоя изъ глюкозы и галактозы, образуется точно такъ же, какъ и солодовый сахаръ; онъ обладаетъ одной только свободной альдегидной группой; остается опредѣлить, глюкозѣ или галактозѣ она принадлежитъ. Изъ молочнаго сахара подъ вліяніемъ окисленія получается кислота ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_7$), которая подъ вліяніемъ гидролиза превращается въ галактозу и глюконовою кислоту: $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$; слѣдовательно, свободная альдегидная группа въ молочномъ сахарѣ относится къ глюкозѣ; если бы она относилась къ галактозѣ, то получилась бы галактоновая кислота. Въдѣ глюкоза и галактоза могутъ быть связаны двояко — или глюкоза стоитъ на первомъ мѣстѣ, а галактоза на второмъ, или наоборотъ. Въ первомъ случаѣ получается галактоновая кислота, а во второмъ — глюконовая. Опытъ показываетъ, что получается глюконовая кислота, что можетъ быть въ томъ случаѣ, если глюкоза стоитъ на второмъ мѣстѣ, когда альдегидная группа только можетъ быть свободной.

Тростниковый сахаръ при гидролизѣ распадается на глюкозу и фруктозу. Если изъ частицы глюкозы и фруктозы выдѣлится частицу H_2O (при этомъ одинъ Н берется изъ спиртовой группы глюкозы въ положеніи γ , считая отъ альдегидной группы влѣво, другой Н изъ группы $\text{C}(\text{OH})\text{H}$ фруктозы въ положеніи γ , считая отъ кетон-

ной группы, и, наконецъ, кислородъ отъ альдегидной группы винограднаго сахара), то получается формула, во всѣхъ отношеніяхъ отвѣчающая тростниковому сахару:



Эта формула наглядно показываетъ, что частица тростниковаго сахара способна при гидролизѣ расщепляться на глюкозу и фруктозу. Такъ какъ карбонильныя группы въ послѣдней формулѣ связаны и не свободны, то тростниковый сахаръ не будетъ давать свободной кислоты, возстановлять окисей металловъ и образовывать соединенія съ фениль-гидразиномъ (озазонъ).

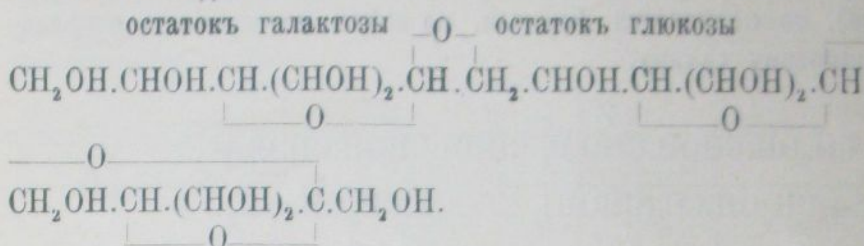
Распаденіе тростниковаго сахара на глюкозу и фруктозу не совсѣмъ вѣрно называется *инверсіей*: этотъ процессъ называется инверсіей потому, что тростниковый сахаръ вращаетъ плоскость поляризаціи вправо ($\alpha^D = +66,5^\circ$), а послѣ инверсіи образуется смѣсь сахаровъ, вращающая плоскость поляризаціи влѣво; это обстоятельство вполне понятно, такъ какъ удѣльное вращеніе составныхъ частей тростниковаго сахара неодинаково: α^D винограднаго сахара $= +52,6^\circ$, α^D фруктоваго сахара $= -89,9^\circ$. Только такой процессъ распаденія тростниковаго сахара съ измѣненіемъ праваго вращенія лѣвымъ и называется инверсіей. Для полученія инвертированнаго сахара надо растворъ его кипятить съ кислотами (HCl , H_2SO_4).

Трисахариды. *Раффиноза* ($\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_{16} + 5\text{H}_2\text{O}$) въ небольшихъ количествахъ содержится въ свекловицѣ и при добываніи тростниковаго сахара остается въ т. н. патоцкѣ; далѣе она находится въ росткахъ ячменя. Раффиноза не возстановляетъ, вращаетъ вправо— $\alpha = +105^\circ$. При краткомъ нагрѣваніи съ кислотами раффиноза расщепляется на левулезу и мелибіозу: $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_{16} + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. При дѣйствіи эмульсина раффиноза расщепляется на галактозу и тростниковый сахаръ.

Мелибіоза ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) показываетъ много сходства съ молочнымъ сахаромъ: вращаетъ плоскость поляризованнаго луча вправо, возстановляетъ окись мѣди, при кипяченіи съ кислотами расщепляется на галактозу и глюкозу; отличіе состоитъ въ отношеніи къ ферментамъ: лактаза не дѣйствуетъ на мелибіозу.

Ходъ расщепленія раффинозы при дѣйствіи кислотъ и эмульсина указываетъ, что въ частицѣ разсматриваемой триозы глюкоза занимаетъ срединное положеніе, и ея формулу строенія можно представить

въ такомъ видѣ:



остатокъ фруктозы

Полисахариды въ собственномъ смыслѣ (сахароколлоиды). О строеніи сахаровъ этой группы извѣстно мало положительнаго. Какъ уже упомянуто выше, полисахариды въ собственномъ смыслѣ при гидролитическомъ своемъ расщепленіи распадаются съ образованіемъ моносахаридовъ; о числѣ послѣднихъ, участвующихъ въ построеніи частицы полисахарида, не существуетъ достовѣрныхъ данныхъ. Различнымъ членамъ этой группы дается общая формула: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)^n$, что указываетъ на присутствіе n молекулъ простыхъ сахаровъ, соединенныхъ въ полисахаридѣ по типу ангидридовъ. Были сдѣланы многократныя попытки найти молекулярный вѣсъ разныхъ членовъ этой группы, но полученные данныя рѣзко отличаются другъ отъ друга. Такъ, напр., по однимъ опредѣленіямъ крахмалу приписывается формула $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_{15}$, тогда какъ по другимъ — $\text{C}_{360}\text{H}_{600}\text{O}_{300}$.

Выше была приведена эмпирическая формула $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)^n$ въ предположеніи, что при конденсаціи монозъ выдѣлилось столько частицъ воды, сколько было монозъ: $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)^n - (\text{H}_2\text{O})^n = (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)^n$. Можно было бы предположить, что при конденсаціи отнимается не n частицъ воды, а $n-1$ на томъ основаніи, что при образованіи мальтозы изъ двухъ частицъ глюкозы отнимается не двѣ, а одна частица воды, и при образованіи раффинозы изъ трехъ частицъ гексозъ выдѣляется не три, а двѣ частицы воды, т. е. числу конденсируемыхъ частицъ не соотвѣтствуетъ число выдѣляемыхъ частицъ воды, а послѣднее всегда меньше на единицу. Тогда формула выразится такъ: $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)^n - (\text{H}_2\text{O})^{n-1} = (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)^n \cdot \text{H}_2\text{O}$. До сихъ поръ мы предполагали, что образованіе полисахаридовъ обуславливается конденсаціей монозъ (наприм., глюкозы), на томъ основаніи, что послѣднія получаютъ въ результатъ воздѣйствія кислотъ (при кипяченіи).

Кромѣ кислотъ, агентами, расщепляющими полисахариды, являются ферменты, но послѣдніе (по крайней мѣрѣ нѣкоторые изъ нихъ) доводятъ расщепленіе не до монозъ, а до биозъ, наприм., діастатическій ферментъ расщепляетъ крахмалъ только до мальтозы. Если принять это во вниманіе, то полисахаридъ можно вообразить себѣ, какъ состоящій изъ конденсированныхъ биозъ. Въ такомъ случаѣ формула получить такой видъ: $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})^n - (\text{H}_2\text{O})^n = (\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{10})^n$.

Къ группѣ сахароколлоидовъ относятся слѣдующія соединенія:

- 1) изъ подгруппы крахмала: *крахмалъ, инулинъ, гликогенъ,*
 - 2) изъ подгруппы гумми и растительной слизи: *декстринъ, растительныя слизи;*
 - 3) изъ подгруппы клѣтчатки: *целлюлоза.*
- Всѣ эти вещества встрѣчаются только въ аморфномъ видѣ и не были

получены въ кристаллахъ въ собственномъ смыслѣ этого слова. Частью они растворимы въ водѣ совершенно, частью только набухаютъ въ ней, и есть совершенно въ ней нерастворимые и, повидимому, неизмѣняемые подъ ея вліяніемъ. Растворы полисахаридовъ въ собственномъ смыслѣ не имѣютъ сладкаго вкуса, являются оптически дѣятельными. Обычно они не проходятъ черезъ пергаментъ или животную перепонку, почему и носятъ другое еще названіе *сахарокolloидовъ*. Сахарокolloиды, сравнительно съ биозами, являются тѣлами индифферентными, не даютъ соединеній, напр., съ фениль-гидразиномъ, не возстановляютъ окисей металловъ (исключеніе составляютъ декстрины).

I-я подгруппа.

Крахмалъ является сильно распространеннымъ въ растительномъ царствѣ углеводомъ, накапливающимся въ сѣменахъ, клубняхъ, корняхъ и стебляхъ. Въ этихъ отложеніяхъ онъ образуетъ своеобразныя слоисто-построенныя (по причинѣ постепеннаго роста) зерна, различной величины. Нерастворимыя въ холодной водѣ крахмальные зерна въ горячей набухаютъ, въ концѣ концовъ разламываются, и въ результатъ получается такъ называемый *крахмальный клейстеръ*. Характерной реакціей на крахмалъ служитъ *индиго-синяя окраска его растворомъ іода* въ присутствіи іодистоводородной кислоты; окрашиваніе это держится только на холоду, при нагрѣваніи оно пропадаетъ и вновь появляется послѣ охлажденія. Существуютъ и такіе сорта крахмала, которые окрашиваются іодомъ въ темнокрасный или вишневокрасный цвѣтъ. Окрашиваніе крахмала іодомъ исчезаетъ при дѣйствіи на растворъ ѣдкаго натра (связывающаго іодъ), при нейтрализаціи щелочи кислотой окраска вновь появляется (кислоты на окраску не вліяютъ). Если нѣкоторое время кипятить крахмальный клейстеръ со слабыми кислотами, то послѣ охлажденія іодъ окрашиваетъ растворъ въ красный цвѣтъ; если снова кипятить растворъ и снова охладить его, то, несмотря на присутствіе іода, жидкость остается безцвѣтной. Значитъ, крахмалъ при такомъ гидролитическомъ расщепленіи исчезъ, превратившись, какъ оказывается, въ *виноградный сахаръ*: послѣ нейтрализаціи избытка кислоты щелочью, Фелингова жидкость возстановляется, и дальнѣйшимъ изслѣдованіемъ свойствъ образовавшагося сахара доказывается, что это есть глюкоза.

Въ организмахъ, какъ растительномъ, такъ и животномъ, происходятъ аналогичные процессы благодаря присутствію въ нихъ *діастатическихъ ферментовъ*; конечнымъ веществомъ въ этомъ случаѣ получается всегда *мальтоза* и изомальтоза и только весьма незначительныя количества глюкозы. Это расщепленіе крахмала до конечной стадіи—винограднаго сахара происходитъ постепенно съ образованіемъ цѣлаго ряда промежуточныхъ продуктовъ, т. н. *декстриновъ*.

Всѣ они обладаютъ еще очень высокимъ молекулярнымъ вѣсомъ, что служитъ доказательствомъ того, что и исходный матеріалъ (крахмалъ) имѣетъ формулу очень сложнаго состава.

Инулинъ встрѣчается въ клубняхъ георгина, подсолнечника и т. п.; онъ хорошо растворяется въ теплой водѣ, растворъ вращаетъ плоскость поляризаціи влѣво, іодомъ окрашивается въ *желтый цвѣтъ*, при гидролизѣ даетъ *фруктозу*. Діастатическіе ферменты или совѣмъ на него не дѣйствуютъ или же весьма слабо.

Гликогенъ. Растительному крахмалу въ животномъ царствѣ соотвѣтствуетъ *животный крахмалъ*—гликогенъ. Онъ сильно распространенъ и встрѣчается въ различныхъ тканяхъ животного организма. Самымъ главнымъ мѣстомъ отложенія гликогена является печень, находится въ клѣточномъ веществѣ, но не въ ядрахъ печеночной паренхимы; излюбленнымъ мѣстомъ гликогена служатъ также мышцы. Онъ встрѣчается также въ поджелудочной железнѣ, въ железахъ пищеварительнаго тракта, въ легкихъ, почкахъ, въ мозгу, въ эпителиальной и соединительной ткани, въ кровеносныхъ и лимфатическихъ сосудахъ. Claude Bernard'у мы обязаны не только открытіемъ этого соединенія въ животномъ организмѣ, но и установленіемъ его физиологической роли. Гликогену приписывается общая формула $(C_6H_{10}O_5)_n$, молекулярный же вѣсъ его неизвѣстенъ. Гликогенъ растворяется въ холодной водѣ съ ясной опалесценціей, но это не истинный растворъ, ибо онъ не понижаетъ точки замерзанія; водный растворъ не диффундируетъ черезъ пергаментъ, вращаетъ плоскость поляризаціи вправо. Отъ іода растворъ гликогена окрашивается, въ зависимости отъ концентраціи, въ *бурокрасный* или *интенсивно красный цвѣтъ*, исчезающій при нагрѣваніи и появляющійся вновь при охлажденіи. Удерживая водную окись мѣди въ растворѣ при щелочной реакціи, гликогенъ не можетъ ее возстановлять. Подобно остальнымъ сахароколлоидамъ, гликогенъ при гидролизѣ расщепляется на свои простыя составныя части, образуя только *виноградный сахаръ*. Расщепленіе это протекаетъ, какъ и у крахмала, постепенно. При дѣйствіи на гликогенъ слюны получаютъ ахроодекстрины и мальтоза.

II-я подгруппа.

Декстринъ. Однимъ изъ промежуточныхъ продуктовъ гидролитическаго расщепленія кислотами или ферментами крахмала является декстринъ. Обыкновенно принимаютъ, что первымъ промежуточнымъ продуктомъ является *амилодекстринъ* — растворимый крахмалъ (амидулинъ), окрашивающійся въ синій цвѣтъ іодомъ. Амилодекстринъ распадается далѣе на сахаръ и *эритродекстринъ*, отъ іода окрашивающійся въ красный цвѣтъ. Эритродекстринъ при дальнѣйшемъ гидролизѣ даетъ сахаръ и неокрашивающійся іодомъ *ахроодекстринъ*.

Конечнымъ продуктомъ гидролиза декстриновъ является *глюкоза*. Декстрины легко растворяются въ водѣ, вращаютъ плоскость поляризаціи вправо; они могутъ возстановлять окись мѣди. Декстрины не могутъ непосредственно бродить.

Растительныя слизи являются естественными продуктами нѣкоторыхъ растений въ формѣ аморфныхъ, прозрачныхъ массъ или же выдѣляются соответственными растворителями изъ древесины или сѣмянъ. Конечными продуктами гидролиза ихъ являются *гексозы* и въ еще большихъ количествахъ *пентозы*. Эти вещества являются маловажными для животнаго организма.

III-я подгруппа.

Клѣтчатка (целлюлоза) представляетъ собою главную массу растительныхъ клѣточныхъ оболочекъ; въ животномъ царствѣ она до сихъ поръ была найдена только въ покровахъ *Tunicata*. Клѣтчатка совершенно нерастворима въ обычныхъ растворителяхъ, растворима только въ амміачномъ растворѣ окиси мѣди (*реактивъ Schweizer'a*). Если целлюлозу изъ ваты, бумаги и т. п. обработать крѣпкой сѣрной кислотой при обыкновенной температурѣ, а затѣмъ послѣ разбавленія водою кипятить долгое время, то изъ нея получается почти исключительно *глюкоза*.

Физиологическое значеніе сахаровъ и ихъ производныхъ. Раньше предполагали, что въ животномъ организмѣ находятся только *гексозы*, но въ послѣдствіи точныя изслѣдованія доказали также присутствіе *пентозъ*. Какъ упомянуто выше, при пентозуріи въ мочѣ выдѣляются право и лѣвовращающая арабинозы: кромѣ послѣднихъ, въ животномъ организмѣ встрѣчается и ксилоза, какъ составная часть глюконуклеопротеидовъ, о чемъ будетъ рѣчь въ послѣдствіи. Представители сложныхъ сахаровъ принимаются въ видѣ пищевыхъ веществъ; какъ таковые, они отсутствуютъ въ тканяхъ и жидкостяхъ организма (кромѣ полости желудочно-кишечнаго тракта). Въстѣ съ жирами и бѣлками углеводы входятъ обычно въ составъ пищи человѣка и, въ зависимости отъ различныхъ причинъ, у нѣкоторыхъ классовъ населенія даже въ преобладающемъ количествѣ сравнительно съ двумя другими родами питательныхъ веществъ. Поступая въ организмъ животнаго, углеводы, благодаря воздѣйствію специфическихъ реагентовъ, расщепляются до винограднаго сахара, въ какомъ видѣ они и всасываются изъ желудочно-кишечнаго канала. Только въ формѣ винограднаго сахара углеводы способны циркулировать въ животномъ организмѣ. *Въ крови винограднаго сахара содержится отъ 0,05 до 0,2%*. Избытокъ сахара, поступающій въ кровь воротной вены послѣ обильнаго питанія углеводами, откладывается во многихъ частяхъ организма, но главная масса его скопляется въ печени въ

видѣ т. н. *животнаго крахмала* или *гликогена*; изъ этого запаса организмъ въ каждый нужный моментъ можетъ почерпать необходимое для своей жизнедѣятельности количество сахара; благодаря дѣйствию спеціального фермента, печеночныя клѣтки превращаютъ гликогенъ въ виноградный сахаръ, который и поступаетъ въ кровь, разносящую его по самымъ отдаленнымъ областямъ и органамъ тѣла. Словомъ, виноградный сахаръ представляетъ собою послѣднюю стадію, въ которую превращается почти вся сумма поступающихъ съ пищей углеводовъ.

Въ живомъ организмѣ углеводы являются носителями скрытой, *потенціальной энергіи*. Живой организмъ въ продолженіи всей своей жизни совершаетъ непрерывно работу даже въ моменты видимого покоя, напр., сна, когда разные органы, какъ то сердце, дыхательные органы, кишечникъ, все еще функционируютъ. Для производства работы во всевозможныхъ ея видахъ живой организмъ и пользуется той потенциальной энергіей, которую растенія при помощи своихъ хлорофильныхъ частей накапливаютъ изъ живой силы солнечныхъ лучей. Оказывается, что около $\frac{4}{6}$ — $\frac{5}{6}$ всей энергіи человѣкъ получаетъ изъ углеводовъ своей пищи, которые, послѣ многихъ превращеній становясь винограднымъ сахаромъ, сгораютъ въ органахъ и клѣткахъ тѣла до CO_2 и H_2O , при чемъ освобождается громадное количество энергіи, превращающейся въ самые разнообразные виды.

Служа источникомъ энергіи, углеводы представляютъ собою также строительный матеріаль, особенно въ растительномъ царствѣ (клѣтчатка); но и въ животномъ царствѣ они въ этомъ отношеніи принимаютъ дѣятельное участіе, входя въ составъ соответствующихъ образований и тканей (хитинъ, слизь и т. п.).

Объ отношеніи микроорганизмовъ къ углеводамъ (*броженіе углеводовъ*) отчасти было сказано во введеніи, болѣе же подробно въ главѣ о ферментахъ.

Жиры.

Понятіе о жирахъ и ихъ мѣстонахожденіе. Въ противоположность только что разсмѣрѣннымъ углеводамъ, жиры распространены преимущественно въ животномъ мірѣ, въ то время какъ нахожденіе ихъ въ растительномъ царствѣ менѣе широко. Среди пищевыхъ веществъ животного организма жиры занимаютъ совершенно исключительное положеніе, являясь энергитическимъ матеріаломъ. Въ формѣ жировъ животный организмъ отлагаетъ въ своемъ тѣлѣ громадныя запасы энергіи. Самымъ богатымъ по содержанію жира является *костный мозгъ* (около 94%), затѣмъ важными складами жира въ животномъ организмѣ служатъ: *межмышечная соединительная ткань, большой и малый сальникъ и подкожный соединительнотканый слой*. Небольшія отложенія жира находятся въ каждомъ органѣ и въ каждой клѣткѣ и, будучи весьма зависимы отъ состоянія питанія, не выражаются количественно опредѣленными величинами.

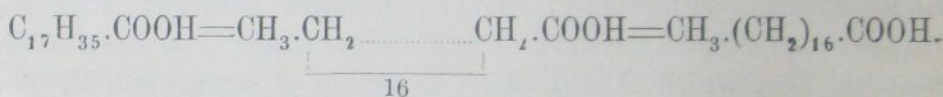
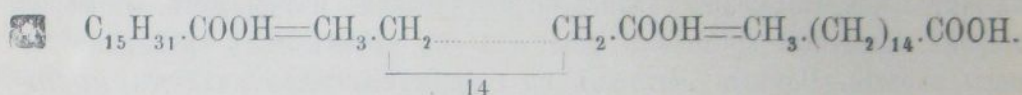
Жиры весьма распространены также и въ растительномъ мірѣ, хотя и не въ такой степени, какъ въ животномъ; и у растений они играютъ роль запасовъ горючаго матеріала, какъ въ покоящихся частяхъ растений, такъ и въ сѣменахъ, гдѣ наряду съ жирами могутъ находиться и скопленія углеводовъ.

Жиры представляютъ собою безазотистыя вещества, состоящія изъ трехъ элементовъ: С, О и Н. Всѣ жиры, какъ растительнаго, такъ и животного царства, по своей консистенціи раздѣляются на *жидкіе* (оливковое масло), *полужидкіе* (коровье масло и жиры рыбъ) и *твердые* (сало, спермацетъ). Естественныя жиры относятся къ группѣ нейтральныхъ жировъ; свободныя жирныя кислоты они содержатъ въ очень незначительномъ количествѣ. Въ химическомъ отношеніи нейтральныя жиры являются *сложными эфирами*, образованными спиртомъ, именно, трехатомнымъ алкоголемъ глицериномъ, и одноосновными жирными кислотами. Жиры называются также *триглицеридами* жирныхъ кислотъ.

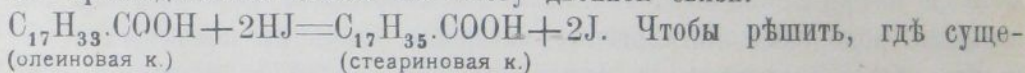
Глицеринъ (сиропообразная, безцвѣтная, гигроскопическая жидкость сладковатаго вкуса, безъ запаха, растворяющаяся въ водѣ и спиртѣ), вслѣдствіе присутствія трехъ гидроксильныхъ группъ, обладаетъ свойствами трехатомнаго спирта. Строеніе его— $\text{CH}_2\text{OH}\cdot\text{CHOH}\cdot\text{CH}_2\text{OH}$ —допускаетъ образованіе трехъ эфировъ, въ зависимости отъ числа гидроксильныхъ группъ, вступающихъ въ реакцію съ жирной кислотой.

Строение и классификация жировъ. Въ построении жировъ участвуютъ три ряда кислотъ: 1) *предельныя одноосновныя* общей формулы $C_n H_{2n+1} \cdot COOH$; 2) и 3) *непредельныя одноосновныя* общей формулы $C_n H_{2n-1} \cdot COOH$ и $C_n H_{2n-3} \cdot COOH$. Въ построении *животнаго жира* главнымъ образомъ участвуютъ кислоты 1-го ряда: *пальмитиновая* ($C_{15} H_{31} \cdot COOH$) и *стеариновая* ($C_{17} H_{35} \cdot COOH$); 2-го ряда: *олеиновая* ($C_{17} H_{33} \cdot COOH$). Представительницей жирныхъ кислотъ третьяго ряда является *льняномасляная кислота* ($C_{17} H_{31} \cdot COOH$).

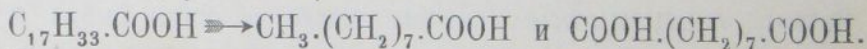
Всѣ эти четыре кислоты представляютъ открытую цѣпь углеродныхъ атомовъ:



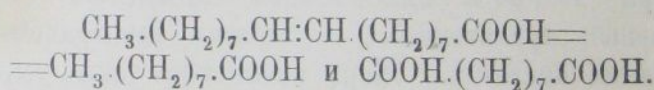
Въ цѣпи же олеиновой кислоты имѣется, кромѣ того, двойная связь, что подтверждается слѣдующимъ ея свойствомъ: при дѣйствии избытка іодистоводородной кислоты олеиновая кислота присоединяетъ два атома водорода и переходитъ въ стеариновую кислоту. Обыкновенно HJ присоединяется только къ мѣсту двойной связи:



ствууетъ двойная связь, т. е. гдѣ углеродъ является не насыщеннымъ, подвергаютъ олеиновую кислоту окисленію марганцевокалиевой солью въ щелочномъ растворѣ; въ результатѣ получаютъ двѣ кислоты (одноосновная и двуосновная):



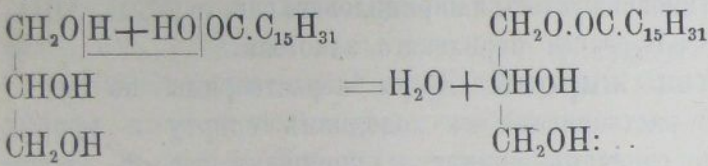
Для объясненія полученія этихъ кислотъ необходимо допустить слѣдующую формулу олеиновой кислоты: $\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \text{CH} : \text{CH} \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \text{COOH}$; при окисленіи кислородъ направляется къ мѣсту двойной связи:



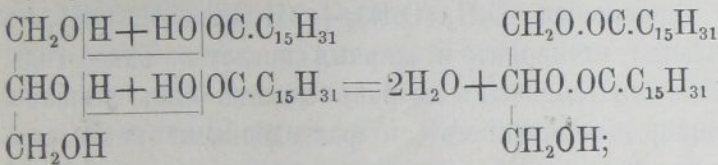
Такъ какъ глицеринъ представляетъ собою трехатомный спиртъ, то онъ даетъ съ жирными кислотами три ряда сложныхъ эфировъ, въ зависимости отъ того, сколько спиртовыхъ группъ вступаетъ въ реакцію.

1) При участіи въ реакціи, напр., съ пальмитиновой кисло-

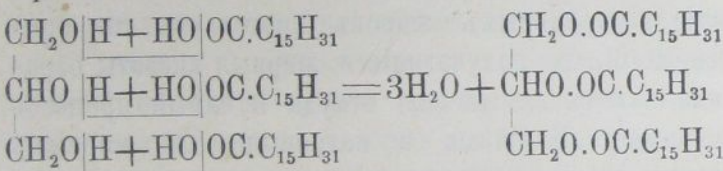
той одной спиртовой группы получается *монопальмитиновый эфиръ*:



2) при участіи двухъ спиртовыхъ группъ — *дипальмитиновый эфиръ*:



3) при участіи трехъ спиртовыхъ группъ — *нейтральный эфиръ трипальмитинъ*:



Такого рода эфиръ, который является продуктомъ взаимодействія всѣхъ трехъ спиртовыхъ группъ глицерина и трехъ частицъ одной и той же или различныхъ жирныхъ кислотъ, называется *нейтральнымъ жиромъ*. Изъ всѣхъ найденныхъ пока въ животномъ царствѣ жировъ самыми важными являются:

- 1) *трипальмитинъ* $\text{C}_3\text{H}_5(\text{O} \cdot \text{OC} \cdot \text{C}_{15}\text{H}_{31})_3$
- 2) *тристеаринъ* $\text{C}_3\text{H}_5(\text{O} \cdot \text{OC} \cdot \text{C}_{17}\text{H}_{35})_3$
- 3) *триолеинъ* $\text{C}_3\text{H}_5(\text{O} \cdot \text{OC} \cdot \text{C}_{17}\text{H}_{33})_3$

Слѣдуетъ еще отмѣтить, что, кромѣ только что названныхъ жирныхъ кислотъ, въ построении жировъ вообще участвуютъ и другіе представители этихъ группъ, напр., *масляная, капроновая, каприловая* и *каприновая* (въ жирѣ молока) кислоты; далѣе, въ растительныхъ жирахъ были найдены почти всѣ члены ряда нормальныхъ жирныхъ кислотъ. Точно также не одинъ глицеринъ можетъ давать эфиры съ жирными кислотами, но въ такое соединеніе вступаютъ и другіе алкоголи, напр., одноатомные. Такъ, давно извѣстенъ пальмитиновокислый эфиръ цетиловаго алкоголя $\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_{14} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$; онъ является главною составною частью *спермацета* (называемаго также *цетиномъ*), находящагося у живого кашалота въ большомъ углубленіи черепныхъ костей въ видѣ маслянистой жидкости и раздѣляюща-

гося по охлажденіи (послѣ смерти) на твердую кристаллическую часть — *цетинъ* и на жидкое *спермацетовое масло*. Въ *воскахъ* содержатся эфиры пальмитиновой кислоты и мирицилового спирта ($C_{30}H_{61}.OH$), церотиновой кислоты ($C_{26}H_{52}O_2$) и церилового алкоголя.

Общія свойства жировъ. Жиры нерастворимы въ водѣ, болѣе или менѣе полно растворяются въ холодномъ спирту и эфирѣ, легко растворяются въ горячемъ спирту и кипящемъ эфирѣ, легко растворимы въ петролейномъ эфирѣ, бензолѣ, хлороформѣ и т. п. Нейтральные жиры, какъ всѣ эфиры, могутъ расщепляться при участіи воды по слѣдующему уравненію: $C_3H_5.(O.R)_3 + 3H_2O = C_3H_5(OH)_3 + 3HO.R$, т. е. образуются глицеринъ и жирныя кислоты. Такое гидролитическое расщепленіе нейтральныхъ жировъ можетъ быть вызвано различными агентами, напр., кипяченіемъ съ разведенными кислотами и щелочами, особенно въ присутствіи алкоголя, но въ природѣ гидролизъ совершается при дѣйствіи извѣстныхъ распространенныхъ въ растительномъ и животномъ царствахъ ферментовъ, называемыхъ *липазами*. Если расщепленіе нейтральныхъ жировъ протекаетъ въ присутствіи свободныхъ оснований, то получающіяся жирныя кислоты образуютъ *соли*, которыя называются *мылами*, откуда и самый процессъ получилъ названіе *омыленія*. Калийныя и натровыя соли жирныхъ кислотъ легко растворяются въ водѣ, соединенія съ щелочноземельными металлами (баритовыя, кальціевыя и магнезіальныя мыла) въ водѣ нерастворимы.

Само омыленіе производится, напр., алькогольнымъ растворомъ ѣдкаго кали слѣдующимъ образомъ: въ одной колбѣ растворяютъ 50 грм. жира въ 50 кб. см. 90% алкоголя при нагрѣваніи; отдѣльно въ фарфоровой чашечкѣ растворяютъ 15 грм. ѣдкаго кали въ 10 кб. см. воды тоже при нагрѣваніи; сливаютъ послѣдній растворъ въ другую колбу, смываютъ чашечку 50 кб. см. 90% алкоголя; обѣ колбы нагрѣваютъ до начала кипѣнія; затѣмъ сливаютъ содержимое обѣихъ колбъ вмѣстѣ и энергично встряхиваютъ: омыленіе совершается моментально и вполнѣ. Если теперь полученный растворъ калийныхъ мылъ влить въ слабую сѣрную кислоту, то получатся свободныя жирныя кислоты и, какъ нерастворимыя, онѣ образуютъ твердый слой надъ жидкостью: $2C_{15}H_{31}.COOK + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2C_{15}H_{31}.COOH$. Глицеринъ же, получающійся при омыленіи, остается въ водномъ растворѣ.

Въ зависимости отъ относительныхъ количествъ стеариновой, пальмитиновой и олеиновой кислотъ, жиры имѣютъ различную консистенцію — при обыкновенной температурѣ — твердую, мягкую или жидкую. *Трипальмитинъ* и *тристеаринъ* по своей консистенціи являются твердыми, изъ нихъ тристеаринъ представляется самымъ твердымъ и трудно растворимымъ. *Триолеинъ* при обыкновенной температурѣ представляется почти безцвѣтнымъ жидкимъ масломъ, безъ запаха и вкуса; въ сравнительно большихъ количествахъ онъ встрѣчается у хладнокровныхъ животныхъ, почему жиръ послѣднихъ остается еще жид-

кимъ при такихъ температурахъ, при которыхъ жиръ теплокровныхъ застываетъ. Поэтому, въ жидкихъ жирахъ преобладаетъ олеиновая, а въ твердыхъ—главнымъ образомъ, стеариновая кислота. Жиры легче воды, ихъ удѣльный вѣсъ при 15°C равенъ 0,91—0,97.

Количественное опредѣленіе. При количественномъ опредѣленіи жировъ пользуются способностью послѣднихъ легко растворяться въ эфирѣ. Хорошо измельченная высушенная ткань или выпаренная досуха жидкость извлекается эфиромъ въ особо устроенномъ приборѣ Soxhlet'a, въ которомъ достигается многократная экстракція изслѣдуемаго вещества одною и тою же порціею эфира. Эфирная вытяжка отгоняется на водяной банѣ, и остатокъ высушивается до постоянного вѣса въ сушильномъ шкафу при 100°C.

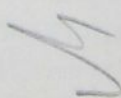
Значеніе жировъ Физиологическое значеніе жировъ состоитъ въ томъ, что они представляютъ собою запасъ потенциальной энергіи; жиры бѣдны кислородомъ, но богаты углеродомъ и водородомъ и при сгораніи даютъ большія количества тепла. Попадая въ организмъ, жиры распадаются въ кишечномъ каналѣ на глицеринъ и жирныя кислоты, дающія съ щелочами соли (мыла). При прохожденіи черезъ эпителий кишечной стѣнки жирныя кислоты и глицеринъ обратно синтезируются въ жиры, которыя по лимфатическимъ сосудамъ кишечника поступаютъ въ грудной протокъ и по нему доносятся до крови, которая доставляетъ ихъ тканямъ и клѣткамъ организма, гдѣ онѣ сгораютъ. Одинъ граммъ сахара и бѣлка при сгораніи даютъ по 4,1 Cal., а 1 грм. жира (или масла)—9,3, т. е. вдвое болѣе каждаго изъ двухъ предыдущихъ веществъ.

Холестеринъ. Въ заключеніе главы о жирахъ остается упомянуть о веществѣ, стоящемъ въ близкомъ отношеніи къ нимъ. Это — *холестеринъ*. Онъ широко распространенъ въ растительномъ царствѣ. Растительные холестеринны носятъ названіе *фитохолестеринновъ*. Что касается животнаго организма, то здѣсь въ малыхъ количествахъ холестеринъ встрѣчается почти во всѣхъ животныхъ сокахъ и жидкостяхъ—онъ входитъ въ составъ каждой животной клѣтки. Особенно много холестерина въ *мозговомъ веществѣ, нервной ткани, желчи* (въ желчныхъ камняхъ), а также въ большинствѣ патологическихъ продуктовъ и жидкостей. Наконецъ, холестеринъ выдѣляется человѣческой и животной кожей и находится въ волосахъ, клювахъ и перьяхъ птицъ, играя роль защитительнаго матеріала.

По своей природѣ холестеринъ является одноатомнымъ спиртомъ формулы съ двойною связью $C_{27}H_{45}.OH$ (по другимъ авторамъ $C_{27}H_{43}.OH$); строеніе холестерина до сихъ поръ не выяснено. Новѣйшимъ изслѣдователямъ удалось доказать принадлежность холестерина къ группѣ химическихъ соединений, до сихъ поръ никогда еще не найденныхъ въ животномъ царствѣ, но очень широко распространенныхъ въ рас-

тительномъ, именно, къ группѣ *терпеновъ*. Объ образованіи и расщепленіи холестерина въ животномъ организмѣ ничего неизвѣстно, невыясненнымъ остается и его значеніе. Въ свободномъ видѣ холестеринъ не всегда встрѣчается, но, подобно глицерину, образуетъ съ жирными кислотами сложные эфиры, которые трудно *омыляются* кипящими растворами щелочей. Подобныя соединенія холестерина съ жирными кислотами, повидимому, являются специфическимъ образованіемъ животной кожи и въ болѣе или менѣе большихъ количествахъ содержатся въ ланолинѣ. Эти эфиры холестерина оказываются въ высшей степени устойчивыми противъ дѣйствія бактерій, почему можно думать, что они особенно приспособлены для защиты кожи противъ вредныхъ воздѣйствій.

Холестеринъ нерастворимъ въ водѣ; онъ легко растворяется въ кипящемъ спиртѣ, эфирѣ, хлороформѣ, ацетонѣ, бензолѣ и летучихъ и жирныхъ маслахъ, затѣмъ въ водномъ растворѣ желчнокислыхъ щелочей и омыленныхъ жировъ (что и объясняетъ нахожденіе холестерина въ жидкостяхъ и сокахъ организма). Какимъ образомъ холестеринъ образуется въ *животномъ тѣлѣ*, остается совершенно невыясненнымъ. Холестеринъ желчи образуется частью изъ холестерина красныхъ кровяныхъ шариковъ, разрушающихся въ печени при выработкѣ клѣтками ея желчныхъ пигментовъ. Остается также недоказанною зависимость выдѣленія холестерина съ желчью отъ рода принимаемой пищи.

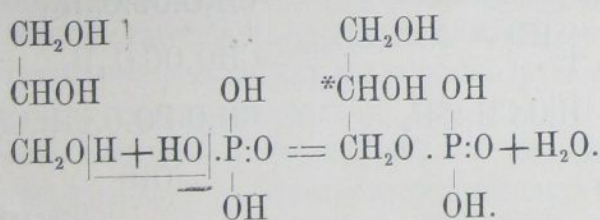


Л е ц и т и н ы .

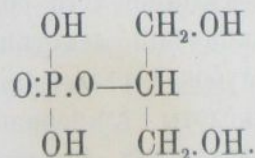
Строение лецитина. Вещество, къ изученію котораго мы теперь приступаемъ, является, такъ сказать, связующимъ звеномъ между жирами съ одной стороны и азотистыми веществами съ другой; вещество это и есть *лецитинъ*.

По своему химическому строенію лецитинъ является *эфиромъ глицерина и жирныхъ кислотъ*: водороды двухъ гидроксильныхъ глицерина замѣщены остатками жирной кислоты (или одной и той же или же различныхъ), а водородъ третьяго гидроксила замѣщенъ остаткомъ фосфорной кислоты, у которой водородъ одного гидроксила въ свою очередь замѣщается остаткомъ холина.

При отщепленіи воды на счетъ ОН фосфорной кислоты и Н гидроксила глицерина получается *эфиръ фосфорной кислоты*:

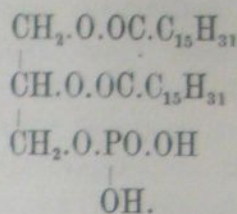


Замѣщенію остаткомъ фосфорной кислоты подвергается водородъ крайняго гидроксила глицерина, иного строенія нельзя допустить. Замѣщеніе водорода у средняго гидроксила глицерина ведетъ къ образованію эфира съ симметричнымъ углероднымъ атомомъ, что видно изъ слѣдующей формулы:



Между тѣмъ, лецитинъ представляетъ собою вещество оптически дѣятельное, и это свойство вполнѣ станетъ понятнымъ, если принять замѣщеніе водорода остаткомъ фосфорной кислоты у крайняго гидроксила глицерина: въ этомъ случаѣ С, обозначенный звѣздочкой, будетъ *асимметрическимъ*, ибо четыре сродства его насыщены различными группами.

Замѣщая въ глицерино фосфорной кислотѣ водороды перваго и втораго гидроксильныхъ глицерина радикалами какой-нибудь жирной кислоты, напр., пальмитиновой, мы получаемъ *ди-пальмитино-глицерино-фосфорную кислоту*:

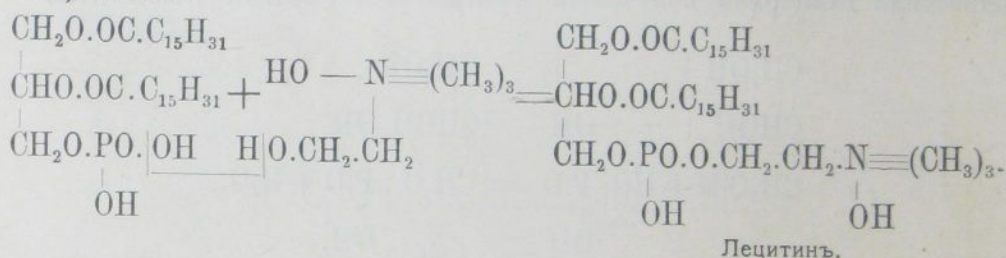


Чтобы получить изъ этого вещества лецитинъ, надо присоединить сюда *холинъ* (найденный впервые въ желчи, откуда и получилъ названіе).

Если присоединить къ аммиаку воду, получится гидратъ аммонія: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4.\text{OH}$, структурная формула котораго такова: $\text{OH} - \text{N} \equiv \text{H}_4$. Замѣняя три атома Н на группу CH_3 , а четвертый атомъ Н на остатокъ двухатомнаго гликолеваго спирта $\text{OH}.\text{CH}_2.\text{CH}_2.\text{OH}$, получимъ холинъ: $\text{HO} - \text{N} \equiv (\text{CH}_3)_3$. Два гидроксила холина различ-

$\text{OH}.\text{CH}_2.\text{CH}_2$. наго происхожденія (одинъ остатокъ спирта, другой—основанія) и сообщаютъ холину двойственный характеръ — спирта и основанія.

Присоединяемъ холинъ къ дипальмитино-глицерино-фосфорной кислотѣ: на счетъ гидроксила остатка фосфорной кислоты и водорода гидроксила спиртоваго остатка холина выдѣляется вода, и получается *лецитинъ*:



Лецитинъ является сложнымъ эфиромъ, кислотой и основаніемъ, вслѣдствіе чего обладаетъ разнаго рода реакціонными функціями. При кипяченіи лецитина со щелочами или баритовой водой происходитъ глубокое разложеніе его, подобно омыленію жировъ: образуются жирныя кислоты, глицерино-фосфорная кислота и холинъ. Разведенныя кислоты разлагаютъ только медленно. При пищевареніи лецитинъ подвергается, подобно жирамъ, гидролитическому расщепленію, подъ дѣйствіемъ фермента липазы, на глицерино-фосфорную кислоту, свободныя жирныя кислоты и холинъ. Не выясненнымъ остается еще, полностью ли расщепляется лецитинъ въ кишечномъ каналѣ или часть его всасывается неизмѣненною.

Физиологическое значеніе лецитиновъ. Лецитины въ высшей степени распространены какъ въ растительномъ, такъ и въ животномъ царствахъ. Можно сказать, что не существуетъ ни одной

клетки, которая не заключала бы въ своемъ составѣ нѣкотораго количества лецитина. Изъ животныхъ тканей особеннымъ богатствомъ лецитина отличаются мозгъ и нервная ткань, икра рыбъ, яичный желтокъ, сперма. Далѣе, лецитинъ встрѣчается какъ въ кровяной плазмѣ, такъ и въ кровяныхъ тѣльцахъ, а также въ лимфѣ (нѣтъ лецитина въ мочѣ, слюнѣ, поджелудочномъ и кишечномъ сокахъ). Въ растительномъ царствѣ очень много содержится лецитина въ сѣменахъ, при проростаніи которыхъ увеличивается количество и лецитина. Въ клеткахъ лецитины содержатся частью свободными, частью въ связанномъ состояніи; возможно, что клетки заключаютъ въ себѣ лецитины въ гомогенно коллоидальномъ видѣ, но также и въ нерастворенномъ видѣ въ формѣ капелекъ. Лецитины представляютъ собою коллоидныя тѣла, они способны въ присутствіи воды растворять другіе коллоиды, а также и кристаллоиды. Коллоиднымъ характеромъ лецитиновъ, между прочимъ, опредѣляется ихъ фізіологическая роль. Какъ сказано, они представляютъ собой средство для образованія коллоидныхъ растворовъ, въ какой формѣ находится нѣкоторая часть клеточной протоплазмы. Далѣе, лецитины участвуютъ въ химическихъ процессахъ клетки: при голоданіи, наприм., содержаніе лецитиновъ въ клеткахъ понижается, и значительно (въ $1\frac{1}{2}$ —2 раза).

Всеобщее распространеніе лецитина заставляетъ думать, что ему принадлежитъ въ жизнедѣятельности организма большая роль; но объ этой роли до сихъ поръ мало извѣстно точнаго и опредѣленнаго. Выше было указано, что, вслѣдствіе своего химическаго состава, лецитинъ является связующимъ звеномъ между различными группами химическихъ соединеній (жирами и азотистыми тѣлами). Возможно, что лецитинъ является переходнымъ соединеніемъ къ нуклеинамъ, получающимъ, можетъ быть, свою фосфорную кислоту черезъ посредство лецитина.

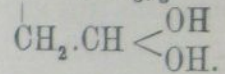
Далѣе, слѣдующія наблюденія косвеннымъ образомъ указываютъ на значеніе лецитиновъ. Красные кровяные шарики, тщательно отдѣленные отъ слѣдовъ сыворотки центрифугированіемъ, не растворяются ядомъ очковой змѣи при суспендированіи ихъ въ изотоническомъ растворѣ поваренной соли. Если же дѣйствовать ядомъ на красные шарики въ кровяной плазмѣ, то они растворяются; въ этихъ условіяхъ ядъ очковой змѣи обнаруживаетъ *гемолитическое дѣйствіе*. Очевидно, въ кровяной сывороткѣ находится вещество, обуславливающее дѣйствіе змѣинаго яда на гемоглобинъ. Дальнѣйшія изслѣдованія показали, что вмѣсто кровяной сыворотки можно пользоваться *лецитиномъ*, въ ничтожнѣйшихъ количествахъ вызывающимъ гемолитическое дѣйствіе змѣинаго яда (одинъ лецитинъ не дѣйствуетъ гемолитически). Очевидно, что лецитинъ обладаетъ способностью *активировать* яды. Возможно, конечно, что и въ животномъ организмѣ лецитинъ играетъ такую же роль, активируя, наприм., внутриклеточные ферменты, которые суще-

ствують въ инактивной формѣ и нуждаются въ другихъ веществахъ, чтобы обнаружить свое дѣйствіе.

У проростающихъ въ темнотѣ сѣмянъ лецитинъ расщепляется, и получается свободная фосфорная кислота и холинъ (вѣроятно, ферментативный процессъ). Въ животномъ организмѣ лецитинъ также подвергается расщепленію (въ крови, въ печени): при этомъ однимъ изъ продуктовъ распада является *холинъ*, который подвергается окисленію съ образованіемъ промежуточныхъ тѣлъ — *нейрина*, *мускарина* и *бетаина*.

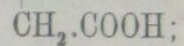
Продукты превращенія холина.

Мускаринъ. Холинъ $\text{HO}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3$ самъ по себѣ мало ядовитъ, но при окисленіи образуетъ ядовитое вещество — *мускаринъ*: $\text{HO}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3$

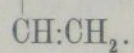


Впрочемъ, строеніе мускарина не вполне выяснено. Случаи, подобные описанному, когда незначительныя преобразования въ молекулы влекутъ за собой крупныя измѣненія въ свойствахъ веществъ, нерѣдки.

Бетаинъ. При дальнѣйшемъ окисленіи мускарина образуется карбоксильная группа, и получается *бетаинъ*: $\text{HO}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3$ онъ встрѣчается въ растеніяхъ, главнымъ образомъ, въ свеклѣ; ядовитымъ свойствомъ бетаинъ не обладаетъ.



Нейринъ. Если изъ спиртового остатка холина выдѣлить воду, то получится вещество съ двойной связью — *нейринъ*: $\text{HO}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3$ Между тѣмъ какъ холинъ есть вещество для организма довольно индифферентное, нейринъ представляетъ собою сильнѣйшій ядъ. Онъ образуется изъ холина при дѣйствіи нѣкоторыхъ микроорганизмовъ и встрѣчается въ гниломъ мясѣ, въ разлагающемся мозгѣ.



Нейринъ можно получить искусственно, обработавъ холинъ HJ : $\text{HO}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3$ + $2\text{HJ} = \begin{array}{c} \text{J}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{J} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$; дѣйствуя на обработавшееся соединеніе водной окисью серебра для отнятія J , получаемъ нейринъ: $\begin{array}{c} \text{J}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3 \\ | \\ \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{J} \end{array} + 2\text{Ag}(\text{OH}) = \begin{array}{c} \text{HO}-\text{N}\equiv(\text{CH}_3)_3 \\ | \\ \text{CH}:\text{CH}_2 \end{array} + 2\text{AgJ} + \text{H}_2\text{O}$.

Въ послѣднемъ случаѣ гидроксиль сталъ на мѣсто іода. Казалось бы, что и второй атомъ J замѣнится гидроксиломъ, и мы получимъ холинъ, но это въ дѣйствительности не происходитъ.

Бѣлковыя вещества.

Кругъ веществъ со свойствами бѣлковъ (*протеиновъ*) весьма обширенъ: здѣсь встрѣчаются тѣла, казалось бы, ничего общаго между собою не имѣющія, какъ куриный бѣлокъ и рогъ, творогъ и волосы. Бѣлковыя тѣла являются составной частью животнаго и растительнаго организма. Особенно распространены они въ животномъ тѣлѣ, гдѣ составляютъ главную массу мышцъ и кровяной плазмы, разнаго рода отдѣлений железъ (молока, спермы), образуютъ органическую основу хрящей и костей; лишь немногіе секреты и экскреты животныхъ, какъ нормальная моча, потъ, слезы, не содержатъ бѣлковъ или же слѣды ихъ.

Элементарный составъ бѣлковъ. Бѣлковыя тѣла, или *протеины*, образуютъ характерную группу соединений. Они отличаются отъ разсмотрѣнныхъ жировъ и углеводовъ своимъ химическимъ составомъ, заключаая въ себѣ, кромѣ С, Н и О, еще во всѣхъ случаяхъ N, а также S. Эти пять элементовъ, при всей видимой разности состава различныхъ бѣлковъ, находятся въ нихъ въ очень близкихъ вѣсовыхъ количествахъ: *углерода* около 53-55%, *водорода*—6,5-7,5%, *кислорода*—19-24%, *азота*—15-17,6%, *сѣры*—0,3-2,4%. Нѣкоторые бѣлки, кромѣ пяти указанныхъ элементовъ, содержатъ еще *фосфоръ* (0,42—0,85%), *железо* (0,4—0,5%), *іодъ*.

Присутствіе *углерода, кислорода и водорода* опредѣляется сжиганіемъ бѣлковаго вещества съ окисью мѣди, кислородъ которой окисляетъ углеродъ и водородъ, и послѣдующимъ взвѣшиваніемъ количества образовавшихся углекислоты и воды.

Присутствіе *азота* открывается нагрѣваніемъ бѣлковаго вещества съ десятикратнымъ количествомъ натронной щелочи: выдѣляющіеся пары амміака и указываютъ на присутствіе въ бѣлкахъ азота.

Еще болѣе убѣдительною пробой для открытія азота является сжиганіе бѣлковаго вещества съ металлическимъ калиемъ или натріемъ (проба *Lasseigne'я*), на счетъ которыхъ получается ціанистый калий или натрій: образованіе синяго осадка берлинской лазури и доказываетъ въ изслѣдуемомъ веществѣ присутствіе азота. Небольшое количество бѣлка въ порошокъ нагрѣвается съ кусочкомъ металлическаго калия, при этомъ реакція протекаетъ очень бурно; послѣ охлажденія пробирки содержимое ея растворяютъ въ небольшомъ количествѣ

воды и отфильтровываютъ растворъ цианистаго калия; къ отфильтрованной жидкости приливаютъ закисной и окисной соли Fe—тотчасъ получается осадокъ гидрата окиси и закиси Fe вслѣдствіе присутствія здѣсь свободной щелочи: $FeSO_4 + 2KOH = Fe(OH)_2 + K_2SO_4$; $FeCl_3 + 3KOH = Fe(OH)_3 + 3KCl$. Итакъ, въ испытуемой жидкости имѣется KCN и гидратъ закиси и окиси желѣза, т. е. всѣ данныя для образованія желѣзистосинеродистаго калия, который и получается: $6KCN + Fe(OH)_2 = K_4Fe(CN)_6 + 2KOH$; въ присутствіи же $Fe(OH)_3$ желѣзистосинеродистый калий образуетъ берлинскую лазурь (при нейтральной реакціи, для чего прибавляется HCl): $3K_4Fe(CN)_6 + 4Fe(OH)_3 + 12HCl = Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCl + 12H_2O$.

Въ зависимости отъ способа разрушенія бѣлка, *сыра* послѣдняго опредѣляется или въ видѣ сѣрнистаго калия resp. натрія или же въ видѣ сѣрнокислаго Na resp. K. Такъ какъ сѣра находится въ бѣлкѣ не въ видѣ кислороднаго состоянія, а связанной съ углероднымъ радикаломъ (что весьма важно помнить, такъ какъ въ мочѣ сѣра встрѣчается уже въ видѣ кислороднаго соединенія), то бѣлокъ при нагрѣваніи съ ѣдкимъ кали resp. натромъ разрушается съ образованіемъ сѣрнистаго натрія resp. калия: RS и $KOH \rightleftharpoons K_2S$. Послѣдній легко открыть посредствомъ, напр., свинцовой соли: при дѣйствіи щелочнаго раствора окиси свинца на бѣлокъ свободная щелочь отщепляетъ сѣру отъ бѣлка, а свинецъ связываетъ ее, превращаясь въ сѣрнистое соединеніе чернаго цвѣта. Этотъ способъ открытія S въ бѣлкѣ является не точнымъ, такъ какъ имъ удается опредѣлить только около 0,75% всего количества сѣры.

При другомъ способѣ полное разрушеніе бѣлковой молекулы происходитъ путемъ окисленія бѣлка съ помощью вещества, легко отдающаго свой кислородъ, напр., селитры вмѣстѣ съ содой; тогда C сгораетъ въ CO_2 , H—въ H_2O , а S окисляется въ H_2SO_4 : RS и O $\rightleftharpoons SO_3$ resp. SO_4K_2 или SO_4Na_2 , которые легко открываются $BaCl_2$ въ видѣ $BaSO_4$. При этомъ окисленіи *фосфоръ*, если онъ содержится въ бѣлкѣ, тоже окисляется въ фосфорную кислоту, дающую съ молибденовымъ аммоніемъ мелкозернистый свѣтложелтый осадокъ двойной соли фосфорно-молибденоваго аммонія.

Молекулярный вѣсъ бѣлковыхъ тѣлъ. Знаніе молекулярнаго вѣса въ примѣненіи къ бѣлковымъ тѣламъ оказывается весьма несовершеннымъ и весьма недостаточнымъ. Прежде всего невозможно опредѣлить молекулярный вѣсъ бѣлковъ съ помощью криоскопическаго метода, потому что бѣлки, какъ объ этомъ подробнѣе будетъ сказано въ послѣдующемъ изложеніи, не даютъ истинныхъ растворовъ. Вслѣдствіе этого приходится прибѣгнуть къ косвенному и, понятно, не вполне точному способу опредѣленія молекулярнаго вѣса. Исходною точкою здѣсь являются данныя элементарнаго анализа, а, именно, *количество сыры и желѣза* въ томъ или другомъ тѣлѣ.

Извѣстно, что, зная процентное содержаніе какого-нибудь элемента въ соединеніи и число атомовъ этого элемента, можно опредѣлить молекулярный вѣсъ самаго соединенія. Имѣется, напр., вещество, содержащее 88,88% кислорода и 11,11% водорода, при чемъ извѣстно, что коли-

чество атомовъ Н въ соединеніи равно двумъ; тогда молекулярный вѣсъ опредѣляется изъ уравненія: $X:2=100:11,11$, откуда $X=\frac{200}{11,11}=18$.

Водорода въ данномъ соединеніи находится два атома, слѣдовательно на кислородъ приходится $18-2=16$ вѣсовыхъ частей, т. е. кислорода—одинъ атомъ. Такимъ образомъ, мы имѣемъ дѣло съ водой H_2O .

Если мы знаемъ количество сѣры въ данномъ бѣлкѣ, напр., 0,5%, то его молекулярный вѣсъ выразится уравненіемъ: $X:32=100:0,5$; $X=6400$. Другими словами, бѣлокъ въ 6400 раза тяжелѣе вѣса атома водорода. Число является минимальнымъ въ томъ предположеніи, что въ молекулѣ изслѣдуемаго бѣлка находится всего только одинъ атомъ сѣры. Понятно, что съ увеличеніемъ числа атомовъ сѣры вѣсъ молекулы будетъ возрастать (есть бѣлки, въ которыхъ сѣра содержится въ числѣ двухъ атомовъ). Конечно, колебанія въ количественномъ содержаніи сѣры въ бѣлкѣ сказываются измѣненіемъ молекулярнаго вѣса, на примѣръ:

	Сѣры въ %	Молекулярн. вѣсъ, предполагающій одинъ атомъ сѣры
оксигемоглобинъ	0,43	7440
сывороточный альбуминъ	1,89	1770
яичный альбуминъ	1,3	2460
глобулинъ	1,38	2320

При предположеніи, что сѣра входитъ въ составъ бѣлковъ въ числѣ двухъ атомовъ, молекулярный вѣсъ оксигемоглобина будетъ равняться 14880, сывороточнаго альбумина—3540, яичнаго альбумина—4920, глобулина—4640. Эти опредѣленія являются приблизительными. Но и они показываютъ, что въ бѣлковыхъ тѣлахъ мы имѣемъ соединенія очень высокаго молекулярнаго вѣса, частица бѣлка является громадною, сравнительно съ изученными нами углеводами и жирами. Такая громадная величина бѣлковой молекулы можетъ обусловливать характерную свойственную всѣмъ бѣлкамъ особенность, а именно, ихъ непроницаемость черезъ поры животной перепонки.

Англійскій ученый *Graham*, изучая прохожденіе различныхъ растворовъ черезъ растительныя и животныя перепонки, замѣтилъ, что одни тѣла, обыкновенно, кристаллизующіяся, проникаютъ черезъ перепонки, другія, обычно не способныя кристаллизоваться, этимъ свойствомъ не обладаютъ. Основываясь на указанныхъ свойствахъ, *Graham* раздѣлялъ всѣ тѣла на двѣ категоріи: *кристаллоиды*, т. е. тѣла кри-

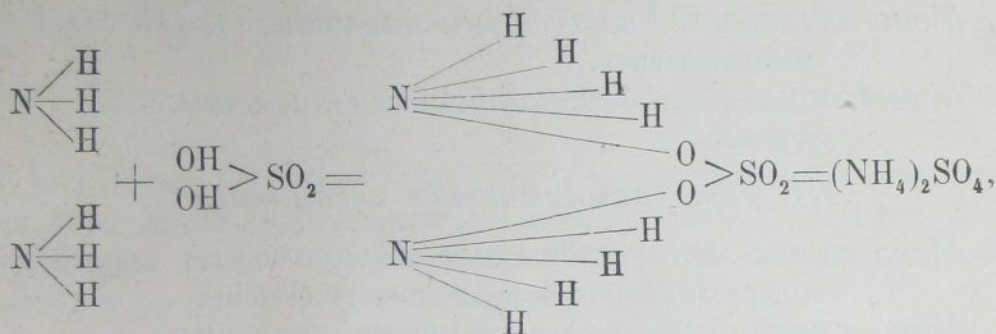
таллизующіяся и проходящія черезъ перепонки, и *коллоиды*—тѣла некристаллизующіяся и не проникающія черезъ перепонки. Позднѣйшія изслѣдованія не подтвердили положеній, выставленныхъ *Graham*'омъ, по крайней мѣрѣ во всемъ объемѣ; такъ, были найдены тѣла кристаллическія (кремневая кислота, гемоглобинъ крови), не проникающія черезъ перепонки. Классификація *Graham'a* была измѣнена, и въ настоящее время *кристаллоидами* называются тѣла, проходящія черезъ перепонки, *коллоидами* же — тѣла, для которыхъ перепонки не проходимы. Оказывается, что *бѣлки вообще или совсѣмъ не диффундируютъ черезъ животныя перепонки или очень слабо.*

Продукты расщепленія бѣлковыхъ тѣлъ. Чтобы ближе подойти къ изученію громадной молекулы бѣлка, имѣются два пути—*путь синтеза и анализа.* Первый труденъ и до сихъ поръ не разработанъ достаточно полно, и потому употребляется *аналитическій методъ* изслѣдованія.

Изученіе весьма многочисленныхъ и разнообразныхъ атомныхъ группъ, входящихъ въ составъ въ высшей степени сложной бѣлковой молекулы, возможно только при помощи разложенія ея на цѣлый рядъ менѣе сложныхъ комплексовъ. Къ тому же бѣлковая молекула является нестойкой и легко разрушается. Это расщепленіе сложной бѣлковой молекулы достигается продолжительнымъ кипяченіемъ бѣлка съ крѣпкими минеральными кислотами, затѣмъ также—съ щелочами, и, наконецъ, дѣйствіемъ ферментовъ. Расщепленіе бѣлковой молекулы можно вызвать также путемъ окисленія, сплавленія съ щелочами, электролиза, гніенія и пр. Особенно отчетливые результаты даетъ разрушеніе бѣлковъ кипяченіемъ съ крѣпкими минеральными кислотами. Оказалось, что при кипяченіи бѣлковъ съ кислотами, съ растворами щелочей и при дѣйствіи ферментовъ происходитъ *гидролитическое* расщепленіе бѣлка, т. е. молекула бѣлка до расщепленія воспринимаетъ воду, а потомъ уже распадается.

Гидролитическое расщепленіе бѣлка даетъ массу различныхъ продуктовъ, которымъ всѣмъ обще содержаніе азота. Получается рядъ соединений, заключающихъ въ себѣ карбоксильную группу COOH и содержащихъ азотъ въ видѣ аминогруппы NH_2 , т. е. соединений, называемыхъ *аминокислотами.* Всѣ полученныя при гидролизѣ бѣлковъ аминокислоты суть α —аминокислоты, т. е. группа NH_2 замѣщаетъ водородъ группы, сосѣдней съ карбоксильной. Какъ содержащія остатокъ амміака (NH_2) и карбоксильную группу COOH , *аминокислоты носятъ и основныя и кислотныя свѣйства,* являются соединениями двойственной функціи. Вслѣдствіе присутствія въ аминокислотахъ кислотной и основной группъ, онѣ образуютъ соли. Образо-

ваніе солей влечетъ за собою превращеніе трехвалентнаго азота въ пятивалентный: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$:



т. е. четвертая и пятая валентности N насыщаются, присоединяя непосредственно молекулу кислоты. Такъ происходитъ и въ аминокислотахъ: $\text{CH}_3.\text{CH}(\text{NH}_2).\text{COOH}$ —хлористоводородная соль *аланина*.



Аминокислоты могутъ быть добыты въ чистомъ видѣ и почти всѣ хорошо кристаллизуются. Всѣ до сихъ поръ изслѣдованные бѣлки содержать, насколько извѣстно, однѣ и тѣ же аминокислоты, конечно, съ количественными различіями; впрочемъ, въ нѣкоторыхъ бѣлкахъ отсутствуютъ тѣ или другія аминокислоты. Въ настоящее время при гидролитическомъ расщепленіи бѣлковъ изолированы слѣдующія аминокислоты.

I. Аминокислоты жирнаго ряда.

1. Моно-амино-моно карбоновыя кислоты:

- | | |
|---------------|----------------|
| a) гликоколь, | d) лейцинъ, |
| b) аланинъ, | e) изолейцинъ. |
| c) валинъ, | |

2. Моно-амино-окси-моно-карбоновыя кислоты: серинъ.

3. Моно-амино-дикарбоновыя кислоты:

- аспарагиновая кислота,
- глутаминовая кислота.

4. Ди-амино-моно-карбоновыя кислоты:

- лизинъ,
- аргининъ.

5. Содержащія стѣру аминокислоты:

- цистеинъ,
- цистинъ.

6. Содержащія группу имидазола:

- гистидинъ.

II. Аминокислоты ароматическаго ряда.

1. Моно-амино-моно-карбоновыя кислоты:
фениль-аланинь.
2. Моно-амино-окси-моно-карбоновыя кислоты:
тирозинь.

III. Гетероциклическія соединенія.

1. Моно-амино-моно-карбоновыя кислоты:
 α -пирролидинъ-карбоновая кислота (Prolin).
 2. Моно-амино-окси-моно-карбоновыя кислоты:
окси-пирролидинъ-карбоновая кислота (Oxy-Prolin).
 3. Индоль-амино-пропіоновая кислота (триптофанъ).
- Обратимся теперь къ изученію отдѣльныхъ членовъ аминокислотъ.

I. Аминокислоты жирнаго ряда.

Моно-амино-моно-карбоновыя кислоты.

† Гликоколь (α -аминоуксусная кислота) $\text{CH}_2(\text{NH}_2).\text{COOH}$, называемый также глициномъ или клеевымъ сахаромъ, является продуктомъ расщепленія не только желатины, но и другихъ протеиновыхъ тѣлъ, напр., спонгина, фиброина. Онъ былъ добытъ въ 20-хъ годахъ XIX столѣтія однимъ изъ первыхъ продуктовъ гидролиза желатины. Гликоколь сладкаго вкуса, оптически недѣятеленъ.

† Аланинь является ближайшимъ гомологомъ гликоколя; онъ представляетъ собою α -амино-пропіоновую кислоту $\text{CH}_3.\overset{*}{\text{C}}\text{H}(\text{NH}_2).\text{COOH}$ и, такъ какъ имѣетъ одинъ асимметрическій атомъ углерода, обозначенный *, обладаетъ оптической дѣятельностью (*правымъ вращеніемъ*), какъ вообще всѣ продукты расщепленія бѣлковъ, за исключеніемъ разсмотрѣннаго гликоколя, который не имѣетъ асимметрическаго атома углерода. d-Аланинь добытъ изъ шелка.

× Валинь $(\text{CH}_3)_2.\overset{*}{\text{C}}\text{H}(\text{NH}_2).\text{COOH}$ является производнымъ изовалеріановой кислоты, онъ есть α -амино-изовалеріановая кислота.

× Лейцинъ есть производное изобутил-уксусной кислоты, т. е. α -амино-изобутилуксусная кислота $(\text{CH}_3)_2.\text{CH}.\overset{*}{\text{C}}\text{H}_2.\text{CH}(\text{NH}_2).\text{COOH}$. Лейцинъ получается изъ бѣлковыхъ тѣлъ при гидролитическомъ ихъ расщепленіи дѣйствиемъ ферментовъ, кипяченіемъ съ кислотами или щелочами, также при сплавленіи съ ѣдкими щелочами и при гніеніи. Въ патологическихъ случаяхъ былъ находимъ въ крови, мочѣ. Наконецъ, свободный лейцинъ встрѣчается въ растительномъ царствѣ, а также у беспозвоночныхъ животныхъ.

✦ *Изолейцинъ*. Въ послѣднее время былъ найденъ изомерный лейцину продуктъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ, именно, α -амино-метил-этил-пропіоновая кислота: $\text{C}_2\text{H}_5 > \text{CH}^* \cdot \text{CH}(\text{HN}_2) \cdot \text{COOH}$.

Моно-амино-окси-моно-карбоновыя кислоты.

✦ *Серинъ* $\text{CH}_2(\text{OH}) \cdot \text{CH}^*(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ есть производное аланина (если H метиловой группы послѣдняго замѣститъ на OH)- α амино- β -окси-пропіоновая кислота. Серинъ впервые найденъ въ шелку, но встрѣчается и въ другихъ бѣлковыхъ веществахъ.

Моно-амино-ди-карбоновыя кислоты.

✦ *Аспарагиновая кислота* $\text{COOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}^*(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ представляетъ собою α -амино янтарную кислоту; она встрѣчается въ растеніяхъ въ видѣ амида, т. н. *аспарагина* $\text{CO}(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}^*(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$.

✦ *Глутаминовая кислота* есть производное гомолога янтарной, именно, глутаровой кислоты $\text{COOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$; она представляетъ собою α -амино-глутаровую кислоту: $\text{COOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}^*(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$. Подобно аспарагиновой кислотѣ, и глутаминовая въ видѣ амида, т. н. *глутамина*: $\text{CO}(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}^*(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$, широко распространена въ растительномъ царствѣ. Въ животномъ царствѣ обѣ моноаминодикарбоновыя кислоты, насколько извѣстно, играютъ малую роль: до сихъ поръ онѣ не были найдены въ животныхъ тканяхъ. Эти двѣ дикарбоновыя аминокислоты, въ противоположность вышеразсмотрѣннымъ монокарбовымъ аминокислотамъ, обладаютъ выраженными кислотными свойствами, тогда какъ первыя совмѣщаютъ въ себѣ, какъ сказано, и основныя и кислотныя.

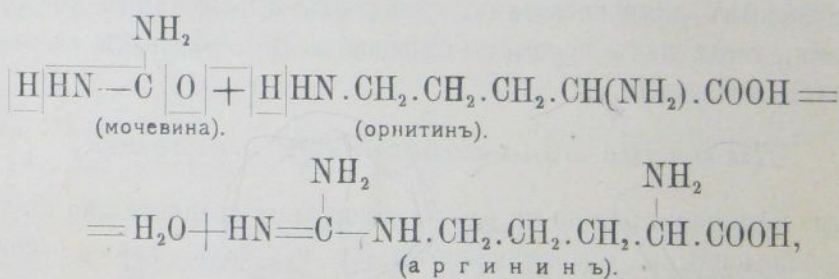
Ди-амино моно-карбоновыя кислоты.

Эти соединенія богаче на одну аминогруппу сравнительно съ только что перечисленными моноаминокислотами и, такъ какъ основныхъ остатковъ въ нихъ заключается болѣе, чѣмъ кислотныхъ, то всѣ диаминокислоты обладаютъ ясно выраженнымъ основнымъ характеромъ. Въ виду того, что онѣ, кромѣ этого, содержатъ шесть атомовъ углерода, имъ присвоено названіе *гексоновыхъ основаній*. Къ этому ряду относятся: лизинъ и аргининъ.

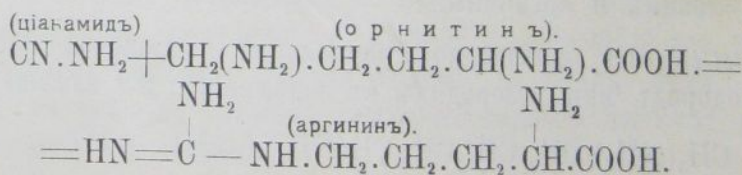
✦ *Лизинъ* есть производное нормальной капроновой кислоты, въ которой водородъ при углеродахъ въ положеніи α и ϵ замѣщенъ аминогруппой: $\text{CH}_2(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}^*(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$, или α - ϵ -диамино-

капроновая кислота. Впервые открытый среди продуктов гидролиза казеина, лизинъ найденъ былъ потомъ при гидролитическомъ расщепленіи различныхъ протеиновыхъ веществъ. Онъ отсутствуетъ очень рѣдко, напр., у нѣкоторыхъ растительныхъ бѣлковъ. До сихъ поръ не удалось получить его въ кристаллическомъ видѣ.

Аргининъ былъ найденъ въ растительныхъ и животныхъ организмахъ, въ большихъ количествахъ онъ получается изъ протаминовъ; гистоны и нѣкоторые растительные бѣлки также богаты аргининомъ; онъ встрѣчается въ *Glandula thymus*, казеинѣ, желатинѣ. Долгое время приходилось довольствоваться эмпирической формулой аргинина: $C_6H_{14}N_4O_2$, и только путь расщепленія привелъ къ пониманію строенія аргинина. При кипяченіи съ баритомъ аргининъ даетъ *мочевину*, воду и основаніе, оказавшееся *орнитиномъ*. Строеніе этихъ двухъ веществъ было уже извѣстно, что и дало возможность опредѣлить строеніе аргинина. Такъ, мочевины есть диамидъ угольной кислоты; орнитинъ былъ полученъ изъ мочи птицъ (откуда и получилъ названіе); бензойная кислота ($C_6H_5 \cdot COOH$) выдѣляется изъ организма птицъ не въ соединеніи съ гликоколемъ, какъ у другихъ животныхъ, а съ орнитиномъ въ видѣ *орнитуровой кислоты*. Строеніе орнитина становится яснымъ послѣ полученія продуктовъ его распада при дѣйствіи гнилостныхъ микрорганізовъ: при гніеніи изъ орнитина получается CO_2 и птоминъ путресцинъ (тетра-метилень-диаминъ) $CH_2(NH_2) \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2(NH_2)$. Очевидно, что *орнитинъ* представляетъ собою ничто иное, какъ *α-δ-ди-амино-валеріановую кислоту*. Теперь остается рѣшить вопросъ, какимъ образомъ въ аргининѣ связаны между собою мочевины и орнитинъ. Этой связи нужно придать такое строеніе:



т. е. къ орнитину присоединяется остатокъ гуанидина $NH = C \begin{matrix} < NH_2 \\ < NH_2 \end{matrix}$. Синтетическое полученіе аргинина изъ *ціанамиды* и *орнитина* подтверждаетъ правильность принятаго для аргинина строенія:

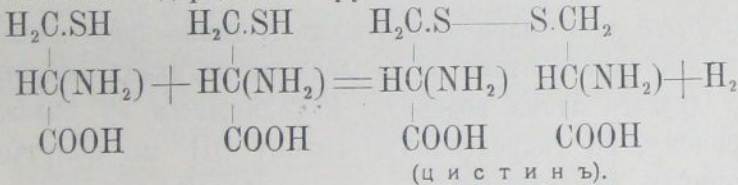


Содержащія сѣру аминокислоты.

Слѣдующая въ рядѣ продуктовъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ аминокислота является носителницей сѣры, которая входитъ необходимою составною частью въ составъ всякаго бѣлка (за исключеніемъ протаминовъ, совершенно лишенныхъ сѣры). Изъ содержащихъ сѣру продуктовъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ до настоящаго времени съ несомнѣнностью доказанъ только цистинъ.

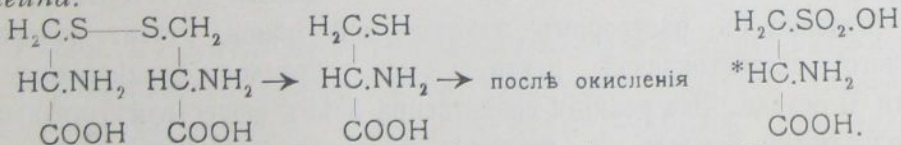
✚ *Цистинъ*. Впервые онъ былъ найденъ въ самомъ началѣ XIX столѣтія въ мочевомъ камнѣ; впослѣдствіи цистинъ былъ изолированъ изъ отдѣльныхъ органовъ, потомъ изъ пищеварительной смѣси отъ перевариванія фибрина, затѣмъ изъ рога. Въ настоящее время цистинъ признается безспорнымъ продуктомъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ и является производнымъ *цистеина*; строеніе послѣдняго можно представить себѣ, если въ пропіоновой кислотѣ замѣнимъ водородъ въ положеніи α на NH_2 , а атомъ водорода въ метиловой группѣ той же пропіоновой кислоты—на остатокъ сѣроводорода HS : $\text{CH}_2(\text{HS})$.

$\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ или α -амино- β -тіо-пропіоная кислота. Въ бѣлкѣ находится не цистеинъ, а соединеніе, образованное изъ двухъ частицъ послѣдняго, связанныхъ между собою атомами S: связь происходитъ на счетъ атомовъ водорода въ группахъ HS двухъ частицъ цистеина:

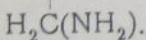


Такимъ образомъ, по своему строенію *цистинъ* представляетъ собою α -диамино- β -дитіо-дилактиловую кислоту.

Въ организмѣ изъ цистина получается тауринъ слѣдующимъ образомъ: въ цистинѣ разрывается связь между S съ образованіемъ *цистеина*:



Изъ этой цистеиновой кислоты путемъ отщепленія CO_2 получается *тауринъ*: $\text{H}_2\text{C.SO}_2.\text{OH}$. Этотъ фактъ устанавливаетъ важную связь

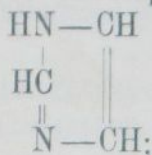


между тауриномъ (составная часть таурохолевой кислоты желчи) и цистиномъ. Правильность приведенной формулы цистина подтверждена въ новѣйшее время путемъ синтеза.

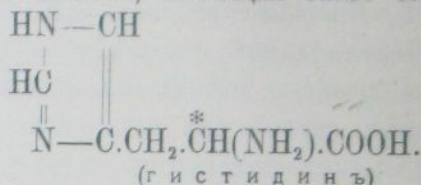
Содержащія группу имидазола аминокислоты.

Гистидинъ. Обособленно среди продуктовъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ стоитъ *гистидинъ*, впервые найденный при

гидролизъ съ сѣрною кислотой протамина (стурина). Долгое время гистидинъ причисляли къ диаминокислотамъ, т. н. *гексоновымъ основаніямъ*, и только въ новѣйшее время удалось подойти къ рѣшенію вопроса о его строеніи. Гистидинъ представляетъ собою пропіоновую кислоту ($\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$), въ которой водородъ въ положеніи α замѣщенъ аминогруппой (NH_2), а въ положеніи β -группой имидазола:



другими словами, гистидинъ есть α -амино- β -имидазолъ, пропіоновая кислота, имѣющая такое строеніе:



II. Аминокислоты ароматическаго ряда.

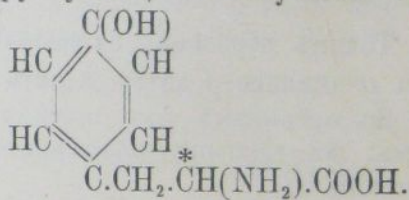
Моно-амино-моно-карбоновыя кислоты.

† *Фениль-аланинъ* представляетъ собою бензолъ, одинъ изъ водородныхъ атомовъ котораго замѣщенъ на радикаль амино-пропіоновой кислоты: $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \overset{*}{\text{C}}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$; онъ называется еще иначе α -амино- β -фениль-пропіоновой кислотой.

Моно-амино-окси-моно-карбоновыя кислоты.

† *Тирозинъ* или пара-окси-фениль- α -амино-пропіоновая кислота. При замѣщеніи одного атома Н бензола на радикаль аминопропіоновой кислоты, а другого атома водорода, находящагося въ положеніи *para* къ замѣщенному, на гидроксильную группу OH , мы получаемъ структурную формулу *тирозина*:

Отмѣтимъ здѣсь, что тирозинъ даетъ характерную *цветную реакцію* (*проба Hoffmann'a*) съ реактивомъ Millon'a: нагрѣваніе тирозина съ растворомъ азотнокислой окиси ртути, содержащей



немного азотистокислой ртути, даетъ красное окрашиваніе жидкости и осадка. Эта реакція свойственна всѣмъ веществамъ, являющимся производными бензола, въ которомъ водородъ замѣщенъ гидроксильною группою. И всѣ бѣлки постольку, поскольку заключаютъ въ своей частицѣ тирозинъ, даютъ эту важную реакцію.

Тирозинъ найденъ въ старомъ сырѣ, въ больной печени, въ поджелудочной железнѣ.

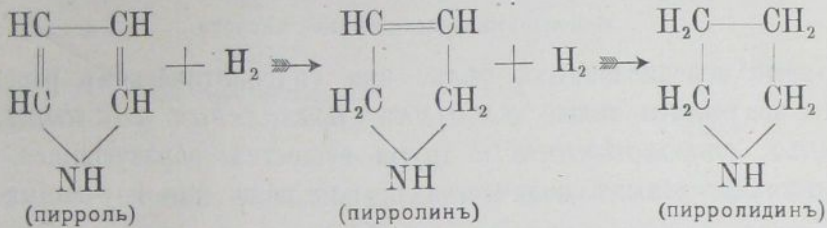
III. Гетероциклическія соединенія.

Изъ соединеній *гетероциклическаго* ряда среди продуктовъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ найдены *пролинъ* и *окси-пролинъ*.

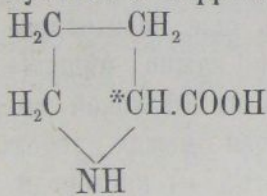


Моно-амино-моно-карбоновые и моно-амино-окси-моно-карбоновые кислоты.

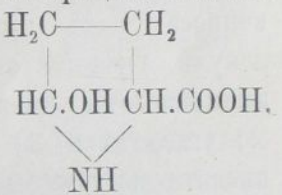
Пролинъ и оксипролинъ являются производными пиррольного ядра. Пирроль при редукціи, присоединяя постепенно водородъ, переходитъ въ пирролинъ, а затѣмъ въ пирролидинъ:



Если въ пирролидинѣ Н въ положеніи α замѣнить на COOH , то получится α -пирролидинъ-карбоновая кислота или пролинъ:

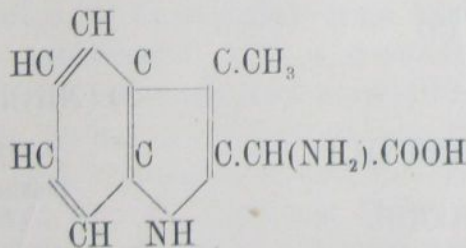


Замѣна въ пирролидинѣ еще одно Н на гидроксиль даетъ второе соединеніе гетероциклическаго ряда, а именно—оксипролинъ:



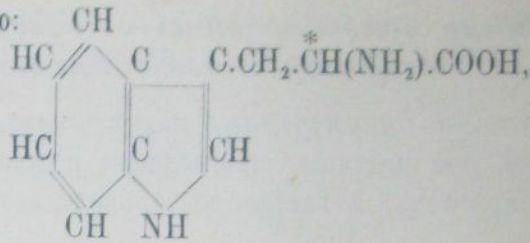
Было высказано предположеніе, что эти два соединенія гетероциклическаго ряда являются вторичными продуктами расщепленій бѣлковой частицы, происходя какъ, напр., пролинъ, изъ α -амино- δ -оксивалеріановой кислоты. Но такъ какъ до сихъ поръ не удалось еще изолировать аминоксипвалеріановой кислоты, а съ другой стороны эти соединенія являются продуктами расщепленія не только при кипяченіи съ кислотами, но и со щелочами, а также, какъ пролинъ, и при пептическомъ и триптическомъ пищевареніи, то въ настоящее время нѣтъ достаточныхъ оснований не причислить пролинъ и оксипролинъ къ первичнымъ продуктамъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ.

Индоль-амино-пропионовая кислота. Къ разсматриваемой группѣ аминокислотъ принадлежитъ слѣдующій продуктъ гидролитическаго распада бѣлковъ, а именно—триптофанъ, или индоль-амино-пропионовая кислота. Строеніе этой аминокислоты еще вполнѣ не выяснено, и первоначальная формула триптофана



Скатоль-амино-уксусная кислота

замѣнена была другою:

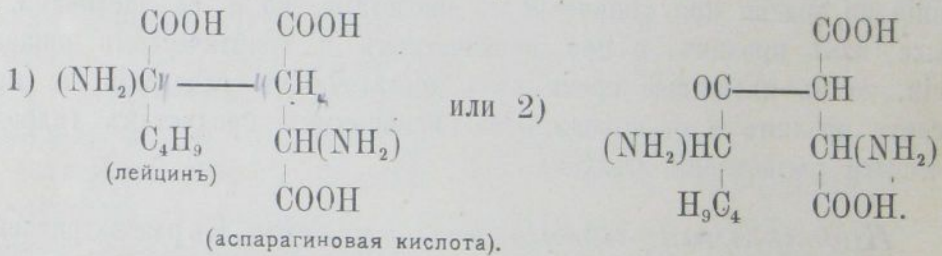


Индоль-амино-пропионовая кислота.

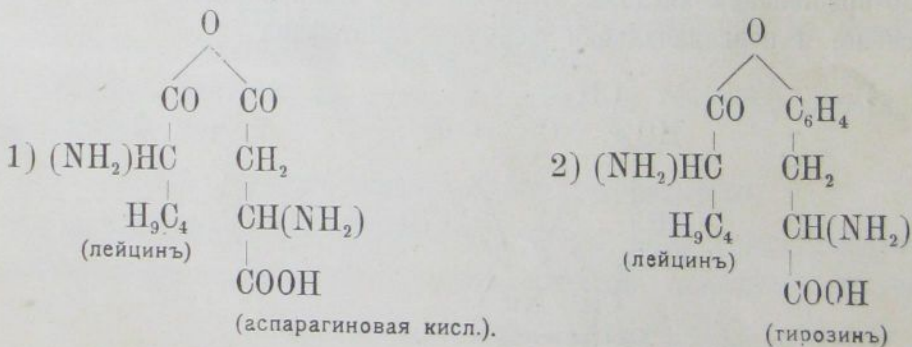
Кромѣ перечисляемыхъ тѣлъ, при гидролитическомъ расщепленіи бѣлковъ получается также *амміакъ*, *щавелевая кислота*, *углекислота*, *сѣроводородъ* и другія вещества, образующіяся или въ очень незначительныхъ количествахъ, или мало еще изученныя.

Связь аминокислотъ въ бѣлковой молекулѣ. Несомнѣнно, что приведенными продуктами гидролитическаго расщепленія бѣлковъ далеко не исчерпываются вещества, образующіяся при дѣйствительномъ ихъ разложеніи. Вѣроятно существуютъ еще не изолированныя аминокислоты; относительно же извѣстныхъ важно рѣшеніе вопроса, какъ аминокислоты связаны между собою въ бѣлковой молекулѣ. Существуетъ возможность троякаго рода связи между собою аминокислотъ, именно — при помощи свободнаго сродства 1) кислорода, 2) углерода и 3) азота. Напримѣръ, *лейцинъ* и *аспарагиновая кислота* могутъ быть связаны слѣдующимъ образомъ:

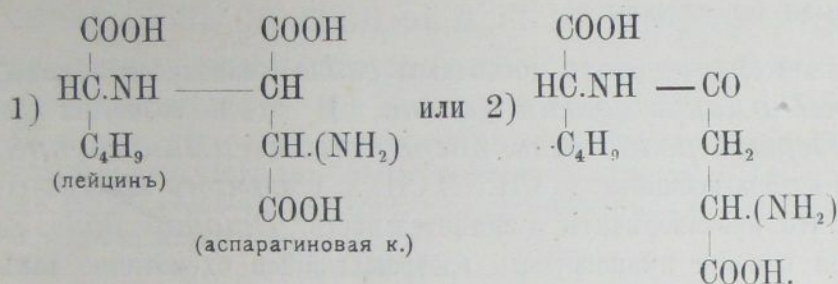
I. *При помощи углероднаго атома* (съ удаленіемъ въ одномъ (1) случаѣ двухъ атомовъ водорода, а въ другомъ (2) вмѣстѣ съ послѣдними и одного атома кислорода).



II. *При помощи кислороднаго атома* связь аминокислотъ можетъ имѣть такой видъ:



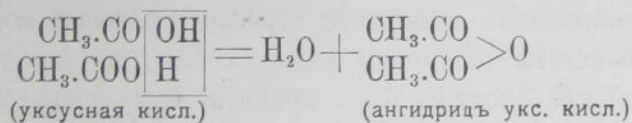
III. При помощи атома азота соединеніе аминокислотъ между собою имѣеть такую форму:



Какая изъ трехъ возможныхъ связей существуетъ въ бѣлковой молекулѣ?

Соединеніе аминокислотъ при посредствѣ углеродныхъ атомовъ невозможно принять въ бѣлкахъ, такъ какъ первая модификація связи исключаетъ гидролизъ, а вторая, дѣлая возможнымъ гидролизъ, заставляетъ признать присутствіе въ бѣлковой молекулѣ кетонной группы: C.CO.C ; бѣлокъ тогда представлялъ бы собою кетонкислоту, чего на самомъ дѣлѣ нѣтъ.

Связь аминокислотъ въ бѣлковой молекулѣ посредствомъ кислороднаго атома могла бы осуществиться, при образованіи ангидрида, въ такомъ видѣ:

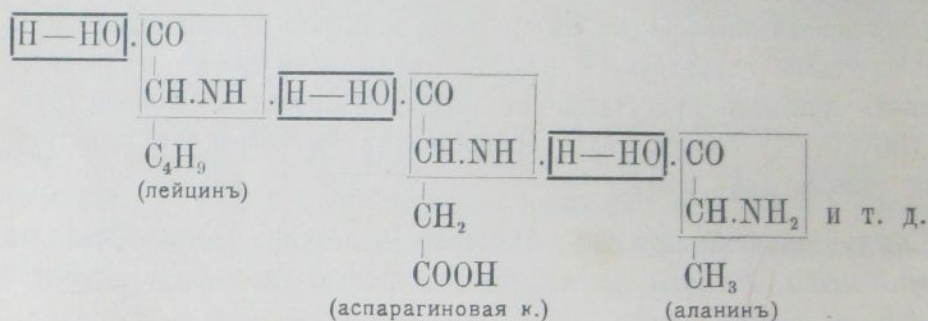


Но такой способъ связи для аминокислотъ въ бѣлкѣ принять невозможно на слѣдующихъ основаніяхъ: во-первыхъ, онъ требуетъ образованія ангидрида, который изъ аминокислотъ получается очень трудно; во-вторыхъ, исчезновеніе двухъ карбоксиловъ повело бы къ явному преобладанію основныхъ свойствъ въ бѣлкѣ, чего нѣтъ; наконецъ, бѣлокъ, имѣя подобнаго рода связь аминокислотъ, не могъ бы распадаться подѣ дѣйствіемъ ферментовъ, такъ какъ послѣдніе не расщепляютъ ангидридовъ; на самомъ же дѣлѣ расщепленіе бѣлковъ подѣ вліяніемъ ферментовъ (трипсина, пепсина и др.) совершается въ самыхъ широкихъ размѣрахъ. Кислородная связь аминокислотъ на подобіе эфирной (вторая модификація) хотя и возможна теоретически, но отвергается фактами: стала бы невозможной реакція Millon'a, обусловливаемая присутствіемъ свободныхъ гидроксильныхъ группъ. Двѣ или три аминокислоты, среди нихъ тирозинъ и серинъ, изъ всего числа аминокислотъ имѣють спиртовые остатки, и реакція Millon'a на бѣлокъ зависитъ, главнымъ образомъ, отъ присутствія тирозина; но послѣдній не

могъ бы давать этой реакціи, если бы въ бѣлкѣ существовала кислородная связь, подобная эфирной, такъ какъ при этомъ спиртовые остатки были бы связаны.

Остается разсмотрѣть послѣднюю связь аминокислотъ между собою при помощи атома азота. И здѣсь возможна двоякая связь. Первый родъ связи посредствомъ иминогруппы, схематично изображающійся: ...СН.НН.СН...., исключаетъ возможность гидролиза, что противорѣчитъ дѣйствительности. Второй родъ связи, тоже при помощи иминогруппы, изображающійся схематично такъ:

...СН.НН.СО...., является и вѣроятнымъ и возможнымъ. Онъ допускаетъ многократное повтореніе связей, что весьма важно для пониманія соединенія аминокислотъ въ бѣлкѣ; имъ обуславливается возможность возстановленія лейцина и аспарагиновой кислоты при гидролизѣ:



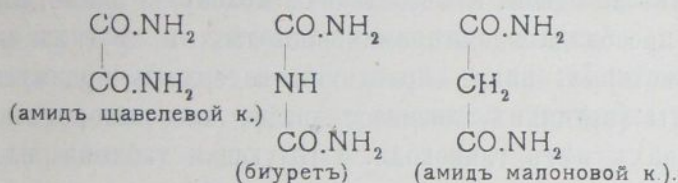
Разбираемое нами возможное строеніе бѣлковой молекулы, въ которомъ аминокислоты соединены между собою при помощи азота съ чередованіемъ связей, можетъ быть принято еще и потому, что здѣсь *иминогруппы* преобладаютъ въ числѣ надъ *аминогруппами*, что наблюдается на самомъ дѣлѣ въ бѣлкѣ. Количество иминогруппъ въ бѣлкѣ опредѣляется дѣйствіемъ азотистой кислоты на бѣлокъ: тогда иминогруппы аминокислоты исчезаютъ, разрушаются, и на ихъ мѣсто становятся гидроксилы. Вообще, HNO_2 въ соединеніяхъ, заключающихъ иминогруппы, разрушаетъ ихъ съ выдѣленіемъ свободного азота, напр., $\text{СН}_3\text{.NH}_2 + \text{HNO}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + \text{СН}_3\text{.OH}$ —метиламинъ съ азотистой кислотой далъ воду, свободный азотъ и метиловый спиртъ; тоже самое и съ мочевиной: $\text{CO(NH}_2)_2 + 2\text{HNO}_2 = 2\text{N}_2 + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$. Такъ какъ HNO_2 дѣйствуетъ только на иминогруппы, разрушая ихъ, и не оказываетъ вліянія на другія группы (напр., иминогруппы), то по объему выдѣлишагося азота судятъ о количествѣ иминогруппъ въ бѣлкѣ; азотъ бѣлка выдѣляется при этомъ въ количествѣ только 0,03—0,07 всего количества.

Разсматриваемая связь аминокислотъ, которую можно представить въ видѣ ...—СН.НН.СО—СН.НН.СО—..., соотвѣтствуетъ связи въ веществахъ, образующихся въ организмѣ: если въ послѣдній ввести

бензойную кислоту, то она выдѣляется въ соединеніи съ гликоколемъ, образуя *гиппуровую кислоту*:

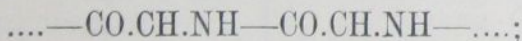
$C_6H_5.CO | OH + H | HN.CH_2.COON = C_6H_5.CO.NH.CH_2.COON + H_2O$. Въ данномъ случаѣ синтезъ новаго соединенія изъ бензойной кислоты и гликоколя осуществляется при посредствѣ тоже связи $...CH.NH.CO...$

Полагали, что характерная для бѣлковъ биуретовая реакція обусловливается присутствіемъ нѣкотораго числа группы $CO.NH_2$, связанной или прямо своими углеродными атомами или при посредствѣ третьяго углероднаго или азотнаго атома:

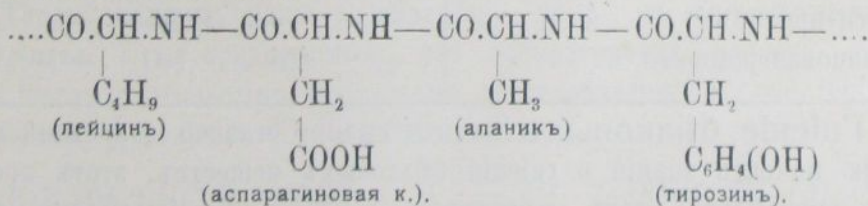


Оказалось, что есть тѣла, дающія биуретовую реакцію и не содержащія повторяющейся группы $CO.NH_2$, напр.: $CH_2.NH_2$ глицинъ-амидъ. Вообще же биуретовая реакція обусловливается присутствіемъ въ тѣлѣ нѣкотораго числа карбамидныхъ группъ, соединенныхъ между собою или непосредственно или посредствомъ углерода или азота. Существованіе въ бѣлкахъ вышеприведенной азотной связи и дѣлаетъ понятнымъ биуретовую реакцію на бѣлокъ.

Формула бѣлковой молекулы. Настоящее положеніе знаній о химическомъ строеніи бѣлковъ не позволяетъ написать формулу этого одного изъ самыхъ сложныхъ соединеній, извѣстныхъ органической химіи. Всѣ разсужденія въ этомъ направленіи отличаются схематичностью, и если они не позволяютъ дѣлать положительныхъ выводовъ, то все-таки уясняютъ суть дѣла. Предыдущее изученіе продуктовъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ, именно—аминокислотъ, а также возможной между ними связи позволяетъ представить себѣ бѣлковую молекулу, состоящую изъ цѣпи чередующагося звена $(CO.CH.NH)$:



къ отдѣльнымъ звеньямъ этой цѣпи, такъ сказать, подвѣшаны остатки различныхъ аминокислотъ:



Сколько разъ повторяется звено $(CO.CH.NH)$ въ бѣлковой молекулѣ? Выше мы видѣли, что хотя величина бѣлковой молекулы точно не опредѣлена, но она выражается очень большимъ числомъ, равняясь, напр., для яичнаго бѣлка 2460; для нѣкоторыхъ бѣлковыхъ тѣлъ она равна

14000—15000. Изъ компонентовъ бѣлка самымъ тяжелымъ по молекулярному вѣсу является триптофанъ (около 200), самымъ же легкимъ гликоколь (около 60). Если предположить, что въ среднемъ молекула аминокислоты вѣситъ 125, то въ частицѣ бѣлка съ молекулярнымъ вѣсомъ 15000 должно быть около 120 аминокислотъ (15000:125). Слѣдовательно, амино-группа повторяется 120 разъ; столько же разъ повторяются и звенья. Различныхъ аминокислотъ въ бѣлкѣ найдено около 17—18; слѣдовательно, нѣкоторыя входятъ въ составъ бѣлка въ количествѣ не одной, а нѣсколькихъ молекулъ; далѣе, въ однихъ бѣлкахъ могутъ преобладать однѣ аминокислоты, въ другихъ могутъ отсутствовать нѣкоторыя; напр., протамины содержатъ преимущественно диаминокислоты (аргининъ, лизинъ); далѣе, въ сывoroточномъ и яичномъ альбуминахъ нѣтъ гликоколя. Слѣдующая таблица иллюстрируетъ нахождение аминокислотъ въ различныхъ бѣлкахъ:

	Сывороточный альбуминъ.	Сывороточный глобулинъ.	Казеинъ коровьяго молока	Стуринъ.	Клей.
Гликоколь	—	3,5	—	—	16,5
Аланинъ	2,7	2,2	0,9	—	0,8
Лейцинъ	20,0	18,7	10,5	—	2,1
α-Пролинъ	1,0	2,8	3,1	—	5,2
Фенилаланинъ	3,1	3,8	3,2	—	0,4
Глутаминовая к	7,7	8,5	11,0	—	0,88
Аспарагиновая к	3,1	2,5	1,2	—	0,56
Цистинъ	2,3	0,7	0,065	—	—
Серинъ	0,6	—	0,23	—	0,4
Тирозинъ	2,1	2,5	4,5	—	—
Триптофанъ	есть	есть	1,5	—	—
Аргининъ	—	—	4,84	58,2	7,62
Лизинъ	—	—	5,80	12,0	2,75
Гистидинъ	—	—	2,59	12,9	0,40
Окси-пролинъ	—	—	0,25	—	3,0
Аминовалериановая к	—	есть	1,0	—	1,0

Гниение бѣлковыхъ веществъ. Согласно современному состоянiю нашихъ знанiй о гниении бѣлковыхъ веществъ, этотъ процессъ можно опредѣлить, какъ вызываемое гнилостными бактерiями расщепление бѣлковой молекулы съ образованiемъ характерныхъ продуктовъ. Можно принять, что всѣ соединенiя, представляющiяся продуктами гидролитическаго распада бѣлка, могутъ образоваться также при разрушенiи бѣлка гнилостными бактерiями. Такъ, напр., до настоящаго вре-

мени при гніеніи бѣлковъ были находимы: гликоколь изъ клея, лейцинъ и аспарагиновая кислота изъ фибрина, далѣе, также тирозинъ, триптофанъ, аргининъ, гистидинъ и лизинъ. То же обстоятельство, что не найдены остальные продукты, находитъ себѣ объясненіе въ томъ, что при гніеніи бѣлковъ они подвергаются дальнѣйшему разложенію. Въ конечномъ результатѣ при гніеніи бѣлка получается громадное количество *продуктовъ разложенія*—болѣе сотни; среди нихъ находятся:

I. Соединенія *жирнаго ряда*—масляная, валеріановая, капроновая, δ -амино-валеріановая, янтарная и винная кислоты.

II. Соединенія *ароматическаго ряда*—индоль, скатоль, скатол-карбоновая, скатол-уксусная, фенил-пропіоновая и фенил-уксусная кислоты, феноль, крезоль.

III. Соединенія съ *характеромъ основаній*—амміакъ, фенил-этиламинъ, путресцинъ, кадаверинъ.

IV. Вещества простого состава—водородъ, сѣрководородъ, углекислота и др.

Всѣ тѣла, получаемыя при гніеніи бѣлковъ, образуются вновь и не суть первичные продукты расщепленія, какими являются аминокислоты. Интересно, что аминокислоты бѣлка содержатъ азотъ, а при гніеніи получаютъ большею частью безазотистыя вещества; оказалось, что азотъ подъ вліяніемъ гнилостныхъ микроорганизмовъ выдѣляется изъ бѣлка въ видѣ амміака. Понятно, что новыя тѣла, получаемыя при гніеніи бѣлковъ, образуются изъ компонентовъ бѣлковой молекулы. Прослѣдимъ теперь тотъ путь, который проходятъ различные атомо-комплексы бѣлка при превращеніи въ конечные продукты бѣлковаго гніенія.

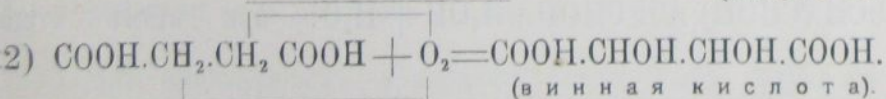
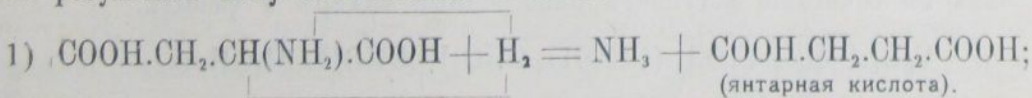
Механизмъ гніенія. При немъ протекаетъ рядъ типическихъ реакцій, которыя могутъ быть троякаго рода.

I. *Чистая реакція возстановленія*—замѣна аминогруппы атомомъ водорода.

II. *Реакція отщепленія* CO_2 изъ группы COOH .

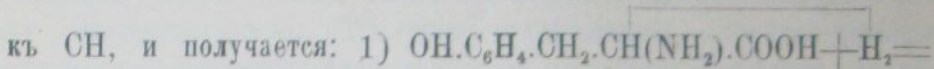
III. *Реакція окисленія*, при чемъ образуется соединеніе бѣднѣе на одинъ атомъ углерода и безъ аминогруппы.

Теперь начнемъ наше разсмотрѣніе, напр., съ *аспарагиновой кислоты*. Если предположить, что аспарагиновая кислота подвергается послѣдовательнымъ процессамъ возстановленія и окисленія, то въ результатѣ получится винная кислота:

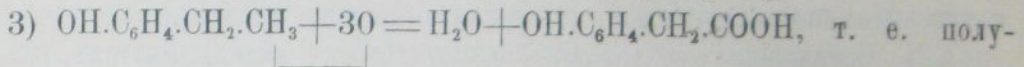
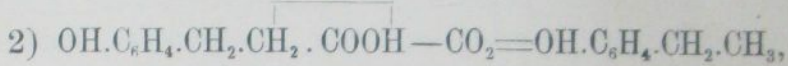


Вторымъ примѣромъ можетъ служить одинъ изъ компонентовъ

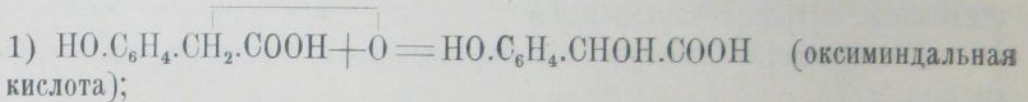
бѣлка, именно, *тирозинъ* (пара-окси-фенил α -амино-пропионовая кислота); при гниеніи присоединяется одинъ атомъ Н къ NH_2 , другой



$= \text{NH}_3 + \text{OH.C}_6\text{H}_4.\text{CH}_2.\text{CH}_2.\text{COOH}$, т. е. амміакъ и пара-окси-фенил-пропионовая кислота; отщепленіе изъ послѣдней CO_2 и послѣдующее окисленіе даютъ:



чается вода и пара-окси-фенил-уксусная кислота (замѣщенное бензола). Дальнѣйшее расщепленіе можетъ идти или при присоединеніи кислорода или при отщепленіи CO_2 :



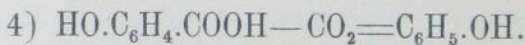
кислота);

$$2) \text{ HO.C}_6\text{H}_4.\text{CH}_2.\text{COOH} - \text{CO}_2 = \text{HO.C}_6\text{H}_4.\text{CH}_3 \text{ (пара-крезоль). При}$$

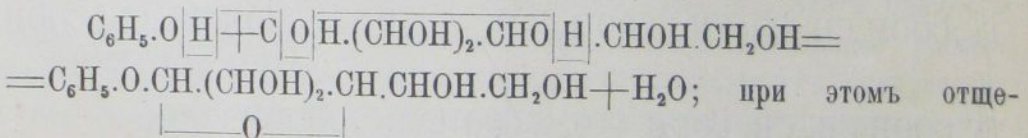
дальнѣйшемъ окисленіи присоединяются три атома О, которые окисляютъ метиловую группу:

$$3) \text{ HO.C}_6\text{H}_4.\text{CH}_3 + \text{O}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{HO.C}_6\text{H}_4.\text{COOH}, \text{ т. е. получается пара-}$$

окси-бензойная кислота. Наконецъ, отщепленіемъ CO_2 отъ бензойной кислоты получается *феноль*:



Судьба фенола въ организмъ. Феноль образуется и въ кишечномъ трактѣ, изъ котораго всасывается, и такъ какъ онъ является очень ядовитымъ веществомъ, то обезвреживается путемъ сочетанія или съ сѣрной или съ глюкуроновой кислотой. Съ сѣрной кислотой это сочетаніе происходитъ по типу образованія эфира: $\text{C}_6\text{H}_5.\text{OH} + \text{HO.SO}_2.\text{OH} =$
 $= \text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_5.\text{O.SO}_2.\text{OH}$. Такъ какъ спиртовая группа, которая обуславливаетъ ядовитыя свойства фенола, здѣсь отсутствуетъ, то въ видѣ парнаго соединенія феноль уже теряетъ свое ядовитое дѣйствіе на животный организмъ. Второе парное соединеніе фенола получается путемъ сочетанія съ глюкуроновой кислотой; послѣдняя является производнымъ сахарной кислоты. Процессъ сочетанія можно представить такъ, что сначала въ сочетаніе вступаетъ виноградный сахаръ и феноль:

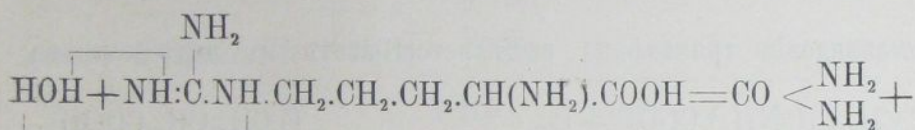


пляется вода на счетъ кислорода альдегидной группы винограднаго сахара

и водородовъ гидроксила фенола и группы СНОН глюкозы въ положеніи γ , а остатки соединены кислородомъ по типу *глюкозидной связи*. Съ присоединеніемъ къ полученному соединенію двухъ атомовъ О группа $\text{СН}_2\text{ОН}$ переходитъ въ СООН , и въ окончательномъ видѣ получается сочетаніе фенола съ глюкуроновой кислотой такого строенія:

$$\text{С}_6\text{Н}_5\text{.О.СН.} \left(\begin{array}{c} \text{СНОН} \\ \text{О} \end{array} \right)_2 \text{.СН.СНОН.СООН} + \text{Н}_2\text{О.}$$

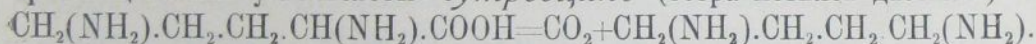
Аргининъ, присоединяя частицу воды, даетъ *мочевину и орнитинъ*:



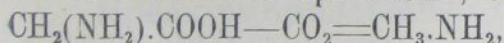
$+ \text{СН}_2(\text{NH}_2)\text{.СН}_2\text{.СН}_2\text{.СН(NH}_2\text{).СООН}$. Въ дальнѣйшемъ мочевиная, присоединяя двѣ частицы воды, превращается въ *углекис-*

лый аммоній: $\text{СО} \left\langle \begin{array}{c} \text{O.NH}_4 \\ \text{O.NH}_4 \end{array} \right.$ послѣдній въ свою очередь распадается

на СО_2 , 2NH_3 и $\text{Н}_2\text{О}$. Таковъ распадъ одного изъ полученныхъ при гидролизѣ аргинина продуктовъ. Другое вещество, *орнитинъ*, даетъ при отщепленіи углекислоты *путресцинъ* (тетра-метилеи-диаминъ):

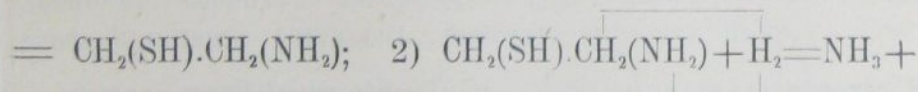


Гликоколь при гніеніи, отщепляя СО_2 , даетъ метиламинъ:



Какова судьба той части бѣлковой молекулы, которая содержитъ сѣру, изъ чего образуется SH_2 , меркаптаны и другіе содержащіе сѣру продукты гніенія бѣлка? Всѣ эти тѣла могли образоваться только изъ *цистина*, единственной изъ аминокислотъ носительницы сѣры; цистинъ же, какъ извѣстно, есть производное *цистеина*; изъ цистеина сѣросодержащіе продукты гніенія получаютъ путемъ отщепленія углекислоты

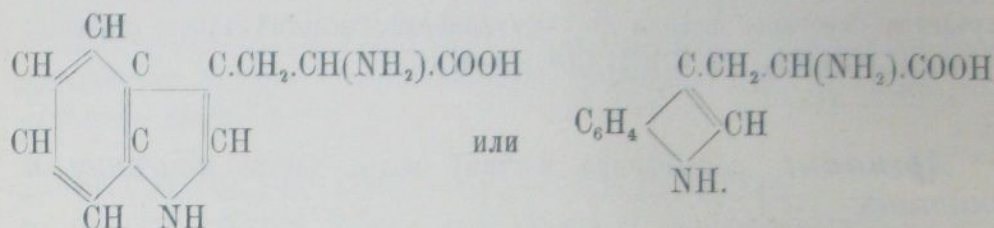
и возстановленія водородомъ: 1) $\text{СН}_2(\text{SH})\text{.СН} \left(\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \text{COOH} \end{array} \right) - \text{СО}_2 =$



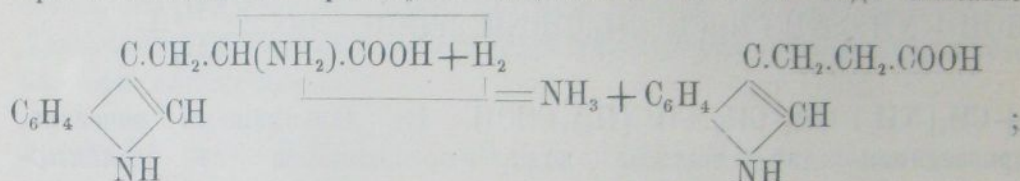
$+ (\text{С}_2\text{H}_5)\text{HS}$, т. е. получаемъ *амміакъ и меркаптанъ*; меркаптанъ же можетъ распадаться на H_2S и *тиоэфиръ*: 3) $2(\text{С}_2\text{H}_5)\text{HS} = (\text{С}_2\text{H}_5)_2\text{S} + \text{H}_2\text{S}$. Слѣдовательно, изъ цистеина образовались СО_2 , NH_3 , H_2S и тиоэфиръ.

Изъ приведенныхъ примѣровъ видно, какъ получается изъ бѣлковъ при гніеніи цѣлый рядъ менѣе сложныхъ и простыхъ химическихъ тѣлъ.

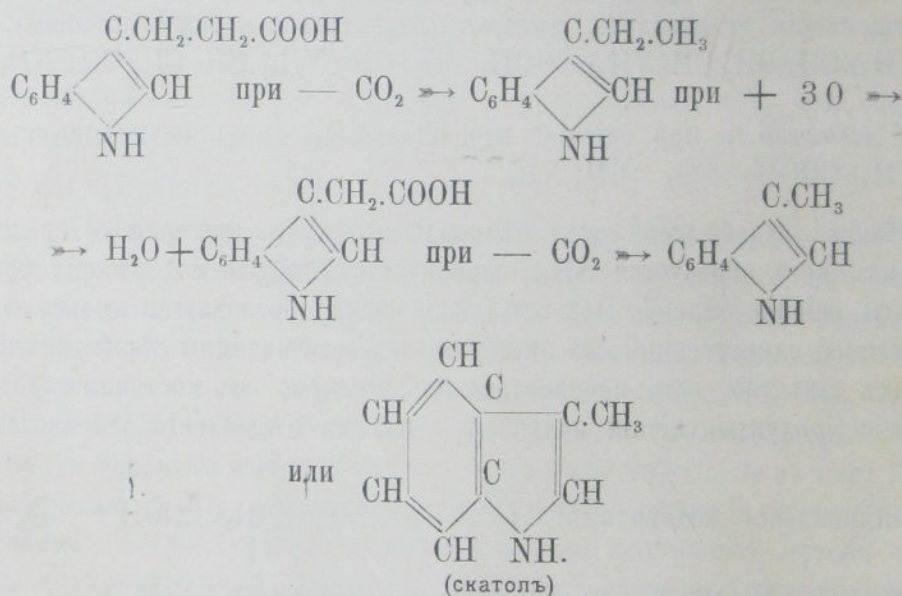
Остается упомянуть еще о двух продуктах гниения—*скатолъ* и *индолъ*. Источником индола и скатола является *триптофанъ*, который въ своемъ скелетѣ имѣеть сочетаніе двухъ колець—бензольнаго и пиррольнаго:



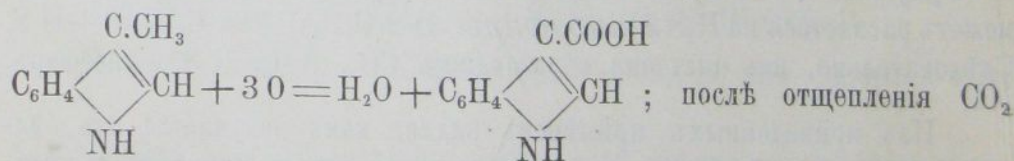
При восстановленіи триптофана выдѣляется азотъ въ видѣ амміака:

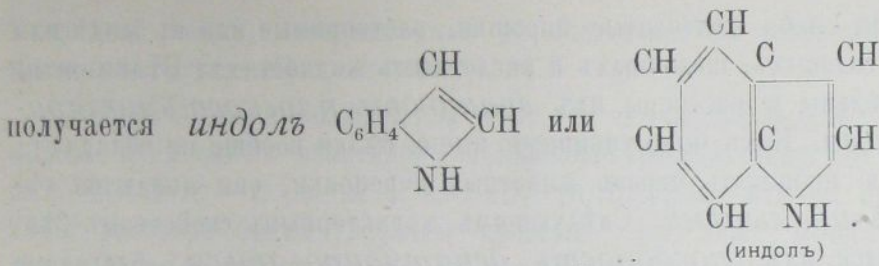


далѣе удаляется CO_2 , послѣ чего окисляется группа CH_3 съ выдѣленіемъ H_2O , и, наконецъ, послѣ новаго выдѣленія CO_2 образуется *скатолъ*:

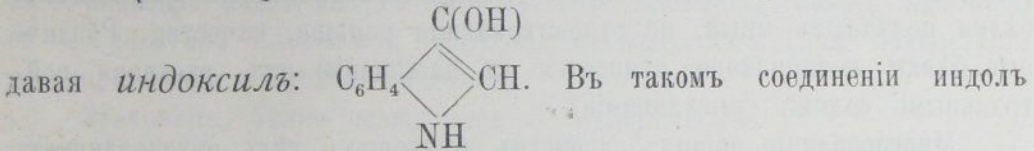


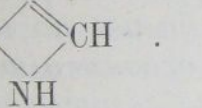
Дѣло или останавливается на этомъ или разложеніе идетъ далѣе—окисляется метиловая группа съ выдѣленіемъ воды:

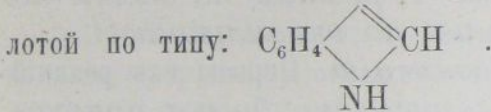




Изъ всѣхъ продуктовъ гніенія скатолъ и индолъ наиболѣе ядовиты, и организмъ въ борьбѣ съ ними пользуется тѣми же средствами, что и при обезвреживаніи фенола. Индолъ подвергается окисленію,



можетъ вступать въ парное сочетаніе съ сѣрной или глюкуроновой кислотой по типу: C_6H_4  .



Продукты разложенія бѣлковъ при кипяченіи съ щелочами. При сплавленіи бѣлковъ съ ѣдкимъ натромъ resp. кали образуются: водородъ, амміакъ, углекислота, меркаптаны, сѣроводородъ, кислоты—уксусная, масляная, валеріановая и щавелевая, а также индолъ, скатолъ, фенолъ.

Преформированныя группы бѣлковой молекулы. Данныя о разложеніи бѣлка приводятъ къ мысли, что между продуктами этого расщепленія слѣдуетъ различать 1) *первичные*, которые входятъ въ составъ бѣлковой молекулы, т. е. предобразованы въ ней — и 2) *вторичные*, получающіеся изъ первыхъ вслѣдствіе воздѣйствія реактивовъ и тѣхъ условій, при которыхъ совершается расщепленіе бѣлковой частицы. Эти вторичные продукты особенно многочисленны при разложеніяхъ бѣлка гнилостными бактеріями и при сплавленіи его со щелочами. Только нѣкоторые изъ продуктовъ расщепленія бѣлковъ должны быть признаны *первичными*, а именно: гликоколь, аланинъ, лейцинъ, серинъ, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, лизинъ, аргининъ, гистидинъ, цистинъ, тирозинъ и др.

Общія свойства бѣлковыхъ тѣлъ.

Реакціи на бѣлки. Бѣлки животнаго происхожденія въ большинствѣ случаевъ являются аморфными тѣлами, хотя въ послѣднее время удалось получить среди нихъ и кристаллическіе; напротивъ, растительные бѣлки много разъ были добыты въ кристаллическомъ видѣ. Не имѣя вкуса и запаха, сухіе бѣлки представляютъ собою или без-

цвѣтные или слабо желтоватые порошки, растворимые или въ водѣ или только въ солевыхъ, щелочныхъ и кислотныхъ жидкостяхъ. Бѣлки оптиче-ски дѣятельны и растворы ихъ *вращаютъ плоскость поляризаціи влево*. Какъ было упомянуто выше, бѣлки вообще не обладаютъ способностью проникать черезъ животныя перепонки, они являются тѣлами *коллоидальными*. Слѣдующимъ характернымъ свойствомъ бѣлковъ является ихъ *способность денатурироваться*: благодаря дѣйствию высокой температуры, а также различныхъ химическихъ реагентовъ, напр., кислотъ, щелочей, солей тяжелыхъ металловъ и др., равно какъ вслѣдствіе дѣйствія т. н. протеолитическихъ ферментовъ, бѣлки получаютъ инныя, не существовавшія раньше, качества. Различныя бѣлки неодинаково относятся къ насыщенію ихъ раствора нейтральными солями (высаливаніе).

Многоразличіе общихъ свойствъ бѣлковыхъ тѣлъ обуславливаетъ собою большое число общихъ реакцій на бѣлки. Эти реакціи могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы: 1) *реакціи на бѣлки по осажденію* и 2) *реакціи на бѣлки по окрашиванію*.

Реакціи на бѣлки по осажденію. Первою изъ реакцій на бѣлки по осажденію является 1) *свертываніе бѣлка при кипяченіи*. При этомъ т. н. *тепловомъ* свертываніи бѣлокъ изъ прозрачнаго или слабо опалесцирующаго раствора выпадаетъ въ видѣ бѣловатыхъ непрозрачныхъ хлопьевъ. Важнѣйшимъ условіемъ для теплого свертыванія бѣлка служитъ кислая реакція и содержаніе нейтральныхъ солей въ бѣлковомъ растворѣ. Щелочной растворъ бѣлка при кипяченіи не свертывается, нейтральный не вполне, и только кислая (слабо, а не рѣзко) реакція раствора позволяетъ выпасть всему бѣлку при нагрѣваніи бѣлковой жидкости до кипѣнія (подкисленіе производится слабою уксусною или азотною кислотою). Къ раствору, бѣдному солями, необходимо предварительно прибавлять NaCl (до 1%), въ противномъ случаѣ осажденіе бѣлка кипяченіемъ не удается.

Вторая реакція по осажденію обуславливается 2) *отношеніемъ къ бѣлковымъ растворамъ минеральныхъ кислотъ при комнатной температурѣ*. Такъ, крѣпкія сѣрная, соляная и азотная кислоты (также и метафосфорная) осаждаютъ бѣлокъ изъ его раствора: если, напр., на азотную кислоту въ пробиркѣ осторожно прилить, не смѣшивая, растворъ бѣлка, то на границѣ обѣихъ жидкостей появится, въ зависимости отъ количества бѣлка, быстро или спустя нѣсколько минутъ большей или меньшей величины бѣлое непрозрачное кольцо изъ свернушагося бѣлка (т. н. *проба Heller'a*).

Въ-третьихъ, осажденіе бѣлковъ достигается а) *солями тяжелыхъ металловъ*, какъ, напр., сѣрнокислой мѣдью, нейтральнымъ и основнымъ уксуснокислымъ свинцомъ, двухлористою ртутью и др. и б) *солями нейтральными*, какъ, напр., сѣрнокислый натръ,

хлористый натръ, прибавляемыми до насыщениа къ раствору уже подкисленному уксуною кислотой.

Далѣ, бѣлки осаждаются 4) т. н. *алкалоидными реактивами*. Изъ этихъ реактивовъ особенною чувствительностью отличается *жельзисто—или жельзо-синеродистый калий* при подкисленіи раствора бѣлка уксуною кислотой; къ нимъ относятся также *фосфорновольфрамовая и фосфорномолибденовая* кислоты (въ присутствіи свободныхъ минеральныхъ кислотъ, напр., хлористоводородной); далѣ, *пикриновая кислота* [послѣ подкисленія бѣлковаго раствора какою-нибудь органическою кислотой, напр., лимонной (т. н. реактивъ Esbach'a)], *дубильная кислота* (при подкисленіи раствора бѣлка уксуною кислотой).

Наконецъ, бѣлки осаждаются 5) *спиртомъ*.

Реакціи на бѣлки по окрашиванію.

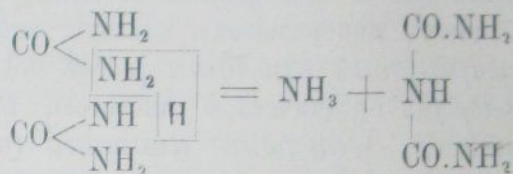
1) *Ксантопротеиновая реакція*. Къ раствору бѣлка прибавляется крѣпкая азотная кислота, отчего получается *бѣлый хлопьевидный осадокъ*; отъ нагрѣванія хлопья становятся *желтыми* и, въ концѣ концовъ, образуется желтый растворъ; желтая окраска при нейтрализаціи (послѣ охлажденія жидкости) щелочью или амміакомъ переходитъ въ *оранжевую*. Ксантопротеиновая реакція обусловливается присутствіемъ въ бѣлковой частицѣ нѣкоторыхъ аминокислотъ *ароматической группы*, напр., фенильной.

2) *Реакція Millon'a*. При дѣйствіи на бѣлковый растворъ реактива Millon'a (растворъ азотнокислой и азотистокислой ртути) получается осадокъ. Если осадокъ нагрѣвать, то мало по малу бѣлыя хлопья окрасятся въ *пурпуровый цвѣтъ*. Это окраску даютъ производныя *бензола*, имѣющія по крайней мѣрѣ одну *гидроксильную группу*. Такимъ производнымъ бензола въ бѣлковой частицѣ является *тирозинъ*. Реакція Millon'a позволяетъ судить о присутствіи или отсутствіи въ бѣлковомъ веществѣ *тирозина*.

3) *Реакція Adamkiewicz'a*. Къ раствору бѣлка приливается глюксилевая кислота и, послѣ смѣшиванія, осторожно крѣпкая сѣрная кислота; на границѣ обѣихъ жидкостей появляется, особенно быстро при осторожномъ нагрѣваніи, *кольцо фіолетоваго цвѣта*. Реакція Adamkiewicz'a обусловливается присутствіемъ въ бѣлкѣ *триптофана*.

4) *Биуретовая реакція*. Приливаютъ къ раствору бѣлка ѣдкаго натра *гесп.* калия и одну—двѣ капли слабаго раствора CuSO_4 ; получается интензивно *фіолетовая окраска*; нѣкоторые бѣлки даютъ фіолето-красную окраску съ болѣе краснымъ оттѣнкомъ. Биурето-

вую реакцію дають не только бѣлковыя тѣла, но и многія другія. Она не зависитъ ни отъ одной изъ аминокислотъ, находящихся въ бѣлкѣ, въ отдѣльности, а обуславливается способомъ связи этихъ частей между собою (см. выше главу о строеніи бѣлковой молекулы). Реакція эта называется биуретовой, такъ какъ ее даетъ тѣло *биуретъ*, получающееся при нагрѣваніи двухъ частицъ мочевины съ выдѣленіемъ амміака:



Мочевина биуретовой реакціи не даетъ; если же мочевины въ кристаллахъ плавить, то начинаетъ выдѣляться NH_3 (красная бумажка синѣетъ) и остается биуретъ, который послѣ растворенія въ H_2O легко даетъ вышеупомянутую реакцію.

Ни одна изъ приведенныхъ реакцій по осажденію и по окрашиванію не характерна сама по себѣ; поэтому, при изслѣдованіяхъ на бѣлки постоянно слѣдуетъ пользоваться нѣсколькими реакціями по осажденію и окрашиванію.

Классификація бѣлковъ и ихъ характеристика.

Рациональной основой классификаціи химическихъ соединеній является ихъ строеніе. Такая точка зрѣнія непримѣнима по отношенію къ бѣлковымъ веществамъ, о строеніи которыхъ въ данное время имѣются недостаточныя данныя. Поэтому, въ настоящее время при классификаціи бѣлковъ мы должны воспользоваться внѣшними, часто поверхностными свойствами, что придаетъ классификаціи характеръ искусственности. Всѣ бѣлковыя вещества распредѣляются на три слѣдующія группы:

I-я. *Протеины* — простые, неизмѣненные бѣлки или нативные, обладающіе всѣми характерными свойствами бѣлковыхъ веществъ.

II-я. *Протеиды* — сложные бѣлки, распадающіеся при разложеніи на простой бѣлокъ (протейнъ) и какое-нибудь другое тѣло не бѣлкового характера.

III-я. *Альбуминоиды*, представляющіе производныя протейновыхъ веществъ, утратившія въ значительной степени многія свойства послѣднихъ.

I. П р о т е и н ы .

Эту группу составляютъ: 1) *альбумины*, 2) *глобулины*, 3) *нуклеоальбумины*.

Альбумины и глобулины.

Общія свойства. Эти вещества находятся въ организмѣ, входя въ составъ его тканей и соковъ. *Альбумины* растворяются въ чистой водѣ, а также разведенныхъ щелочахъ и слабыхъ солевыхъ растворахъ; *глобулины*, напротивъ, нерастворимы въ водѣ и разведенныхъ кислотахъ, но растворяются въ слабыхъ щелочныхъ растворахъ и въ слабыхъ растворахъ нейтральныхъ солей. Альбумины и глобулины находятся въ молокѣ, клѣточномъ сокѣ, крови, лимфѣ и въ яичномъ бѣлкѣ. Далѣе, разница между альбуминами и глобулинами заключается въ томъ, что растворы первыхъ являются *нейтральными*, въ нихъ взаимно компенсируются основныя и кислотныя свойства; глобулины же въ большинствѣ случаевъ *реагируютъ кисло*. Водный растворъ альбумина, несодержащій нейтральныхъ солей, при кипяченіи не свертывается, онъ не осаждается (безъ кипяченія) и отъ прибавленія малыхъ количествъ кислотъ. Солевые растворы альбуминовъ, кислые или нейтральные, при нагрѣваніи до кипѣнія свертываются, при чемъ происходитъ измѣненіе свойствъ бѣлка (*денатурированіе*); подобнымъ же образомъ къ кипяченію относятся и растворы глобулиновъ.

Отдѣленіе глобулиновъ отъ альбуминовъ. Перечисленныя свойства позволяютъ отдѣлить альбумины отъ глобулиновъ. Если въ растворѣ смѣси альбуминовъ и глобулиновъ, какъ это имѣетъ мѣсто, напр., въ кровяной сывороткѣ, уменьшитъ концентрацію солей, обуславливающихъ растворимость глобулина, то послѣдній долженъ будетъ перейти въ нерастворимое состояніе, т. е. выпасть. Это достигается, *во-первыхъ*, простымъ разведеніемъ раствора бѣлковыхъ тѣлъ дистиллированной водой — альбумины остаются растворенными, а глобулины выпадаютъ. *Во-вторыхъ*, тоже самое можно достигнуть съ помощью діализированія. Этотъ способъ основанъ на неспособности бѣлковыхъ веществъ диффундировать сквозь животныя перепонки; соли же раствора бѣлковыхъ веществъ, въ нашемъ случаѣ кровяной сыворотки, проходятъ сквозь перепонку; концентрація соли въ концѣ концовъ достигаетъ такой малой величины, при которой глобулины уже не могутъ держаться въ растворѣ и выпадаютъ изъ него. Нерастворимостью глобулиновъ въ слабыхъ кислотахъ можно также пользоваться, *въ-третьихъ*, для отдѣленія ихъ отъ альбуминовъ: слабо подкисляютъ растворъ или пропускаютъ черезъ него токъ CO_2 — глобулины выпадаютъ.

Наконецъ, послѣдній способъ отдѣленія основанъ на различномъ отношеніи альбуминовъ и глобулиновъ къ насыщенію ихъ растворомъ нейтральными солями (характерно для тѣлъ съ высокимъ молекулярнымъ вѣсомъ).

Для выпаденія *альбумина* требуется полное насыщеніе его раствора, напр., сѣрнокислымъ аммоніемъ, *глобулины* же осѣдаютъ уже

при полунасыщеніи. Всѣ, безъ исключенія, глобулины осаждаются при насыщеніи сѣрнокислой магнезіей или хлористымъ натріемъ (при 30°), между тѣмъ нейтральные растворы альбуминовъ не осаждаются (при комнатной температурѣ) полнымъ насыщеніемъ $MgSO_4$ или $NaCl$, они выпадаютъ только при одновременномъ насыщеніи $MgSO_4$ и Na_2SO_4 или $(NH_4)_2SO_4$. при кислой реакціи альбумины осаждаются насыщеніемъ $NaCl$ или $MgSO_4$.

Представителями альбуминовъ являются: альбумины молока (лактальбуминъ), кровяной сыворотки, птичьяго яйца (овальбуминъ), мускуловъ. Изъ всѣхъ бѣлковъ альбуминъ содержитъ максимумъ S (1,6—2,2%).

Представителями глобулиновъ служатъ: сывороточный глобулинъ (параглобулинъ), яичный, фибриногенъ кровяной плазмы, мускулинъ и миозинъ мышць, кристаллинъ (главная масса хрусталика глаза).

Нуклеоальбумины. фосфопротеины

Эти вещества представляютъ собою бѣлки, содержащіе фосфоръ. Если нуклеоальбумины подвергать дѣйствию гидролитич. агентовъ, напр. желудочнаго сока, то въ первые стадіи гидролиза они распадаются на двѣ части:

- 1) *растворимую* пепсиномъ и содержащую C, H, O, N и S и
- 2) *пепсиномъ нерастворимую*, а только въ сокѣ поджелудочной железы: вторая часть содержитъ Fe и P, она назыв. *парануклеиномъ*.

Отличіе отъ альбуминовъ и глобулиновъ. Нуклеоальбумины отличаются отъ альбуминовъ и глобулиновъ слѣдующими свойствами: кромѣ C, H, O, N и S, они содержатъ еще P въ видѣ парануклеиновъ и нѣкоторое количество Fe. Другимъ характернымъ свойствомъ нуклеоальбуминовъ является ясно кислотный характеръ ихъ — они образуютъ соединенія съ металлами. Далѣе, нуклеоальбумины нерастворимы въ водѣ и въ солевыхъ растворахъ, но легко растворяются въ небольшихъ количествахъ щелочи.

Представителями нуклеоальбуминовъ являются: казеинъ, вителлинъ и ихтулинъ.

Казеинъ — главная составная часть молока, гдѣ онъ находится въ видѣ казеино-кислаго кальція. Можно сказать, что въ казеинѣ заключается преимущественно тотъ запасъ бѣлковаго вещества, насчетъ котораго живетъ растущій организмъ.

Казеинъ молока при нагрѣваніи не выпадаетъ въ видѣ свертка. Молоко и растворы казеина вообще осаждаются кислотами, которыя предварительно отнимаютъ отъ казеина кальцій. Для осажденія казеина изъ молока употребляютъ, наприм., уксусную кислоту. При скисаніи же молока осажденіе казеина происходитъ подъ вліяніемъ молочной

кислоты, которая образуется бактеріями изъ молочнаго сахара, и отнимаетъ отъ казеина кальцій. Казеинъ нерастворимъ въ водѣ.

Казеинъ также свертывается подъ вліяніемъ ферментовъ (*Labferment'a* или *химозина*), что имѣетъ мѣсто въ желудкѣ. Осажденный и высушенный казеинъ представляетъ собою бѣлый порошокъ, въ которомъ легко открыть фосфоръ.

Вителлинъ находится въ желткѣ птичьяго яйца, связанный съ лецитиномъ. Подъ вліяніемъ желудочнаго сока вителлинъ расщепляется на двѣ части: одну растворимую, другую нерастворимую, содержащую Р и Fe. Последнюю часть *Bunge* назвалъ *гематогеномъ*, который, по мнѣнію *Bunge*, долженъ имѣть большое значеніе для образованія крови.

Ихтулинъ содержится въ яйцахъ рыбъ въ видѣ желточныхъ пластинокъ.

Свертывающіеся бѣлки.

Характеристика и представители ихъ. Къ этой группѣ относятся протеины, свертывающіеся подъ вліяніемъ специальныхъ ферментовъ. Получающійся свертокъ менѣе плотенъ, чѣмъ при тепловомъ свертываніи. Эту группу составляютъ: 1) фибриногенъ и 2) мышечные бѣлки.

Фибриногенъ по своимъ характернымъ свойствамъ относится къ классу глобулиновъ; онъ находится въ кровяной плазмѣ и своимъ присутствіемъ обуславливаетъ свертываніе крови при извѣстныхъ условіяхъ. Свертываніе крови, т. е. выпаденіе раствореннаго въ кровяной плазмѣ фибриногена въ твердомъ видѣ въ формѣ *фибрина*, есть явленіе ферментативной природы. Оно вызывается ферментомъ *тромбиномъ*, находящимся въ форменныхъ элементахъ крови (лейкоцитахъ) въ недѣятельномъ состояніи въ видѣ *протромбина*. При свертываніи крови важную роль играютъ кальціевыя соли: если осадить въ крови кальцій щавелевой кислотой, то такая кровь не свертывается.

Мышечные бѣлки, благодаря своимъ химическимъ свойствамъ, обуславливаютъ трупное и тепловое окоченѣніе мышцъ. Трупное окоченѣніе происходитъ отъ того, что жидкіе или полужидкіе бѣлки мышцъ, главнымъ образомъ *міозинъ*, переходятъ въ твердое состояніе, свертываются. Послѣ смерти оплотнѣваютъ не только мышцы, но и другіе органы; такъ, напр., печень дѣлается плотнѣе; вѣроятно, глобулинъ ея подвергается процессу свертыванія. Все это заставляетъ думать, что свертывающіе бѣлки ферменты находятся не только въ крови и мышцахъ, но и въ другихъ клѣткахъ тѣла.

Денатурированные бѣлки.

Простые, нативные бѣлки подъ вліяніемъ дѣйствія сильныхъ кислотъ, щелочей, а также ферментовъ въ значительной степени измѣ-

няютъ свои свойства и характеръ, хотя и не теряютъ своей бѣлковой природы.

Альбумозы и пептоны. При дѣйстви на бѣлки протеолитическихъ ферментовъ (пепсина, трипсина) получаютъ сначала *альбумозы* (пропептоны), а въ дальнѣйшемъ *пептоны*. Они могутъ образоваться также при гидролитическомъ расщепленіи бѣлка кислотами, щелочами, равно какъ и при гніеніи. И альбумозы и пептоны даютъ всѣ цвѣтныя реакціи на бѣлки; растворы тѣхъ и другихъ способны къ диффузіи черезъ животныя перепонки: способность эта увеличивается тѣмъ больше, чѣмъ ближе продуктъ протеолитическаго денатурированія стоитъ къ пептонамъ. При кипяченіи растворы альбумозъ и пептоновъ *не свертываются*. Растворы альбумозъ осаждаются азотной кислотой при комнатной температурѣ, затѣмъ желѣзистосинеродистымъ калиемъ при подкисленіи уксусной кислотой (оба осадка исчезаютъ при нагреваніи и вновь появляются при охлажденіи) и насыщеніемъ NaCl при подкисленіи уксусной кислотой. Растворы же пептоновъ не даютъ этихъ реакцій, положительныхъ для альбумозъ. Алкалоидными реактивами осаждаются и альбумозы и пептоны. При насыщеніи сѣрнокислымъ аммоніемъ альбумозы осаждаются, пептоны же при этихъ условіяхъ остаются въ растворѣ. Провести рѣзкую границу между альбумозами и пептонами невозможно, такъ какъ между альбумозой, которая ближе всего стоитъ къ первоначальному бѣлку, и пептономъ, представляющимъ послѣдній (при пепсиновомъ перевариваніи) продуктъ расщепленія, существуетъ цѣлый рядъ промежуточныхъ продуктовъ.

В пептонахъ отсутствіи 3, благодаря этому, что отсутствіи цистеина, который не осаживается.
Добавленіе къ протеинамъ.

Гистоны и протамины не встрѣчаются въ свободномъ видѣ въ природѣ, а входятъ въ составъ сложныхъ бѣлковыхъ тѣлъ (напримѣръ, гемоглобина и др.), при расщепленіи которыхъ и получаютъ. Они имѣютъ ясно выраженный *основной характеръ*, растворяются въ кислотахъ и осаждаются изъ растворовъ основаниями. Основной характеръ зависитъ отъ присутствія въ нихъ въ преобладающемъ количествѣ тѣхъ аминокислотъ, которыя содержатъ значительное количество азота—диаминокислотъ (аргининъ, лизинъ). И гистоны и протамины осаждаются изъ своихъ растворовъ алкалоидными реактивами.

Гистоны содержатъ сѣру, даютъ реакціи биуретовую и слабо выраженную Millon'a. Очень характернымъ для нихъ является способность въ нейтральныхъ растворахъ давать осадки съ казеиномъ, параглобулиномъ и овальбуминомъ. Гистоны находятся въ лейкоцитахъ, въ спермѣ рыбъ въ періодѣ созрѣванія. При образованіи сперматозои-

довъ гистоны переходятъ въ протамины. Къ гистонамъ причисляютъ бѣлокъ гемоглобина—*глобинъ*.

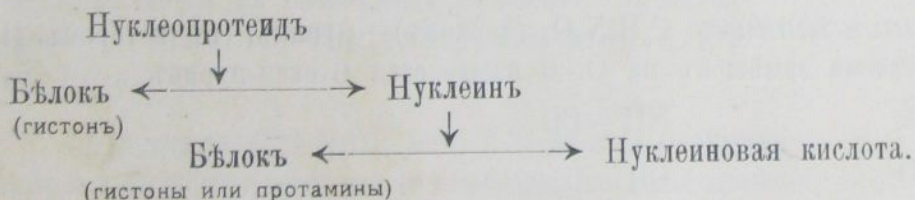
Протамины очень тѣсно примыкаютъ къ гистонамъ. Они совершенно не содержатъ сѣры, хорошо даютъ реакцію биуретовую, не даютъ Millon'a. Протамины были найдены въ сперматозоидахъ рыбъ въ видѣ солей нуклеиновыхъ кислотъ. При кипяченіи съ кислотами (гидролитически) даютъ, главнымъ образомъ, гексоновыя основанія—аргининъ, гистидинъ и лизинъ. Протамины растворяются въ водѣ, сообщая послѣдней щелочную реакцію.

III. П р о т е и д ы.

По сравненію съ протеинами, протеиды являются веществами болѣе сложнаго состава. При своемъ расщепленіи они даютъ, съ одной стороны, бѣлковыя тѣла, а съ другой—различныя вещества не бѣлкового характера, напр., углеводы, нуклеиновую кислоту, пигменты. Протеиды дѣлятся на три группы: 1) *нуклеопротеиды*, 2) *глюкопротеиды* и 3) *хромопротеиды*.

Н у к л е о п р о т е и д ы.

Эти вещества представляютъ составную часть клѣтки, почему ими богаты органы съ большимъ количествомъ клѣточныхъ элементовъ—железы (печень, *glandula thymus* и пр.). По своему характеру нуклеопротеиды являются кислотами, чѣмъ и объясняется способность клѣточныхъ ядеръ окрашиваться *основными* анилиновыми красками, имѣющими сродство къ кислотамъ. При постепенномъ дѣйствіи слабыхъ гидролитическихъ агентовъ можно весь фосфоръ нуклеопротеида получить въ видѣ т. наз. нуклеиновыхъ кислотъ; расщепленіе происходитъ не сразу, а черезъ рядъ превращеній, который можно выразить такую схему:

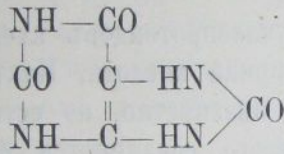


Изъ этой схемы видно, что весь фосфоръ сосредоточивается въ нуклеинѣ, который состоитъ изъ бѣлка и нуклеиновыхъ кислотъ.

Итакъ, характерную часть нуклеопротеидовъ составляютъ *нуклеиновыя кислоты*. Онѣ богаты фосфоромъ и при расщепленіи минеральными кислотами даютъ фосфорную кислоту и пуриновыя основанія, а также производныя пиримидина.

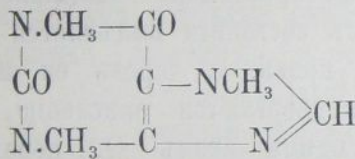
Пуриновыя основанія имѣютъ рядъ синонимовъ—нуклеиновыя, аллоксуровыя основанія, ксантиновыя тѣла. Всѣ они производятся отъ

Всѣ эти основанія имѣютъ фізіологическое и химическое отношенія къ *мочевой кислотѣ* $C_5N_4H_4O_3$, которая богаче ксантина на одинъ атомъ O; это даетъ основаніе полагать, что въ организмѣ мочева кислота образуется изъ ксантиновыхъ основаній и, по способу происхожденія изъ пурина, она можетъ быть названа 2-6-8-оксипуринъ:



Къ пуриновымъ основаніямъ примыкаютъ также алкалоиды, входящіе въ составъ *чая, кофе* (кофеинъ), *какао* (теоброминъ).

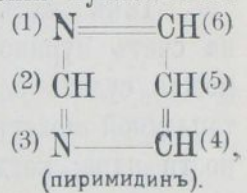
Кофеинъ $C_8H_{10}N_4O_2$ представляетъ пуринъ, въ которомъ Н второго и шестого звеньевъ замѣщены на O, а Н перваго, третьяго и седьмого звеньевъ замѣщены на CH_3 ; называется онъ 1-3-7-триметиль-2-6-ди-оксипуринъ:



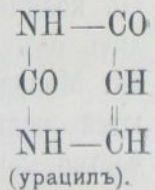
Теоброминъ $C_7H_8N_4O_2$ (алкалоидъ шеколада, какао) называется 3-7-диметиль-2-6-диокси-пуринъ.

Теофилинъ есть 1-3-диметиль-2-6-ди-оксипуринъ.

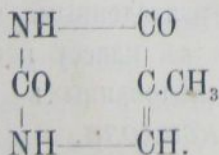
Производныя пириимидина. При расщепленіи нуклеиновыя кислоты даютъ, кромѣ пуриновыхъ основаній, еще производныя пириимидина. *Пириимидинъ* $C_4H_4N_2$ не встрѣчается въ свободномъ состояніи. Производными его являются *урацилъ, тиминъ* и *цитозинъ*.



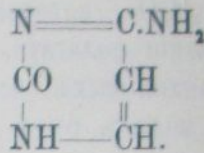
Урацилъ $C_4H_4N_2O_2$, или 2-6-ди-окси пириимидинъ, впервые былъ полученъ изъ нуклеиновой кислоты дрожжей; удалось добыть его также и синтетически.



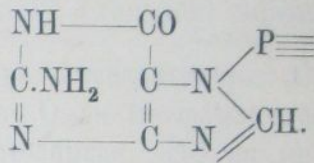
Тиминъ $C_5H_6N_2O_2$ (название отъ glandula thymus) представляетъ собою 5-метиль-2-6-ди-окси-пириимидинъ:



Цитозинъ $C_4H_5N_3O$, или 6-амино-2-окси-пиримидинъ.



Итакъ, въ составъ нуклеопротеидовъ входятъ тѣла пуринового и пиримидинового ряда, фосфорная кислота. Какъ всё эти вещества связаны въ нуклеопротеидахъ, неизвѣстно, но есть основаніе предполагать, что съ пуриномъ прежде всего соединяется фосфорсодержащая часть; для *гуанина*, напр., это можно представить въ такомъ видѣ:



При распаденіи нуклеопротеидовъ отщепляется фосфорная кислота, которая въ связанномъ состояніи выдѣляется мочей; пуриновыя же основанія попадаютъ въ кровь, а черезъ ея посредство въ органы, напр., печень, гдѣ и подвергаются окисленію. Такъ, *гипоксантинъ* $C_5H_4N_4O$, присоединяя одинъ атомъ O, переходитъ въ *ксантинъ* $C_5H_4N_4O_2$; а послѣдній, окисляясь — въ мочевую кислоту $C_5H_4N_4O_3$, которая и выдѣляется мочей. Мочевая кислота выдѣляется и въ томъ случаѣ, когда организмъ живетъ только на счетъ своего тѣла (при голоданіи); въ этомъ случаѣ матеріаломъ, изъ котораго образуется мочевая кислота, служатъ только нуклеопротеиды.

Такъ какъ мочевая кислота образуется изъ нуклеопротеидовъ на счетъ пуринового компонента, то по образованію ея въ организмѣ можно судить о дезинтеграціи клѣтки и ядра. Извѣстно, что съ протоплазмой могутъ происходить различныя измѣненія только при наличности ядра; когда же послѣднее дезинтегрировалось, клѣтка погибла. По количеству выдѣляемой организмомъ мочевой кислоты и можно судить объ интенсивности разрушительныхъ процессовъ въ клѣткахъ тѣла. Мочевая кислота образуется всегда, ибо ядра клѣтокъ разрушаются постоянно. Разныя индивидуумы выдѣляютъ неодинаковое количество мочевой кислоты; это значить, что одинъ организмъ изнашивается быстрѣе, другой медленнѣе.

Въ составъ нѣкоторыхъ нуклеиновыхъ кислотъ входитъ легко отщепляемая при кипяченіи съ разведенными минеральными кислотами углеводная группа, относящаяся къ классу пентозъ или гексозъ. Изъ большинства до сихъ поръ изслѣдованныхъ нуклеопротеидовъ выдѣленнымъ углеводомъ оказалась *ксилоза*.

Г л ю к о п р о т е и д ы .

Ко второй группѣ протеидовъ относятся *глюкопротеиды*, т. е. протеиды, которые при разложеніи распадаются на бѣлокъ и углеводъ или его производное, но не даютъ пуриновыхъ основаній; при гидролизѣ глюкопротеидовъ углеводная группа отщепляется или въ видѣ глюкозамина или въ видѣ продукта его конденсаціи, относящагося къ глюкозамину такъ, какъ, напр., гликогенъ относится къ глюкозѣ. Въ химическомъ отношеніи глюкопротеиды суть ясно выраженные *кислоты*, нерастворимы въ водѣ, а растворимы въ щелочахъ и амміакѣ, не свертываются при кипяченіи.

Представителями глюкопротеидовъ являются слѣдующія вещества.

I. Муциновыя вещества раздѣляются на истинныя муцины и муциноиды (мукоиды).

Муцины истинныя (бѣлокъ + полисахаридъ, дающій послѣ гидролиза глюкозаминъ) представляютъ собою коллоидныя вещества, образующія тягучіе, осаждаемые уксусной кислотой псевдорастворы (осадокъ совсѣмъ или очень трудно растворимъ въ избыткѣ кислоты). Они вырабатываются бокаловидными клѣтками слизистыхъ оболочекъ дыхательныхъ, пищеварительныхъ, желчныхъ, мочевыхъ и пр. путей, и, кромѣ того, железами (*glandula submaxillaris* и др.), покрываютъ названные пути въ видѣ слизи, котѣрая не что иное, какъ растворъ муцина. Слизь даетъ всѣ реакціи бѣлка и содержитъ глюкозаминъ. Разницей между животной слизью и растительной (камедь) служитъ то, что ядромъ первой является глюкозаминъ, а второй — пентоза.

Муциноиды (мукоиды) по своимъ особенностямъ (реакціи, составу и продуктамъ расщепленія) сходны съ муцинами; отличаются только отношеніемъ къ уксусной кислотѣ, которою не осаждаются. Они находятся въ хрящахъ, кожѣ, сухожиліяхъ, роговой оболочкѣ и стекловидномъ тѣлѣ и пр.

II. Хондропротеиды при гидролитическомъ расщепленіи даютъ бѣлокъ и эфиросѣрную кислоту, заключающую въ себѣ углеводъ, т. е. хондроитиносѣрную кислоту. Представителями этой группы являются *хондромукоидъ и амилоидъ*.

Хондромукоидъ входитъ въ составъ хряща, соединительной ткани и костей. Онъ нерастворимъ въ водѣ, разлагается разведенными щелочами и кислотами, даетъ цвѣтныя реакціи бѣлковъ. Продуктъ расщепленія хондромукоида — *хондроитиносѣрная кислота* не даетъ реакцій на бѣлокъ, растворима въ водѣ и вращаетъ плоскость поляризаціи влѣво. Продуктомъ дальнѣйшаго расщепленія (кипяченіе съ HCl) этой кислоты является *хондроитинъ* $C_{18}H_{27}NO_{14}$, который при дальнѣйшемъ кипяченіи даетъ *хондрозинъ* $C_{12}H_{21}NO_{11}$. Послѣдній уже при кипяченіи со щелочью распадается на *глюкозаминъ и глюкуроновую кислоту*.

Амилоидъ встрѣчается въ патологическихъ случаяхъ (амилоидное перерожденіе) въ печени, селезенкѣ, почкахъ и вообще въ паренхимѣ многихъ органовъ. Ему свойственна слѣдующая *цветная реакція*: онъ окрашивается въ краснобурый цвѣтъ отъ раствора іода и іодистаго кали (жидкость Lugo'я); эта окраска переходитъ въ фіолетовую или синюю отъ сѣрной кислоты. Амилоидъ нерастворимъ въ водѣ, спиртѣ, эфирѣ, растворахъ солей, растворяется въ щелочахъ и амміакѣ, даетъ многія цвѣтныя реакціи на бѣлокъ. Продуктами расщепленія являются бѣлокъ и хондроитиносѣрная кислота.

Хромопротеиды.

Третья группа протеидовъ, хромопротеиды, будетъ описана въ въ главѣ о крови.

III. А л ь б у м и н о и д ы .

Этотъ классъ бѣлковыхъ тѣлъ представляется не столько химической, сколько анатомической группой. Подъ альбуминоидами разумѣются вещества, образующія скелетъ тканей, кость, сухожилія, связки, хрящъ, кожу, эпидермисъ, волосы, ногти, копыта и рога. Эти вещества очень разнообразны, и невозможно дать имъ какой-нибудь общей химической характеристики, а приходится разсматривать ихъ съ точки зрѣнія фізіологическаго значенія. Они характеризуются своей полной нерастворимостью въ водѣ или растворимы въ ней при извѣстныхъ условіяхъ, напр., при продолжительномъ кипяченіи; крѣпкія кислоты и щелочи растворяютъ ихъ. Въ составъ альбуминоидовъ входятъ тѣ же элементы, при расщепленіи получаютъ тѣ же продукты, что и у другихъ бѣлковыхъ тѣлъ. Другой особенностью альбуминоидовъ является средство къ неорганическимъ солямъ, въ соединеніи съ которыми они сообщаютъ скелету прочную форму и прочную устойчивость.

Представители альбуминоидовъ.

Коллагенъ, или *клеядающее вещество*, главная составная часть волоконъ соединительной ткани и органической основы костной ткани. При кипяченіи съ водой онъ переходитъ въ растворъ подъ названіемъ *глутина* или *желатины* (животный клей). Желатина даетъ биуретовую реакцію, гидролитически расщепляется на аминокислоты, но не даетъ реакцій Millon'a и Adamkiewicz'a. Отсутствие этихъ реакцій показываетъ, что въ желатинѣ нѣтъ группы тирозина. Это объясняется тѣмъ, что желатина не поступаетъ извнѣ, а образуется въ тѣлѣ изъ бѣлковъ. Въ ней отсутствуетъ также группа триптофана. Слѣдовательно, при своемъ образованіи желатина утратила характеризующія бѣлковыя тѣла группы тирозина и триптофана и не можетъ

замѣнить бѣлки при питаніи. Продукты гидролитическаго разложенія коллагена тѣ же, что и желатины: лейцинъ, гликоколь, аспарагиновая и глютаминовая кислоты, аланинъ, фенилаланинъ.

Эластинъ входитъ въ составъ упругой соединительной ткани, сухожилій, связокъ (главнымъ образомъ lig. nuchae), встрѣчается также въ стѣнкахъ крупныхъ артерій. Онъ сообщаетъ тканямъ упругость, т. е. способность послѣ деформаціи принимать прежнюю форму. Эластинъ нерастворимъ въ водѣ, спиртѣ, эфирѣ; растворимъ въ крѣпкихъ кислотахъ, щелочахъ и отъ дѣйствія пепсина. Среди продуктовъ гидролитическаго расщепленія не получается индолъ, скатолъ, аспарагиновая и глютаминовая кислоты.

Кератинъ— главная составная часть роговой ткани, эпидермиса, волосъ шерсти, ногтей, копытъ, роговъ, перьевъ, щита черепахи; также находится онъ въ мозгу, нервахъ и оболочкѣ птичьяго яйца. Это вещество аморфно, при нагрѣваніи разлагается, нерастворимо въ водѣ, спиртѣ, эфирѣ, въ желудочномъ сокѣ, трипсинѣ, растворяется въ щелочахъ. Характернымъ для кератина является богатое содержаніе сѣры: въ волосахъ человѣка—5%, въ перьяхъ—3%, въ копытахъ—3%. Изъ продуктовъ разложенія очень много содержащихъ сѣру: тиомолочная кислота, цистинъ, сѣрнистый этиль, сѣроводородъ; даетъ реакціи Millon'a и ксантопротеиновую.

Скелетинъ—вещество, содержащее азотъ и представляющее у позвоночныхъ основу поддерживающихъ и покровныхъ тканей. Изъ представителей этой группы можно упомянуть о слѣдующихъ:

Спонгинъ, составляющій главную массу губки; онъ похожъ на кератинъ; обработкой щелочью и кислотами доказывается присутствіе въ спонгинѣ аминокислотъ;

конхиолинъ находится въ раковинахъ моллюсковъ и улитокъ;

фиброинъ—главная составная часть шелка (сырца); изъ продуктовъ разложенія заслуживаетъ вниманія *серинъ* (α -амино β оксипропионовая кислота).

Ферменты.

Общая понятія. Каждый организм представляет собою живую машину, въ которой запасы энергіи, получаемые извѣ, превращаются въ новыя различнаго вида формы. Источники энергіи у организмовъ растительныхъ и животныхъ различны. *Растительный организмъ* поглощаетъ лучистую энергію солнечнаго свѣта, съ помощью которой онъ изъ углекислоты, воды и нѣкоторыхъ солей строитъ сложныя химическія вещества, несущія въ себѣ огромное количество запасенной, потенціальной силы. *Животный организмъ* не обладаетъ приспособленіями растительнаго (хлорофиль) для воспріятія лучистой энергіи, и лишь прибѣгаетъ къ пользованію той энергіей, которая заключается въ пищевыхъ веществахъ (углеводы, жиры и бѣлки). Прежде чѣмъ войти въ составъ животныхъ клѣтокъ и тканей, пищевыя вещества должны подвергнуться цѣлому ряду превращеній; прежде всего они упрощаются, распадаясь на менѣе сложныя компоненты (*процессъ аналитическій*). И у растений, и у животныхъ организмовъ это упрощеніе происходитъ по одному плану при помощи своеобразныхъ реактивовъ, называемыхъ *ферментами* или *энзимами*. Пояснимъ это слѣдующимъ.

Подъ вліяніемъ дрожжевыхъ грибовъ изъ частицы винограднаго сахара образуются по двѣ частицы спирта и углекислоты: $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5.OH + 2CO_2$. Если же мы внесемъ дрожжевыя клѣтки въ растворъ дисахарида, напр., тростниковаго сахара, то передъ спиртовымъ броженіемъ тростниковый сахаръ, присоединяя частицу воды, распадается на виноградный и фруктовый сахара: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ — два новыхъ тѣла, не идентичныхъ, а только изомѣрныхъ между собою. И только послѣ такого предварительнаго упрощенія наступаетъ дальнѣйшее дѣйствіе дрожжевыхъ клѣтокъ въ сахарномъ растворѣ: изъ двухъ частицъ гексозъ образуется спиртъ и углекислота. Но оказывается, что дрожжевыя клѣтки можно убить, а процессъ броженія все таки не уничтожается; слѣдовательно, клѣтки оставили послѣ себя вещество, которое дѣйствуетъ, какъ химическій реактивъ (кислоты легко расщепляютъ сахаръ, но въ разсматриваемомъ примѣрѣ либо совсѣмъ не наблюдается присутствія кислоты, либо въ очень слабой степени). Эти вещества, выдѣляемыя клѣткой, растительной или животной, и ускоряющія медленно протекающія реакціи, называются *энзимами* или *ферментами*.

Добываніе ферментовъ. Изъ клѣтокъ и клѣточныхъ образованій энзимы можно получить различнымъ образомъ. Предварительно содержащіе ферментъ органы тщательно размельчаются, растираются, напр., съ чистымъ пескомъ, и затѣмъ настаиваются или съ водою или съ глицериномъ. Изъ настоя ферменты осаждаются спиртомъ. Такимъ путемъ добывается цѣлый рядъ порошковъ, растворы которыхъ, сдѣланные при опредѣленныхъ условіяхъ, способны производить тѣ же самыя химическія дѣйствія, которыя свойственны живымъ клѣткамъ соответствующаго органа.

Иногда при добываніи ферментовъ изъ клѣтокъ приходится прибѣгать къ помощи сильнаго давленія. Долго, напр., не удавалось выдѣлить изъ дрожжевыхъ клѣтокъ ферментъ спиртоваго броженія; въ концѣ концовъ пришлось мелко растертыя съ пескомъ или инфузорною землею клѣтки подвергнуть давленію въ 500—600 атмосферъ. Полученная при такомъ добываніи жидкость заключаетъ въ себѣ и *инвертазу* и ферментъ спиртоваго броженія, названный *зиминномъ* или *зимазою*.

Не всѣ фізіолого-химическіе процессы въ живомъ организмѣ могутъ быть пока объясняемы дѣйствіемъ ферментовъ.

Свойства ферментовъ. Всѣ ферменты растворимы въ водѣ и глицеринѣ и осаждаются спиртомъ.

Ферменты способны дѣйствовать только въ водной средѣ и обусловливаютъ разнообразнѣйшія химическія превращенія веществъ, то при присоединеніи воды, то окисляя кислородомъ воздуха, то вызывая внутримолекулярное перемѣщеніе атомовъ кислорода, то превращая растворимыя вещества въ твердую, свернутую форму.

Далѣе, оказывается, что ферменты при реакціи не истрачиваются количественно, не уничтожаются; они дѣйствуютъ на ходъ реакціи только своимъ присутствіемъ. Такого рода агенты, которые только своимъ присутствіемъ, не измѣняясь сами по себѣ, заставляютъ быстрѣе реагировать другія вещества, называются *каталитическими*, а дѣйствіе ихъ — *катализомъ*. Такъ, напр., при техническомъ добываніи сѣрной кислоты подвергаютъ сѣру обжиганію и получающійся сѣрнистый ангидридъ (SO_2) переводятъ въ сѣрный (SO_3) при помощи окисловъ азота, напр. N_2O_5 , которые во все время реакціи не измѣняются въ своемъ количествѣ, а являются только переносчиками кислорода: $\text{SO}_2 + \text{O} = \text{SO}_3$; $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$. Другимъ характернымъ катализаторомъ является губчатая платина, которая, сама по себѣ не измѣняясь, даетъ гремучему газу толчекъ къ образованію воды изъ двухъ атомовъ водорода и одного кислорода.

Кромѣ неизмѣняемости, другимъ важнымъ свойствомъ катализаторовъ является то, что для хода реакціи достаточно самаго небольшого количества его; удавалось получать ферменты въ такой степени актив-

ности, что, напр., миллиграммъ инвертина превращалъ 1000 граммовъ сахара; слѣдовательно, частица фермента превращала количество сахара въ 1.000.000 разъ больше.

Ферменты — спеціальныя катализаторы, такъ какъ каждый изъ нихъ оперируетъ надъ совершенно опредѣленнымъ, только ему соотвѣтствующимъ, веществомъ или веществами: инвертинъ дѣйствуетъ лишь на тростниковый сахаръ и совершенно индифферентно относится къ мальтозѣ.

Характерной чертой ферментовъ является также то, что для ихъ успѣшнаго дѣйствія требуются извѣстныя условія температуры. Оптимальная t° , т. е. такая, при которой реакція протекаетъ успѣшнѣе всего, равна 40°C ., т. е. близка къ t° тѣла животнаго организма. При повышеніи температуры до 41° — 45° не замѣчается никакихъ измѣненій въ дѣйствіи фермента; если же повысить температуру до 55° — 65° , то дѣйствіе ферментовъ мало по малу ослабляется и, наконецъ, совсѣмъ прекращается. При температурѣ 70° — 100°C . ферменты разрушаются, теряя способность катализировать процессъ.

Наконецъ, ферменты или совершенно не способны къ діализу или очень мало. Утверждаютъ, на основаніи нѣкоторыхъ изъ вышеописанныхъ свойствъ, что ферменты принадлежатъ къ классу бѣлковъ, такъ какъ они, какъ и бѣлки, не способны къ діализу, не выносятъ высокой температуры, и растворъ ихъ даетъ реакціи биуретовую и Millon'a. Но эти основанія пока еще очень слабы, потому что до настоящаго времени не удалось добыть ферментовъ химически чистыхъ, какъ химическіе индивидуумы, и въ получаемыхъ обычно препаратахъ ихъ могутъ быть примѣси бѣлковъ. Дѣло въ томъ, что ферменты могутъ прилипать, адсорбироваться къ совершенно инертнымъ веществамъ: если къ раствору H_3PO_4 прилить $\text{Ca}(\text{OH})_2$, то получится нерастворимая въ водѣ соль $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, и если растворъ фосфорной кислоты содержалъ въ себѣ ферментъ, то послѣдній увлекается $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и падаетъ съ нимъ на дно; если взять растворъ пепсина и бросить туда кусочки шелка, то пепсинъ прилипаетъ къ шелку настолько, что отмыть его можно лишь очень сильными средствами, напр., кислотой. Здѣсь происходитъ не химическая реакція, а лишь физическій процессъ, котормъ пользуются для добыванія того или другого фермента.

Кромѣ благопріятной t° и жидкой среды (вода), для успѣшнаго дѣйствія ферментовъ необходимы и другія условія: для дѣйствія пепсина необходима свободная соляная кислота, трипсинъ дѣйствуетъ лишь въ присутствіи незначительныхъ количествъ щелочныхъ солей (сода, фосфорнокислый натръ и т. д.); есть ферменты, которые дѣйствуютъ только въ нейтральной средѣ.

Далѣе, замѣчено, что дѣйствіе фермента отъ начала реакціи постепенно падаетъ. Ослабленіе дѣятельности всякаго фермента зависитъ

отчасти отъ накопленія продуктовъ реакціи. Здѣсь мы находимъ полную аналогію между ферментами и низшими организмами: и здѣсь и тамъ продукты дѣйствія, накапливаясь, прекращаютъ дѣятельность и ферментовъ и низшихъ организмовъ.

Классификація ферментовъ. Классификація ферментовъ основывается на отношеніи ихъ къ опредѣленнымъ веществамъ. Ферменты встрѣчаются на всѣхъ ступеняхъ жизни, начиная съ бактерій, растений и кончая высшими животными. Разница заключается лишь въ томъ, что ферментъ автономной клѣтки находится въ ней въ неособленномъ, а въ смѣшанномъ состояніи; въ животномъ же съ высокой организаціей ферменты локализируются въ опредѣленныхъ органахъ, главнымъ образомъ, въ железахъ пищеварительнаго тракта.

По своему дѣйствию ферменты раздѣляются на *гидролитическіе* и *негидролитическіе*, т. е. на такіе, подъ вліяніемъ которыхъ вещества расщепляются при воспріятіи частицы воды въ первомъ случаѣ и безъ участія воды въ другомъ.

Гидролитическіе ферменты.

Къ этому классу относятся ферменты, расщепляющіе слѣдующіе тѣла: 1) *углеводы и ихъ производныя*, 2) *жиры* и 3) *бѣлки*.

Ферменты, дѣйствующіе на углеводы.

Ферменты для полисахаридовъ (амилолитическіе).

Амилаза (діастаза). Растительный крахмалъ, отлагающійся въ сѣменахъ, клубняхъ и т. п., является веществомъ недѣятельнымъ и въ нужныхъ случаяхъ (при проростаніи растенія, а также во время пищеваренія у животныхъ) превращается въ новыя формы подъ дѣйствіемъ фермента *амилазы (діастаза)*. Подъ вліяніемъ его изъ крахмала получаютъ тѣ же переходныя формы, которыя наблюдаются при обработкѣ его кислотами: крахмалъ \rightarrow декстрины \rightarrow сахаръ. Но конечнымъ продуктомъ діастатическаго расщепленія крахмала является биоза (мальтоза), а не моноза (виноградный сахаръ).

Опытъ показываетъ, что при діастатическомъ расщепленіи въ жидкости появляется сразу и мальтоза и декстрины. Объяснить этотъ процессъ схематично можно слѣдующимъ образомъ: предположимъ, что одна частица воды присоединяется къ одной частицѣ крахмала:

$(C_{12}H_{20}O_{10})_n + H_2O = C_{12}H_{22}O_{11}$ (мальтоза) $+ (C_{12}H_{20}O_{10})_{n-1}$ (декстринъ, очень близкій къ крахмалу); отъ слѣдующаго присоединенія частицы воды: $(C_{12}H_{20}O_{10})_{n-1} + H_2O = C_{12}H_{22}O_{11}$ (мальтоза) $+ (C_{12}H_{20}O_{10})_{n-2}$ (новый декстринъ) и т. д. пока $(C_{12}H_{20}O_{10})_2 + 2H_2O = C_{12}H_{22}O_{11} + C_{12}H_{22}O_{11}$, т. е. до полного превращенія крахмала сначала въ весьма близкіе къ нему декстрины, затѣмъ болѣе отдаленные и, наконецъ, до превращенія всѣхъ декстриновъ исключительно въ биозы.

Само собою понятно, что эта схема не есть выражение действительности, так как трудно предположить, что крахмалъ и декстрины вступаютъ въ реакцію только съ одной частицей воды, но все же основа схемы остается правильной. Можетъ быть не одна частица воды, а нѣсколько сразу вступаютъ въ сочетаніе съ крахмаломъ, тогда получается не одна, а нѣсколько частицъ мальтозы: $(C_{12}H_{20}O_{10})_n + 5nH^2O = 5C_{12}H_{22}O_{11} + (C_{12}H_{20}O_{10})_{n-5}$ и т. д.

Амилазы находятся въ зеленыхъ частяхъ растений, главнымъ образомъ, въ листьяхъ. Солнечная энергія, подъ вліяніемъ хлорофила въ листьяхъ, превращается въ химическую въ процессъ, который современная лабораторная химія не въ состояніи повторить, а именно: изъ CO_2 и H_2O выдѣляется O_2 , а остатки соединяются въ CH_2O (альдегидъ муравьиной кислоты): $CO_2 + H_2O = O_2 + H.C \begin{smallmatrix} O \\ \lt \\ H \end{smallmatrix}$.

На этомъ синтезъ въ растительномъ царствѣ не останавливается: частица муравьиного альдегида полимеризуется, и получается сахаристое вещество: $6CH_2O = C_6H_{12}O_6$; процессъ оканчивается выдѣленіемъ изъ сахара n частицъ воды, что въ конечномъ результатѣ даетъ крахмалъ: $nC_6H_{12}O_6 - nH_2O = (C_6H_{10}O_5)_n$.

Полученный такимъ образомъ крахмалъ не остается въ зеленыхъ частяхъ растений инертнымъ, а подъ вліяніемъ амилазы переводится въ подвижную форму—въ растворимую мальтозу, въ видѣ которой и разносится ко всѣмъ частямъ растенія, нуждающимся въ питаніи. Замѣчено, что амилаза въ зеленыхъ листьяхъ больше всего образуется либо ночью, либо раннимъ утромъ; днемъ же она отсутствуетъ, такъ какъ въ это время происходитъ созиданіе крахмала, который затѣмъ долженъ быть, подъ дѣйствіемъ фермента, распределенъ въ различныхъ частяхъ растенія. Мы видимъ, что растеніе вырабатываетъ ферментъ тогда, когда оно въ немъ нуждается.

Амилаза вырабатывается не только растеніями, но также низшими и высшими животными: она находится въ слюнкѣ (*птиалинъ*), въ панкреатическомъ сокѣ, въ крови и мышцахъ и другихъ органахъ. Далѣе, амилаза находится въ печени, гдѣ она расщепляетъ гликогенъ (животный крахмалъ), отлагающійся въ качествѣ запаснаго пищевого продукта въ печеночныхъ клѣткахъ. Для доказательства того, что печень вырабатываетъ амилазу и что гликогенъ переводится въ сахаръ только при ея дѣйствиіи, даютъ полежать нѣкоторое время вырѣзанной печени хорошо накормленнаго углеводами животнаго; вскорѣ въ такой печени образуется сахаръ; но если ту же печень подвергнуть дѣйствию высокой температуры, то сахара не образуется, такъ какъ амилаза при высокой t^o погибаетъ.

Целлюлаза (цитаза). Укажемъ на ферментъ, исключительно встрѣчающійся въ растительномъ царствѣ. Извѣстно, что клѣтчатка очень прочна и требуетъ для своего расщепленія очень энергичный

реагентъ, напр., H_2SO_4 ; такимъ же энергичнымъ катализаторомъ является и *целлюлаза*. Необходимость ея видна а priori; есть сѣмена, у которыхъ клѣтчатка очень плотна, напр., въ финикѣ находится очень плотная косточка, и надо это прочное образование для проростанія разрыхлить, что и достигается ферментомъ, вырабатываемымъ сѣменемъ. Целлюлазу вырабатываютъ также растенія—паразиты, которымъ прежде, чѣмъ добраться до питательныхъ продуктовъ хозяина, необходимо расщепить покрывающую растеніе оболочку, состоящую преимущественно изъ клѣтчатки.

Здѣсь нужно упомянуть и объ *инулиназѣ*, разлагающей инулинъ.

Ферменты для дисахаридовъ.

Эту группу ферментовъ составляютъ *инвертирующие* или *энзимы*, которые переводятъ биозы въ монозы: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$. Конечный результатъ ферментации будетъ различенъ, смотря по тому, какой изъ сахаровъ подвергается дѣйствию фермента:

- 1) *тростниковый сахаръ* (сахароза) + H_2O = глюкоза + фруктоза;
- 2) *молочный сахаръ* (лактоза) + H_2O = глюкоза + галактоза;
- 3) *солодовый сахаръ* (мальтоза) + H_2O = глюкоза + глюкоза.

Для расщепленія каждаго изъ дисахаридовъ существуетъ особый ферментъ, а именно:

- 1) *инвертаза*—для тростниковаго сахара;
- 2) *мальтаза* „ солодоваго „
- 3) *лактаза* „ молочнаго „

Первые два фермента выдѣляются дрожжевыми клѣтками, а третій дрожжами молочнаго броженія. (Въ послѣднее время названія ферментовъ составляются изъ окончанія *аза*, а корнемъ названія берутъ субстратъ, на который онъ дѣйствуетъ, или названіе дѣйствія). Эти ферменты очень распространены и встрѣчаются тамъ, гдѣ и діастазы, такъ какъ діастазы доводятъ дѣло только до биозъ, дальнѣйшее расщепленіе которыхъ выпадаетъ на долю инвертирующихъ ферментовъ. Въ панкреатическомъ сокѣ, въ кишечникѣ, въ листьяхъ растеній наряду съ діастазомъ замѣчается присутствіе *мальтазы*; наряду съ *Saccharomyces cerevisiae* среди дрожжевыхъ клѣтокъ находятся *Saccharomyces kefir'a*, способный расщеплять молочный сахаръ. Относительно *лактазы* вышихъ животныхъ данныя противорѣчивы: у дѣтой въ сокѣ панкреатической железы замѣчается присутствіе лактазы, въ то время какъ панкреатическая железа взрослому не вырабатываетъ этого фермента.

Мы видимъ, что каждый изъ дисахаридовъ имѣетъ для себя специфическій инвертирующий ферментъ, который по своему химическому

строению долженъ очень тонко соответствовать тому веществу, которое онъ разлагаетъ.

Ферменты, дѣйствующіе на производныя углеводовъ.

Глюкозидные ферменты расщепляютъ *глюкозиды*, вещества, въ составъ которыхъ входитъ сахаръ (главнымъ образомъ виноградный) и какое-нибудь тѣло жирнаго или ароматическаго ряда (альдегидъ, спиртъ или кислота), напр.: $R(OH) + \text{CON} \cdot (\text{CHOH})_4 \cdot \text{CH}_2\text{OH} =$
 $= \text{H}_2\text{O} + R \cdot \text{O} \cdot \text{CH} \cdot (\text{CHOH})_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$. Глюкозиды очень распро-

странены въ природѣ и располагаются въ различныхъ органахъ растений (сѣмена, кора, листья, клубни). Большому числу глюкозидовъ соответствуетъ и большое число расщепляющихъ ихъ ферментовъ.

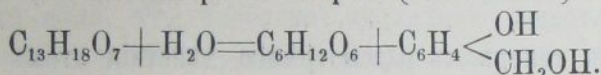
Эмульсинъ. И въ сладкихъ и въ горькихъ миндаляхъ, а также въ сѣменахъ вишни, сливы и др. находится глюкозидъ *амигдалинъ* ($\text{C}_{20}\text{H}_{27}\text{O}_{11}\text{N}$); въ нихъ же вырабатывается ферментъ *эмульсинъ*, вызывающій расщепленіе амигдалина: при присоединеніи двухъ частицъ H_2O послѣдній распадается на виноградный сахаръ, синильную кислоту и бензойный альдегидъ: $\text{C}_{20}\text{H}_{27}\text{NO}_{11} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 +$
 $+ \text{HCN} + \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CON}$. Замѣчательно то, что эмульсинъ, какъ и всѣ вышеприведенные ферменты, ведетъ расщепленіе въ совершенно опредѣленномъ направленіи; кислота и щелочь, хотя и являются катализаторами, но даютъ въ результатъ расщепленія амигдалина вещества почти или совсѣмъ не похожія на продукты расщепленія ферментомъ эмульсиномъ; при дѣйствіи кислотой получаемъ: $\text{C}_{20}\text{H}_{27}\text{NO}_{11} + 4\text{H}_2\text{O} =$
 $= 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{NH}_3 + \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{COOH}$ (миндальная кислота); при дѣйствіи щелочью имѣемъ: $\text{C}_{20}\text{H}_{27}\text{NO}_{11} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + \text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{O}_{13}$ (амигдалиновая кислота).

Дрожжевой ферментъ, получаемый наряду съ другими ферментами изъ дрожжевой клѣтки, хотя и дѣйствуетъ на амигдалинъ, но не доводитъ расщепленія до конца: $\text{C}_{20}\text{H}_{27}\text{O}_{11}\text{N} + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 +$
 $+ \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}(\text{CN}) \cdot \text{O} \cdot \text{CH} \cdot (\text{CHOH})_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$; такимъ образомъ,

дрожжевой ферментъ дѣйствуетъ мягче, эмульсинъ же ведетъ разложенеіе дальше, дѣйствуя на цѣпь въ мѣстахъ обозначенныхъ звѣздочками: $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \overset{*}{\text{CH}}(\text{CN}) \cdot \overset{*}{\text{O}} \cdot \text{CH} \cdot (\text{CHOH})_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CON} +$
 $+ \text{HCN} + \text{CON} \cdot (\text{CHOH})_4 \cdot \text{CH}_2\text{OH}$.

Изъ глюкозидовъ, на которые дѣйствуетъ эмульсинъ, можно ука-

зять также на *салицинъ* (въ ивовомъ деревѣ), расщепляющійся подъ вліяніемъ эмульсина на сахаръ и спиртъ (салигенинъ):



Мирозинъ. Этотъ ферментъ встрѣчается въ горчичныхъ сѣменахъ наряду съ глюкозидомъ *синигриномъ* (калійная соль мироновой кислоты), который подъ его дѣйствіемъ распадается на сахаръ, горчичное масло (роданистый аллилъ) и кислый сѣрнокислый калий:

$C_{10}H_{16}NS_2O_9K + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_3H_5N:C:S + KHSO_4$. Роданистый аллилъ обладаетъ характернымъ запахомъ, который проявляется также во время приготовленія горчицы.

Жироомыляющіе ферменты (липолитическіе).

Липазы. Подъ вліяніемъ этихъ ферментовъ жиръ при присоединеніи трехъ частицъ воды распадается на глицеринъ и жирныя кислоты: $C_3H_5(O.CO.C_{15}H_{31})_3 + 3H_2O = C_3H_5(OH)_3 + 3C_{15}H_{31}.COOH$. Липазы не являются строго опредѣленными ферментами: способная расщепить пальмитиновый жиръ, она можетъ сдѣлать тоже самое и со стеариновымъ. Онѣ вырабатываются животными организмами, принимающими въ пищу жиръ, а также встрѣчаются въ сѣменахъ, содержащихъ масла (конопля, макъ, подсолнечникъ, *ricinus communis* и мн. др.).

Необходимость присутствія жироомыляющихъ ферментовъ въ томъ и другомъ случаяхъ вполне понятна, такъ какъ жиры, носители громадныхъ тепловыхъ запасовъ, передъ сгораніемъ въ организмѣ должны распасться на свои компоненты. Также при проростаніи сѣмянъ маслянистыхъ растеній необходимо участіе жироомыляющихъ ферментовъ для того, чтобы перевести жиръ въ продукты легко растворяющіеся, способные перемѣщаться по растенію.

Ферменты, дѣйствующіе на бѣлки.

По способу дѣйствія эти ферменты раздѣляются на: 1) *протеолитическіе* (растворяющіе бѣлки) и 2) *свертывающіе бѣлки*.

Протеолитическіе ферменты растворяютъ бѣлковыя вещества и расщепляютъ ихъ на менѣе сложныя. Реакція эта носитъ характеръ гидролитическій. Ферменты эти встрѣчаются на всѣхъ ступеняхъ жизни, начиная съ бактерій и кончая человекомъ. Къ группѣ протеолитическихъ ферментовъ относятся: 1) *пепсинъ*, 2) *трипсинъ*, 3) *панайотинъ* и 4) *эрепсинъ*.

Пепсинъ и трипсинъ. Распространенность этихъ ферментовъ огромна. Прежде предполагали, что пепсинъ и трипсинъ является принадлежностью исключительно высшихъ животныхъ, но впоследствии было доказано, что они присутствуютъ у низшихъ животныхъ и растеній: существуютъ бактеріи, которыя разжижаютъ желатину, дѣйствуя подобно

пепсину и трипсину. Пепсинъ добывается изъ слизистой оболочки желудка, а трипсинъ изъ поджелудочной железы по общему вышеуказанному способу.

Перейдемъ теперь къ разсмотрѣнiю дѣйствiя этихъ ферментовъ на бѣлки. Наиболѣе характерно ихъ дѣйствiе выражается въ томъ, что свернутый, нерастворимый въ водѣ бѣлокъ они переводятъ въ растворимое состоянiе. Подобно тому, какъ крахмалъ, прежде чѣмъ перейти въ виноградный сахаръ, даетъ рядъ декстриновъ, такъ и нерастворимый бѣлокъ подъ влiянiемъ пепсина и трипсина образуетъ промежуточные продукты (альбумозы), прежде чѣмъ окончательно будетъ измѣненъ ферментами. Если расщепленiе бѣлковъ производится пепсиномъ, то оно останавливается на пептонахъ, трипсинъ же ведетъ расщепленiе еще дальше, до образованiя аминокислотъ:

п е п с и н ъ

бѣлокъ → альбумозы → пептоны → аминокислоты.

т р и п с и н ъ.

Альбумозы и пептоны несомнѣнно бѣлковые вещества, такъ какъ даютъ бѣлковыя реакцiи; аминокислоты же этихъ реакцiй не даютъ, значить бѣлковая молекула разрушена.

Нижеслѣдующая таблица представляетъ измѣненiя свойствъ *нативнаго* бѣлка, претерпѣваемая при расщепленiи протеолитическими ферментами:

	Свертываемость.	HNO ₃	CuSO ₄	NaCl	(NH ₄) ₂ SO ₄	Диализъ.
<i>бѣлокъ</i>	+	+	+	+	+	—
<i>альбумозы</i> первичн.	—	+	+	+	+	—
<i>альбумозы</i> вторичн.	—	—	—	—	+	+
<i>пептоны</i>	—	—	—	—	—	+

Изъ этой таблицы видно, что свертываемость убываетъ отъ исходнаго матеріала къ конечнымъ продуктамъ протеолитическаго расщепленiя. Бѣлки и первичныя альбумозы осаждаются HNO₃ и солями тяжелыхъ металловъ (CuSO₄), а вторичныя альбумозы и пептоны нѣтъ; далѣе, NaCl осаждастъ бѣлокъ и альбумозы первичныя, сѣрнокислый аммонiй высаливаетъ всѣ продукты, за исключенiемъ пептоновъ; наконецъ, способность къ диффузiи усиливается по направленiю къ пептонамъ: бѣлокъ и первичныя альбумозы совершенно не диффундируютъ, вторичныя альбумозы съ трудомъ, а пептоны довольно хорошо. Все

дѣло заключается въ томъ, что подъ вліяніемъ ферментовъ молекула бѣлка упрощается, дѣлается все меньшей и меньшей и въ формѣ пептоновъ настолько мала, что свободно проходитъ животныя и растительныя перепонки; но это упрощеніе сопровождается утратой нѣкоторыхъ свойствъ и приобрѣтеніемъ новыхъ, что ясно видно изъ данныхъ таблицы.

Пепсинъ дѣйствуетъ только въ кислой средѣ, а трипсинъ въ растворахъ, содержащихъ Na_2CO_3 или NaHCO_3 . При дѣйствіи пепсина бѣлокъ сначала набухаетъ, подъ дѣйствіемъ же трипсина раствореніе идетъ безъ набуханія. Набуханіе зависитъ не отъ дѣйствія фермента, а отъ кислоты (HCl), въ присутствіи которой онъ только и дѣйствуетъ, что доказывается опытомъ. Если въ каждую изъ трехъ пробирокъ, на днѣ которыхъ находятся кусочки фибрина, прилить въ одну HCl , въ другую желудочный сокъ (пепсинъ + HCl), въ третью трипсинъ съ Na_2CO_3 и поставить въ благопріятныя условія температуры, то замѣчается очень сильное разбуханіе фибрина только въ первой пробиркѣ (съ HCl); во второй сначала небольшое разбуханіе, затѣмъ неполное раствореніе; въ третьей же пробиркѣ весь фибринъ переходитъ въ растворъ.

✱ *Папайотинъ*. Въ 1875 г. *Дарвинъ* описалъ впервые классъ растений насѣкомоядныхъ съ особыми органами, которые вырабатываютъ сокъ, растворяющій тѣло насѣкомаго, попавшаго на листья этого растенія. Дѣйствіе соковъ этихъ растений, какъ оказалось, обуславливается нахожденіемъ въ нихъ ферментовъ, аналогичныхъ трипсину. Кромѣ этихъ ферментовъ насѣкомоядныхъ, въ сокъ нѣкоторыхъ растеній, наприм. въ млечномъ *Саріса рарауа*, содержится ферментъ, называемый *папайотиномъ*. Свойствами соковъ нѣкоторыхъ такихъ растений пользуются туземцы тропическихъ странъ, подвергая нѣкоторыя пищевыя вещества, напр., мясо, предварительному измѣненію подъ дѣйствіемъ этихъ соковъ: въ Остѣ-Индіи туземцы для размягченія заворачиваютъ твердое мясо въ листья *Саріса рарауа* (откуда названіе фермента). Аналоги трипсина также были найдены въ сокахъ плодовъ, дынь и нѣкоторыхъ пальмъ.

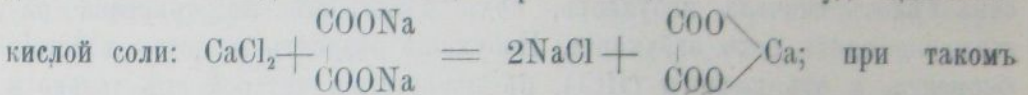
✱ *Эрепсинъ* встрѣчается въ кишечномъ сокѣ и еще больше въ слизистой оболочкѣ кишечника. Онъ не перевариваетъ бѣлковъ (за исключеніемъ казеина), но можетъ превращать альбумозы въ пептоны и еще дальше.

Ферменты, свертывающіе бѣлки.

Козинъ — *Сычужный ферментъ*, въ противоположность трипсину и пепсину, не разрушаетъ бѣлка, а свертываетъ его. Въ молокѣ находится въ видѣ кальціевой соли бѣлковое вещество *казеинъ*; при дѣйствіи кислотъ и нѣкоторыхъ бактерій казеинъ молока изъ раствореннаго со-

стоянія переходит въ нерастворимое и въ видѣ осадка падаетъ на дно сосуда; отъ дѣйствія сычужнаго фермента молоко свертывается. Процессъ свертыванія заключается въ томъ, что казеинъ подъ вліяніемъ сычужнаго фермента распадается на альбумозу и параказеинъ (продуктъ весьма близкій къ казеину), который съ солями Са даетъ нерастворимый осадокъ, называемый творогомъ.

Необходимость присутствія солей Са для процесса свертыванія доказывается осажденіемъ кальція при помощи какой-нибудь щавелево-



условіи сычужный ферментъ не свертываетъ молока. Можно сдѣлать два предположенія: либо сычужный ферментъ разрушается солями щавелевой кислоты, либо для процесса свертыванія необходимо присутствіе кальціевыхъ солей. Вѣрность второго предположенія доказывается тѣмъ, что лишь только къ полученной смѣси прибавить избытокъ солей кальція (CaCl_2), какъ быстро на глазахъ получается осадокъ въ видѣ творога. Такимъ образомъ, первое предположеніе приходится отвергнуть.

Способностью свертывать молоко обладаютъ нѣкоторые виды бактерий, а также цѣлый рядъ растений. Этимъ свойствомъ соковъ растительныхъ организмовъ издавна нѣкоторые народы пользуются для приготовления сыровъ.

О второмъ свертывающемъ бѣлки ферментѣ, именно, *тромбинъ*, рѣчь будетъ въ главѣ о крови.

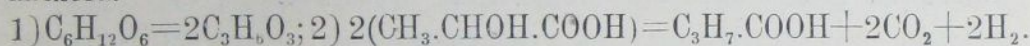
Ферменты, вызывающіе внутримолекулярное перемѣщеніе атомовъ кислорода. Эти ферменты разлагаютъ частицу на два или болѣе соединенія, изъ которыхъ одно является болѣе окисленнымъ, чѣмъ другое. Сюда принадлежатъ ферменты, вырабатываемые микроорганизмами 1) *спиртового*, 2) *молочнокислаго* и 3) *маслянокислаго* броженій.

Спиртовое броженіе. Ферментъ, вызывающій спиртовое броженіе, вырабатывается дрожжевыми грибами — *Saccharomyces cerevisiae*. Это — грибокъ овальной формы, размножающійся почкованіемъ, при чемъ вновь образовавшіяся клѣтки либо отрываются другъ отъ друга, либо остаются на мѣстѣ, образуя цѣпочки. Спиртовое броженіе было извѣстно давно, но только нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ узнали, что броженіе обуславливается жизнедѣятельностью этихъ организмовъ. Изъ одной частицы сахара при дѣйствіи этихъ организмовъ образуется спиртъ и углекислота: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$. Ферментъ этотъ называется *зимаза* и полученъ изъ дрожжей.

Молочнокислое броженіе. Видовъ бактерий, вызывающихъ молочнокислое броженіе, нѣсколько десятковъ, и наиболѣе замѣчатель-

ною является *Bacillus acidi lactici*. При дѣйствіи этой бактеріи происходитъ, подѣ влияніемъ вырабатываемаго ею фермента, простое расщепленіе винограднаго сахара: $C_6H_{12}O_6 = 2CH_3.CHOH.COON$ (молочная кислота). Это расщепленіе происходитъ и въ организмѣ человѣка, если находится эта бактерія.

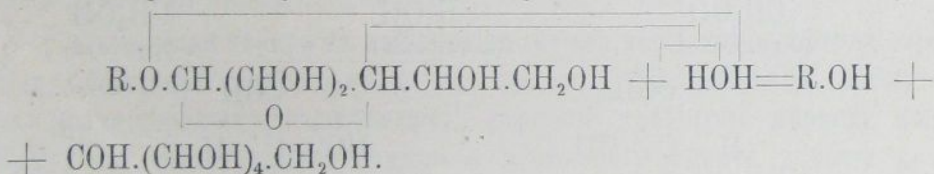
Маслянокислое броженіе. Результатомъ маслянокислаго броженія является масляная кислота. Это броженіе происходитъ въ коровьемъ маслѣ во время его порчи, и образующаяся кислота обладаетъ проніцательнымъ запахомъ. Во время маслянокислаго броженія сахаръ, подѣ влияніемъ вырабатываемаго бактеріей фермента, переходитъ сначала въ молочную кислоту, а затѣмъ получается масляная кислота:



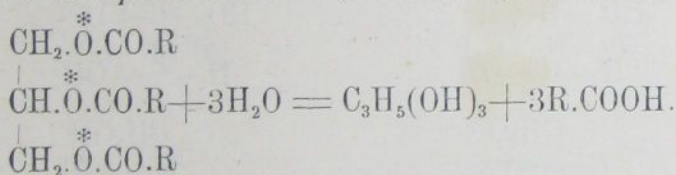
Общее заключеніе о ферментахъ.

Механизмъ дѣйствія ферментовъ. Оказывается, что при своемъ дѣйствіи ферменты реагируютъ только на опредѣленные связи, существующія въ разлагаемыхъ веществахъ.

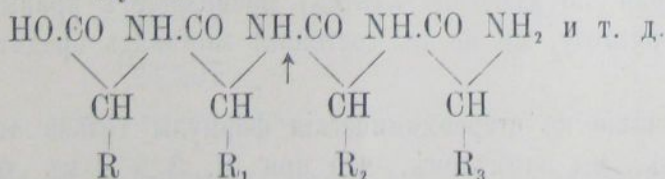
Такъ, *глюкозидные ферменты* образуютъ изъ глюкозида сахаръ и спиртъ, какъ это представляетъ слѣдующее уравненіе:



Липолитическіе ферменты дѣйствуютъ нѣсколько иначе, разрывая *кислородныя* связи (въ мѣстахъ, обозначенныхъ звѣздочкою):



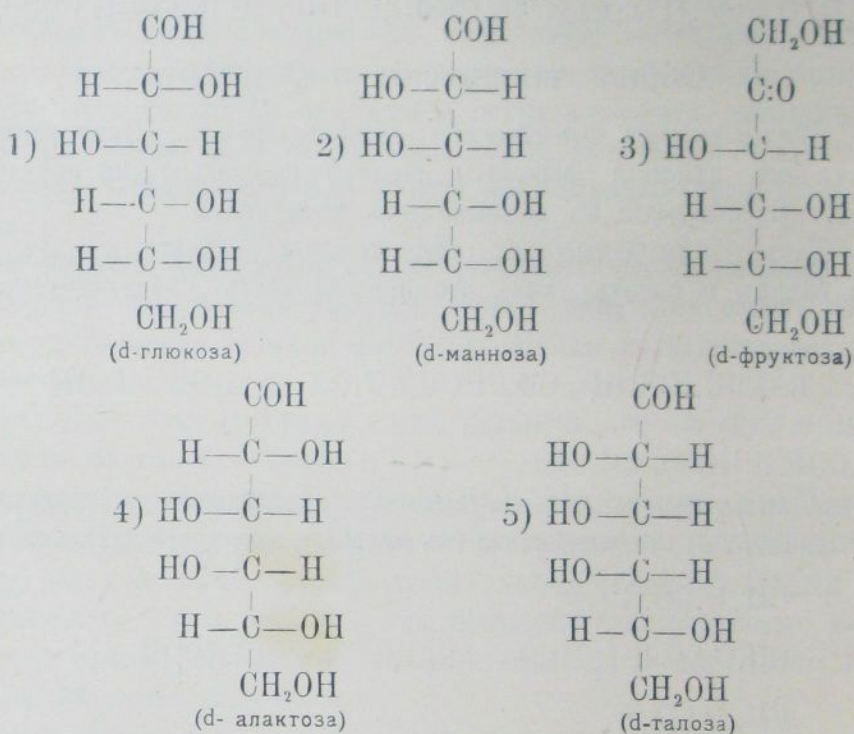
Другой характеръ дѣйствія имѣютъ *протеолитическіе ферменты*. Аминокислоты, изъ которыхъ состоитъ бѣлковая частица, соединены въ ней такъ, что карбоксильная группа связана съ аминогруппой слѣдующей кислоты:



При расщепленіи ферментъ разрываетъ связь въ опредѣленномъ мѣстѣ (указанномъ стрѣлкой); такъ что, если, напр., бѣлковая молекула состояла изъ 100 аминокислотъ, то ферментъ, положимъ, расщепляетъ

ее на альбумозы съ 30 и 70 аминокислотами; эти послѣднія въ свою очередь распадаются на альбумозы, болѣе отдаленныя отъ бѣлка, съ меньшимъ числомъ частицъ аминокислотъ и, наконецъ, на свободныя аминокислоты.

Приспособляемость ферментовъ. Изъ дрожжевыхъ клѣтокъ удалось получить ферментъ *зимазу*, дѣйствующій такъ же, какъ и сама клѣтка. Далѣе оказалось, что на одни изъ сахаровъ ферментъ дѣйствуетъ, на другіе нѣтъ, хотя эмпирическая формула сахаровъ одна и та же; причину этого явленія слѣдуетъ искать не въ ихъ физической и химической природѣ, а въ строеніи этихъ сахаровъ. Формулы сахаровъ $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COH}$ и $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_3\text{CO}\cdot\text{CH}_2\text{OH}$ стереохимически можно выразить слѣдующимъ образомъ:



Подъ дѣйствиємъ *Saccharomyces cerevisiae* бродятъ правая глюкоза, манноза и фруктоза, галактоза бродитъ трудно, а талоза совсѣмъ не подвергается процессу броженія; *Saccharomyces apiculatus* (болѣе слабая по дѣйствию клѣтка) превращаетъ правыя глюкозу, маннозу и фруктозу, но не въ состояніи заставить бродить правую галактозу.

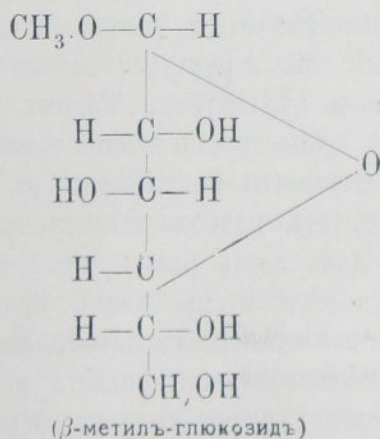
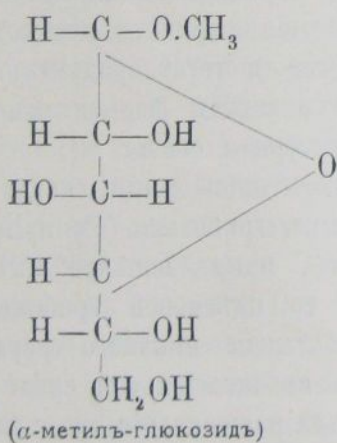
Обращая вниманіе на стереохимическія формулы только что упомянутыхъ сахаровъ, мы замѣчаемъ, что при 2, 3 и 4-мъ углеродномъ атомѣ первыхъ трехъ сахаровъ, считая снизу, гидроксильныя группы и водороды расположены совершенно одинаково, и существуетъ лишь разница при пятомъ углеродномъ атомѣ, не оказывающая боль-

шого дѣйствія на способность бродить; галактоза и талоза отличаются отъ первыхъ трехъ третьимъ углероднымъ атомомъ снизу, и этой маленькой разницы достаточно, чтобы эти сахара почти или совсѣмъ не были способны къ броженію. Далѣе, тѣ изъ сахаровъ наиболѣе легко бродятъ, у которыхъ по лѣвую сторону находится наибольшее число водородовъ, а по правую наименьшее; такъ, первый сахаръ (d-глюкоза) легко бродитъ, имѣя по лѣвую сторону три водородныхъ атома, а по правую одинъ; по этой же причинѣ способность къ броженію у второго, третьяго и четвертаго сахаровъ постепенно убываетъ и, наконецъ, талоза совершенно не бродитъ.

Расположеніемъ водородныхъ атомовъ и гидроксильныхъ объясняется также неспособность къ броженію лѣвыхъ сахаровъ (l-глюкоза, l-манноза, l-фруктоза), представляющихъ зеркальное изображеніе правыхъ.

Оказывается далѣе, что изъ большого числа *МОНОЗЪ* — $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_1\text{COH}$, $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_9\text{COH}$ и т. д., способны бродить триозы, гексозы, нонозы, остальные же не бродятъ; слѣдовательно, къ броженію способны сахара съ тремя углеродными атомами или кратными тремъ: бродятъ 3, 6, 9, 12 и т. д.; не бродятъ 4, 5, 7, 11 и т. д. Всѣ только что описанные признаки сахаровъ остаются вѣрными лишь только при дѣйствіи зимазы.

Обратимся теперь къ слѣдующей группѣ веществъ — *глюкозидамъ*. Рядъ фактовъ, относящихся къ процессу расщепленія, добытъ былъ на искусственныхъ глюкозидахъ, строеніе которыхъ хорошо извѣстно. Такъ, изъ винограднаго сахара и метиловаго спирта добыты два глюкозида, различно относящіеся къ поляризованному свѣту, но въ химическомъ отношеніи совершенно идентичные:



Разница въ послѣднихъ двухъ формулахъ только стереохимическая: въ первой группа $\text{O} \cdot \text{CH}_3$ расположена вправо, во второй влѣво, и этого достаточно, чтобы ферменты неодинаково относились въ каждому изъ этихъ веществъ. Оказалось, что *дрожжевой ферментъ* расще-

пляет α -метиль-глюкозидъ и не расщепляетъ β -метиль-глюкозидъ, *Эмульсинъ* же дѣйствуетъ наоборотъ:

	Дрожжевой ферментъ.	Эмульсинъ.
α -метиль-глюкозидъ	+	—
β -метиль-глюкозидъ	—	+

Изъ лѣвой глюкозы и метиловаго спирта было получено также два глюкозида, но на эти продукты дрожжевой ферментъ и эмульсинъ совершенно не дѣйствуютъ.

Если мы обратимся къ *биозамъ*, то увидимъ, что каждый изъ сахаровъ имѣетъ также специальный ферментъ, на него дѣйствующій. Въ послѣднее время удалось получить лабораторнымъ путемъ молочный сахаръ, который носить названіе *мелибиозы*. Мелибиоза отличается отъ естественнаго молочнаго сахара различнымъ отношеніемъ къ дрожжевому ферменту и эмульсину, что видно изъ слѣдующей таблицы:

	Дрожжевой ферментъ.	Эмульсинъ.
молочный сахаръ	—	+
мелибиоза	+	—

Весь вышеописанный рядъ фактовъ ясно показываетъ, что ферменты являются *катализаторами*, приспособленными къ определеннымъ тѣламъ и условіямъ: для дѣйствія фермента необходимо соотвѣтствіе въ структурѣ самаго фермента и того продукта, на который онъ дѣйствуетъ. Такимъ образомъ, между ферментомъ и веществомъ существуетъ очень тонкая структурная связь.

Ферменты появляются въ организмѣ лишь тогда, когда въ нихъ существуетъ надобность: если плѣсневымъ грибкамъ (*Penicillium glaucum*) дать легко растворимый субстратъ, напр., посѣять ихъ на винной кислотѣ и прибавить крахмалу, то плѣсневой грибокъ сначала питается винной кислотой, не вырабатывая никакого фермента; но какъ только винная кислота исчезаетъ въ питательной средѣ, грибокъ тотчасъ же вырабатываетъ ферментъ для расщепленія крахмала; также, если посѣять зерно въ средѣ, содержащей легко усвояемыя вещества, напр., виноградный сахаръ, то ферментъ не появляется; только по израсходованіи питательнаго продукта замѣчается появленіе фермента.

Пищевареніе.

Пищеварительные соки. Мѣстомъ, гдѣ въ животномъ организмѣ болѣе всего вырабатываются ферменты, является пищеварительный трактъ, выстланный железистыми клѣтками; слизистая оболочка его или железистыя образования, сообщающіяся съ нимъ при посредствѣ выводныхъ протоковъ, выдѣляютъ пищеварительные соки со специфическимъ дѣйствіемъ на различныя химическія вещества.

С л ю н а.

Свойства и составъ. Первымъ пунктомъ пищеварительнаго канала, гдѣ вырабатывается пищеварительный сокъ, служитъ полость рта со слюнными железами. Отдѣляемое этихъ железъ есть *слюна*. Въ составъ слюны входитъ сокъ трехъ паръ железъ (*Glandulae parotis, submaxillaris, sublingualis*), лежащихъ внѣ полости рта и открывающихся въ нее протоками. *Parotis* вырабатываетъ секретъ водянистый, подвижный, какъ вода; продукты же *подчелюстной и подъязычной железъ*—жидкости болѣе тягучія. Въ полости рта къ секретамъ только что упомянутыхъ железъ примѣшивается *слизь*, вырабатываемая слизистыми железами полости рта. Слюна вырабатывается железами непрерывно.

Такимъ образомъ, слюна представляетъ собою смѣсь выдѣленій железъ, расположенныхъ и внутри и внѣ полости рта. Профильтрованная слюна бѣлесовата, подвижна и слегка тягуча; удѣльный вѣсъ ея мало отличается отъ удѣльнаго вѣса воды: 1002—1005; она имѣетъ слабо щелочную реакцію вслѣдствіе присутствія въ ней Na_2CO_3 или NaHCO_3 въ количествѣ 0,06—0,08% и Na_2HPO_4 . Свѣжая слюна прозрачна, если же она постоитъ нѣкоторое время, то мутится, выдѣляя осадокъ CaCO_3 , вслѣдствіе улетучиванія свободной угольной кислоты, содержащейся въ слюнѣ (CO_2 , находясь въ свѣжей слюнѣ въ избыткѣ, обуславливаетъ растворимость CaCO_3). Наконецъ, изъ неорганическихъ веществъ въ слюнѣ находится KCNS и NaCNS , которые легко открываются реакціей съ солями желѣза: получается красное окрашиваніе, не исчезающее отъ соляной кислоты.

Въ слюнѣ находятся въ незначительныхъ количествахъ бѣлковыя вещества (глобулинъ, муцинъ, альбуминъ сывороточный). Важнѣйшей же составною частью слюны является ферментъ *птиалинъ*, соответствующій діастазу въ растеніяхъ. Птиалинъ слюны отличается очень

энергичнымъ дѣйствиємъ на крахмалъ, расщепляетъ его на декстрины, а затѣмъ въ мальтозу. Птиалинъ дѣйствуетъ только въ щелочной средѣ и, какъ только пищевой комокъ попадаетъ въ желудокъ, дѣйствіе его прекращается (желудочный сокъ обладаетъ кислой реакціей). Въ слювѣ хищныхъ животныхъ птиалина нѣтъ или очень мало, такъ какъ они проглатываютъ пищу, не размельчая ея.

Тягучесть слюны зависитъ отъ *муцина*. Муцинъ (кислотное вещество) не сообщаетъ слювѣ кислаго характера, такъ какъ существуетъ въ ней въ видѣ солей. Присутствіе муцина въ слювѣ обнаруживается уксусной кислотой, подъ вліяніемъ которой онъ осаждается (уксусная кислота отнимаетъ основаніе у муцина; осадокъ муцина отличенъ отъ нуклеоальбуминовъ тѣмъ, что не растворяется даже въ избыткѣ уксусной кислоты).

Физическое значеніе слюны. Помимо химическаго измѣненія крахмала слюна играетъ немаловажную роль въ пищеварительномъ актѣ, увлажняя и обволакивая пищевой комокъ, чѣмъ облегчается его передвиженіе по пищеводу. Хотя пища въ полости рта и остается короткое время, но вслѣдствіе энергичнаго дѣйствія птиалина успѣваетъ подвергнуться значительному химическому измѣненію только лишь въ части, состоящей изъ крахмала; другія же составныя части пищи измѣняются въ слѣдующемъ пунктѣ пищеварительнаго тракта (полость желудка).

Желудочный сокъ.

Добываніе сока. Для полученія чистаго, незагрязненнаго пищевыми веществами, желудочнаго сока профессоръ *И. П. Павловъ* предложилъ операцію, которая заключается въ томъ, что животному одновременно (или въ разное время) дѣлаютъ свищъ желудка и свищъ пищевода: первый даетъ возможность собирать желудочный сокъ, а второй обуславливаетъ то, что при кормленіи эзофаготомированнаго животнаго пища не попадаетъ въ полость желудка и такимъ образомъ не загрязняетъ собою энергично выдѣляющагося желудочнаго сока. При этомъ т. н. *мнимомъ кормленіи* отдѣленіе сока начинается черезъ 3—5 минутъ и продолжается около 1½—2 часовъ.

Оказывается, что желудочный сокъ, добываемый при мнимомъ кормленіи, является сокомъ т. н. *психическимъ*, такъ какъ онъ не вызывается актомъ жеванія и глотанія, а тѣми впечатлѣніями, которыя вызываетъ у животнаго пища и которыя рефлекторно передаются на *N. vagus*, отдѣлительный нервъ слизистой оболочки желудка. Кромѣ психическаго сока, желудокъ выдѣляетъ сокъ *химическій*, вырабатываемый слизистой оболочкою послѣ дѣйствія на нее химическихъ составныхъ частей пищи.

Тотъ же профессоръ *И. П. Павловъ* предложилъ комбинарованную операцію (на собакахъ), съ несомнѣнною подтверждающую это положеніе. Профессоръ *Павловъ* выдѣляетъ изъ желудка часть, сохраняющую въ себѣ вѣтви блуждающаго нерва, и дѣлаетъ изъ нея малый желудокъ, совершенно разобщенный отъ полости большого желудка, съ которымъ соединенъ мостикомъ изъ подслизистой, мышечной и серозной слоевъ. При опытахъ на такихъ собакахъ оказалось, что при мнимомъ кормленіи изъ малаго желудка также течетъ желудочный сокъ, слѣдовательно, въ немъ протекають тѣ же процессы, что и въ большомъ. Если же устроить не мнимое кормленіе, а настоящее (съ введеніемъ пищи въ желудокъ), то мы замѣчаемъ, что выдѣленіе сока продолжается не 1½—2 часа, а 8—10 часовъ. Слѣдовательно, къ психическимъ факторамъ присоединились какіе-то другіе, заставляющіе выдѣляться новое количество сока; этотъ сокъ и былъ названъ *химическимъ*.

Если въ желудокъ ввести мясо при помощи трубки такъ, чтобы животное не получало никакихъ ощущеній (вкусовыхъ, зрительныхъ), то выдѣленіе наступаетъ (+) не черезъ 5 минутъ, какъ въ первомъ опытѣ, а черезъ 15—20 минутъ и продолжается, какъ было сказано, 8—10 часовъ. Если же тотъ же опытъ сдѣлать съ крахмаломъ, жиромъ и нѣкоторыми другими веществами, то выдѣленіе совсѣмъ не наступаетъ. Слѣдовательно, не всѣ вещества вызываютъ выдѣленіе сока, почему и раздѣлили вещества на способныя (+) и неспособныя (—) вызывать выдѣленіе сока:

—	{ хлѣбъ, крахмалъ, жиръ, кислоты (въ растворахъ), щелочныя соли, нейтральныя соли;	+	{ мясо (сырое или вареное), пептоны, вода (въ малой степени).
---	--	---	--

Изъ этихъ опытовъ ясно, что только особые пищевые продукты дѣйствуютъ химически на слизистую оболочку желудка, заставляя ее выдѣлять т. н. *химическій* сокъ. При химическомъ раздраженіи стѣнокъ желудка мясомъ дѣйствуютъ не бѣлки и соли его, а экстрактивные вещества, заключенныя въ немъ.

Составъ и свойства желудочнаго сока. Чистый желудочный сокъ обладаетъ рѣзко кислой реакціей. Химическій анализъ показалъ, что въ желудочномъ сокѣ основаній имѣется меньше, чѣмъ требуется для связыванія Cl; слѣдовательно, часть хлора существуетъ въ видѣ свободной HCl, которая и обусловливаетъ кислую реакцію желудочнаго сока. Количество HCl въ желудочномъ сокѣ собаки равно 0,4‰—0,6‰; у человѣка 0,05‰—0,2‰. Тѣмъ исходнымъ ма-

теріаломъ, изъ котораго образуется соляная кислота въ желудкѣ, являются хлориды пищи и, главнымъ образомъ, NaCl: если кормить собаку мясомъ, лишеннымъ путемъ вывариванія хлоридовъ, то HCl не образуется.

Кромѣ свободной HCl, въ желудочномъ сокѣ содержатся слѣдующіе ферменты: *пепсинъ*, расщепляющій бѣлки, *сычужный ферментъ*, свертывающій казеинъ молока, и по новѣйшимъ данымъ, также *липаза*, омыляющая жиры. Относительно сычужнаго фермента въ настоящее время высказанъ взглядъ о полной его идентичности съ пепсиномъ, и свертываніе казеина разсматривается, какъ протеолитическое распаданіе этого бѣлка съ отщепленіемъ альбумозы и выпадающаго въ присутствіи кальціевыхъ солей параказеина.

Въ желудочномъ сокѣ находится также ничтожно малое количество роданистаго калия и солей.

Образованіе соляной кислоты. Что касается способа образованія изъ хлоридовъ пищи свободной HCl, то относительно этого существуетъ только болѣе или менѣе вѣроятныя предположенія. Такъ, предполагаютъ, что избытокъ CO₂ въ организмъ въ присутствіи воды можетъ вытѣснить HCl изъ ея солей: $NaCl + CO_2 + H_2O = NaHCO_3 + HCl$. Чтобы обосновать существованіе послѣдняго уравненія (наше уравненіе фиктивно, такъ какъ сейчасъ же должна была бы происходить обратная реакція между NaHCO₃ и HCl), предполагаютъ, что клѣтка въ моментъ образованія HCl тотчасъ же выдѣляетъ ее изъ своего тѣла на поверхность.

Значеніе соляной кислоты. Значеніе свободной HCl въ желудкѣ громадно. Прежде всего HCl является необходимымъ условіемъ для дѣйствія пепсина, который перевариваетъ бѣлковыя вещества только въ присутствіи HCl. Далѣе, HCl играетъ немаловажную роль въ качествѣ *антисептическаго агента*. вмѣстѣ съ пищей организмъ поглощаетъ много бактерій, большая часть которыхъ убивается соляной кислотой желудочнаго сока; погибаютъ даже стойкія бактеріи сибирской язвы (только споры противостоятъ разрушительному дѣйствію HCl желудочнаго сока). Уже *Spallanzani* было извѣстно предохраняющее отъ гніенія дѣйствіе кислаго желудочнаго сока. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда содержаніе HCl въ желудочномъ сокѣ сильно понижается или даже совершенно исчезаетъ, неудержимо развиваются въ полости желудка разнообразныя бродильныя процессы.

Измѣненная дѣйствіемъ желудочнаго сока пища малыми порціями въ видѣ т. н. пищевой кашицы постепенно переходитъ въ слѣдующій отдѣлъ пищеварительной трубки, именно, въ полость двѣнадцатиперстной и тонкихъ кишекъ. Здѣсь она подвергается воздѣйствію новыхъ пищеварительныхъ соковъ, именно, *поджелудочнаго и кишечнаго*, также и *желчи*, и пищевыя вещества дѣлаются годными не только

для всасыванія (резорбціи), но прежде всего для усвоенія (ассимиляціи).

Сокъ поджелудочной железы.

Добываніе сока. Для полученія панкреатическаго сока дѣлается свищъ поджелудочной железы; при этомъ выводной протокъ железы выводится наружу съ частью стѣнки двѣнадцатиперстной кишки, въ которую онъ выходитъ.

Условія выдѣленія поджелудочнаго сока. Физиологическая дѣятельность поджелудочной железы находится въ зависимости отъ состоянія желудка; функционированіе желудочныхъ железъ заставляетъ работать и поджелудочную железу только при условіи, если желудочный сокъ не остается въ полости желудка. Если мнимое кормленіе производитъ съ открытой фистулой, черезъ которую сокъ изъ желудка удаляется наружу, то панкреатическій сокъ не выдѣляется. Слѣдовательно, для выдѣленія панкреатическаго сока необходимо, чтобы желудочный сокъ переходилъ изъ полости желудка въ двѣнадцатиперстную кишку. Изъ составныхъ частей желудочнаго сока главное значеніе выпадаетъ, какъ оказывается, на долю HCl; такая роль HCl доказывается слѣдующимъ опытомъ: если соляную кислоту въ желудкѣ нейтрализовать щелочью, то выдѣленія поджелудочнаго сока не наступаетъ, и, наоборотъ, вливаніе въ двѣнадцатиперстную кишку HCl вызываетъ энергичную отдѣлительную дѣятельность панкреатической железы. Отдѣленіе сока у плотоядныхъ не непрерывно (у травоядныхъ поджелудочный сокъ выдѣляется постоянно). Оно начинается послѣ приѣма пищи, достигая своего maximum'a въ концѣ четвертаго часа; съ этого времени оно начинаетъ падать и черезъ 12—15 часовъ прекращается. За сутки панкреатическаго сока выдѣляется до одного литра (500—1000 куб. см.).

Роль соляной кислоты при выдѣленіи панкреатическаго сока. Роль HCl была выяснена, когда удалось въ кишкахъ открыть вещество *просекретинъ*, который можетъ быть извлеченъ изъ слизистой оболочки водой. Если соскобленную слизистую оболочку кишекъ облить слабымъ 0,4% растворомъ HCl и полученный настой впрыснуть въ кровь, то начинаетъ выдѣляться поджелудочный сокъ. Такое же дѣйствіе настоя получается и въ томъ случаѣ, если настой нейтрализованъ щелочью. Это служитъ очевиднымъ доказательствомъ того, что дѣло заключается не въ непосредственномъ дѣйствіи HCl на слизистую оболочку кишекъ. Кислота играетъ роль лишь *активатора*: она инертный, не вліяющій на *pancreas*, просекретинъ переводитъ въ другое вещество—*секретинъ*, которое, достигнувъ съ кровью поджелудочной железы, заставляетъ ее выдѣлять поджелудочный сокъ. *Просекретинъ* и *секретинъ* представляются соедине-

ніями до сихъ поръ неизвѣстнаго состава.

Кромѣ соляной кислоты, и жиры можно считать настоящими специфическими раздражителями поджелудочной железы.

Свойства и составъ сока. Сокъ поджелудочной железы, добываемый изъ свища, представляетъ собою безцвѣтную, прозрачную жидкость рѣзко щелочной реакціи, благодаря присутствію Na_2CO_3 въ количествѣ 0,2%—0,5%; кромѣ этого въ немъ находится фосфорнокислая известь. Кромѣ небольшого количества бѣлковъ, сокъ *pancreas'a* содержитъ четыре фермента: *трипсинъ*, дѣйствующій на бѣлковыя тѣла, *діастатическій ферментъ*, расщепляющій углеводы, *стеапсинъ* или *липаза*, дѣйствующій на жиры, наконецъ, *мальтаза*, расщепляющій мальтозу (солодовый сахаръ) на двѣ частицы винограднаго сахара, и *сычужный ферментъ* для свертыванія молока.

Относительно *трипсина* нужно отмѣтить, что онъ выдѣляется поджелудочною железой въ инактивной формѣ, въ видѣ *трипсиногена*, который подъ вліяніемъ *энтерокиназы* тонкихъ кишекъ переходитъ въ активный трипсинъ.

Кишечный сокъ.

Добываніе сока. Кишечный сокъ выдѣляется всѣми тремя отдѣлами тонкихъ кишекъ. Чтобы добыть чистый кишечный сокъ, выдѣляютъ часть кишечной петли, одинъ конецъ которой зашиваютъ наглухо, а периферическій вшиваютъ въ брюшную стѣнку (свищъ *Thiry*; *Vella* же вшиваетъ въ брюшную стѣнку оба конца кишки).

Составъ, свойства и значеніе кишечнаго сока.

Полученный такимъ образомъ кишечный сокъ представляется желтоватой опалесцирующей жидкостью *щелочной реакціи*, содержащею поваренную соль (0,5%) и углекислый натръ (0,25%), какъ кажется, въ совершенно постоянномъ отношеніи. Значеніе кишечнаго сока обуславливается въ пищеварительномъ процессѣ нахожденіемъ въ немъ различныхъ ферментовъ, главнымъ образомъ, расщепляющихъ полисахариды: *инвертазы*, *мальтазы*, *лактазы* (у молодыхъ животныхъ) и *амилазы*. Недавно (1901 г.) въ кишечномъ сокѣ былъ найденъ протеолитическій ферментъ *эрепсинъ*, который дѣйствуетъ не на всѣ первичныя бѣлки, какъ пепсинъ и трипсинъ, а лишь только на казеинъ молока; эрепсинъ дѣйствуетъ и очень энергично также на продукты протеолитическаго расщепленія бѣлковъ—альбумозы и пептоны, разрушая ихъ до аминокислотъ.

Далѣе, кишечному соку принадлежитъ важная роль въ превращеніи недѣятельнаго трипсина поджелудочной железы (*трипсиногена*) въ дѣятельный ферментъ. Если быстро вынутую и разрѣзанную на куски *pancreas* помѣстить въ глицеринъ, то получается глицериновая

вытяжка, не обладающая протеолитическимъ дѣйствиємъ. Если же дать железѣ полежать въ теченіе сутокъ или положить еѣ въ слабую кислоту, напр., салициловую, то получается дѣятельная глицериновая вытяжка. Отсюда очевидно, что въ железѣ есть какое-то вещество, которое или при лежаніи, или подѣ вліяніемъ кислоты переходитъ въ трипсинъ: это и есть *трипсиногенъ*. Панкреатическій сокъ, добытый изъ выводного протока железы такъ, что онъ не попадаетъ на слизистую оболочку тонкой кишки, имѣющейся около протока на каждой поверхности, также не перевариваетъ бѣлковъ и является инактивнымъ. Такой инактивный сокъ получаетъ энергичную переваривающую силу, если къ нему прибавить кишечнаго сока. Очевидно, что въ послѣднемъ имѣется активирующее трипсиногенъ вещество. Активаторомъ трипсиногена въ кишечномъ сокѣ является не кислота, а найденное въ послѣднее время вещество, получившее названіе *энтеро-киназы*, вопросъ о ферментативной природѣ которой еще не разрѣшенъ.

Изъ другихъ ферментовъ найдены еще *аргиназа*, расщепляющая аргининъ до орнитина и мочевины, *нуклеаза*, разлагающая нуклеиновые кислоты на фосфорную к. и ксантиновые основанія, и *липаза*, расщепляющая жиры.

Ж е л ч ь .

Желчь — продуктъ отдѣлительной дѣятельности печени — нельзя считать въ строгомъ смыслѣ слова пищеварительнымъ сокомъ, потому что въ ней не содержится расщепляющихъ пищевыхъ вещества ферментовъ; несмотря на это, желчь помогаетъ пищеварительному процессу и, являясь экскретомъ, уноситъ съ собой изъ организма продукты разрушительныхъ процессовъ въ животномъ тѣлѣ. Вырабатываемая печеночными клѣтками желчь по интралобулярнымъ протокамъ стекаетъ въ одинъ выводной протокъ — *Ductus hepaticus*, который, образовавши своимъ выпячиваніемъ желчный пузырь съ его *Ductus cysticus*, изливается въ среднюю треть двѣнадцатиперстной кишки; при этомъ на разстояніи отъ желчнопузырнаго протока онъ имѣетъ названіе *Ductus choledochus*.

Условія отдѣленія желчи. Изученіе желчеотдѣленія стало возможнымъ только послѣ наложенія свищей; при этомъ часть двѣнадцатиперстной кишки съ отверстіемъ *Ductus choledochus* вшивается въ брюшную рану. Оказывается, что отдѣленіе желчи происходитъ постоянно, непрерывно, но съ различною скоростью. Во-первыхъ, не существуетъ т. н. *психическаго* отдѣленія желчи, и соляная кислота не вызываетъ отдѣленія еѣ. Во-вторыхъ, обнаружилось, что теченіе желчи находится въ зависимости отъ періодическаго опорожненія содержимаго желудка. Для отдѣленія желчи существуетъ скрытый періодъ неодинаковой продолжительности: въ то время какъ при

отдѣленіи желудочнаго сока скрытый періодъ равняется около 5 м., при отдѣленіяхъ желчи онъ занимаетъ 10—60 минутъ. Различная продолжительность скрытаго періода обусловливается свойствомъ пищевыхъ веществъ, въ видѣ пищевой кашицы поступающихъ изъ желудка въ двѣнадцатиперстную кишку. Несомнѣнно, здѣсь происходитъ химическое раздраженіе пищевой кашицей слизистой оболочки кишки, которое путемъ рефлекса передается сфинктеру, закрывающему *Ductus chole- dochus*. Опытомъ было доказано, что не всѣ составныя части пищевой кашицы вліяютъ раздражающимъ образомъ на слизистую оболочку кишки, а лишь нѣкоторыя; такъ, напр., сахара, соляная кислота и крахмаль въ этомъ отношеніи не играютъ никакой роли; *раздражителями же являются альбумозы и, особенно, жиры*. Количество желчи, выдѣляемой человѣкомъ при физиологическихъ условіяхъ, колеблется въ очень широкихъ предѣлахъ и выражается 500—1000 куб. с. за сутки.

Роль желчи. Раньше предполагали, что желчи принадлежить антисептическое дѣйствіе, но такой взглядъ не вѣренъ, такъ какъ сама желчь способна гнить. Высказывалось также предположеніе, что желчь, раздражая стѣнку кишечкъ, вызываетъ перистальтическія сокращенія ихъ. Больше же всего роль желчи обусловливается дѣйствіемъ ея, подобнымъ кишечной энтерокиназѣ: если къ панкреатическому соку прибавить желчи и эту смѣсь заставить дѣйствовать на жиры, то *стеапсинъ* панкреатическаго сока начинаетъ развивать энергію въ 2—5 разъ большую, чѣмъ безъ желчи. Возможно, что стеапсинъ въ сокѣ поджелудочной железы не весь находится въ готовомъ состояніи, а часть въ видѣ стеапсиногена, и желчь, дѣйствуя на этотъ сокъ, либо переводитъ стеапсиногенъ въ стеапсинъ, либо ускоряетъ его жирорасщепляющее дѣйствіе.

Какъ щелочная жидкость, желчь нейтрализуетъ кислое содержимое желудка, обладаетъ эмульгирующей способностью—она эмульгируетъ жиры и тѣмъ создаетъ условія для лучшаго и болѣе полнаго ихъ омыленія.

Свойства и составъ. Являясь смѣсью секрета печеночныхъ клѣтокъ и слизи, отдѣляемой железами желчныхъ протоковъ и слизистой оболочкою желчнаго пузыря, желчь представляетъ собою жидкость низкаго удѣльнаго вѣса 1.001—1.004, щелочной реакціи. Цвѣтъ желчи у различныхъ животныхъ различный—отъ золотистожелтаго до синезеленаго. Вкусъ желчи горьковатый. При нагрѣваніи до кипѣнія желчь не даетъ свертка. Изъ минеральныхъ составныхъ частей въ желчи находятся, главнымъ образомъ, хлористыя соли Na и K, фосфорнокислыя и углекислыя соли Na, K, Ca, Mg и Fe. Хотя желчь производитъ впечатлѣніе густой жидкости, въ ней большое количество воды и мало твердыхъ составныхъ частей. Въ желчи всегда находится

нѣкоторое количество *слизи*, обнаруживаемой въ видѣ мути при обработкѣ желчи спиртомъ. Изъ органическихъ веществъ въ желчи содержится въ измѣняющихся количествахъ холестеринъ, лецитинъ, мыла, нейтральные жиры, мочевины, эфиросѣрные кислоты; но самую важную специфическую часть являются *желчныя кислоты* (resp. щелочныя соли) и *желчные пигменты*.

Представляя собою прозрачную жидкость, желчь при подкисленіи какой-нибудь минеральной кислотой даетъ осадокъ бѣлаго цвѣта, состоящій изъ нерастворимой въ водѣ *гликохолевой кислоты*; другой представитель желчныхъ кислотъ — *таурохолевая* — при этихъ условіяхъ не осаждается, такъ какъ растворима въ водѣ. Кромѣ этихъ кислотъ, какъ показали изслѣдованія различныхъ сортовъ желчи (быка, собаки, человѣка, рыбы), въ ней находится *холевая кислота* ($C_{25}H_{42}O_4$) и, наконецъ, *феллиновая кислота* ($C_{23}H_{40}O_4$) и др.

Желчныя кислоты.

Строеніе желчныхъ кислотъ. Остановимся на изученіи гликохолевой и таурохолевой кислотъ, какъ наиболѣе изслѣдованныхъ.

Гликохолевая кислота состоитъ изъ С, Н, О и N, *таурохолевая* же изъ С, Н, О, N и S. При кипяченіи со щелочью или кислотой гликохолевая кислота, воспринимая воду, распадается на гликоколь и безазотистую холевую кислоту: $C_{25}H_{43}NO_6 + H_2O =$

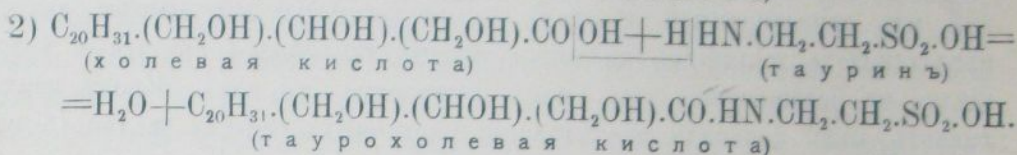
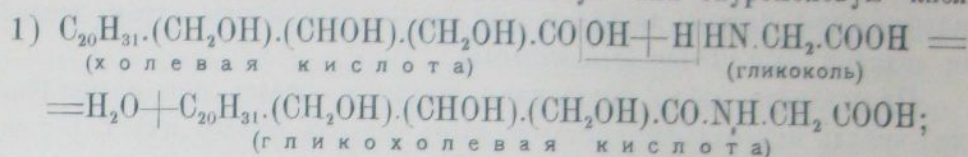
$= CH_2(NH_2).COOH + C_{24}H_{40}O_5$; таурохолевая же кислота распадается (гликохолевая кислота)

(г л и к о к о л ь) (холевая к.)
на тауринъ и холевую кислоту: $C_{26}H_{45}NSO_7 + H_2O = NH_2.C_2H_4.SO_2.OH +$
 $+ C_{24}H_{40}O_5$. (таурохолевая к.) (тауринъ)
(холевая к.)

Итакъ, *холевая кислота* есть ядро, изъ котораго образуется желчныя кислоты присоединеніемъ къ нему либо таурина, либо гликоколя.

Холевая кислота ($C_{24}H_{40}O_5$). Это есть дѣйствительно кислота, такъ какъ она имѣетъ водородъ, способный замѣщаться металломъ; такъ какъ такому замѣщенію можетъ подвергнуться лишь только одинъ атомъ водорода, то очевидно, что въ кислотѣ находится всего лишь одна карбоксильная группа — *холевая кислота одноосновна*. При окисленіи холевой кислоты получается соединеніе съ двумя альдегидными и одной кетонной группами. Такъ какъ до и послѣ окисленія карбоксильная группа остается безъ измѣненія, то она входитъ въ составъ холевой кислоты; альдегидныя же группы образуются при окисленіи первичныхъ спиртовыхъ группъ (CH_2OH), кетонная — при окисленіи вторичной спиртовой группы ($CHOH$). Относительно состоянія остальныхъ атомовъ углерода и водорода холевой кислоты ничего неизвѣстно; они составляютъ ядро $C_{20}H_{31}$ неизвѣстнаго строенія, которое по нѣкоторымъ даннымъ относятъ къ ряду *терпеновъ*.

Съ гликокольемъ и тауриномъ холевая кислота реагируетъ такимъ образомъ, что на счетъ гидроксила карбоксильной группы холевой кислоты и водорода аминогруппы гликоколя или таурина выдѣляется вода, остатки же соединяются въ гликохолевую или таурохолевую кислоту:



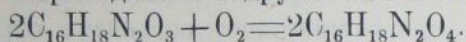
Реакція на желчныя кислоты. Желчныя кислоты содержатся въ желчи въ видѣ щелочныхъ солей, преимущественно натровыхъ. Всѣ желчнокислыя соли растворимы въ водѣ и алкогольѣ, но нерастворимы въ эфирѣ.

Реакція Pettenkofer'a. При осторожномъ нагрѣваніи съ концентрированной сѣрной кислотой и небольшимъ количествомъ тростниковаго сахара желчныя кислоты даютъ жидкость, интенсивно окрашенную въ вишневокрасный или краснофіолетовый цвѣтъ. Проба производится слѣдующимъ образомъ: въ фарфоровой чашечкѣ растворяютъ немного желчи въ небольшомъ количествѣ H_2SO_4 и нагрѣваютъ на водяной банѣ не выше $60^\circ - 70^\circ\text{C}$.; затѣмъ къ раствору по каплямъ приливаютъ 10% раствора тростниковаго сахара; въ присутствіи желчи смѣсь окрашивается въ пурпуровый цвѣтъ. Реакція протекаетъ одинаково, будемъ ли мы имѣть дѣло съ гликохолевой, таурохолевой или просто холевой кислотой. Сущность реакціи заключается въ томъ, что подъ влияніемъ H_2SO_4 при нагрѣваніи тростниковаго сахара образуется **фурфуролъ**, дающій съ холевой кислотой *resp.* съ продуктомъ ея разрушенія соединеніе опредѣленной окраски. Кромѣ желчныхъ кислотъ, ту же самую реакцію даютъ бѣлокъ, холеиновая кислота. Поэтому, получающуюся при реакціи Pettenkofer'a жидкость, разбавивши спиртомъ, подвергаютъ спектроскопическому изслѣдованію: получаютъ двѣ полосы поглощенія: одна—между D и E, рядомъ съ E, а другая между E и F, передъ F.

Желчные пигменты.

Окраска желчи зависитъ отъ присутствія въ ней пигментовъ. При физиологическихъ условіяхъ, въ человѣческой желчи встрѣчаются слѣдующіе желчные пигменты: **билирубинъ** ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_3$), **биливердинъ** ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_4$) и иногда **уробилинъ**. Билирубинъ придаетъ желчи желтобурое съ различными оттѣнками окрашиваніе. При стояніи желчь, окис-

ляясь, принимает зеленоватый цвѣтъ: билирубинъ, присоединя двѣ частицы кислорода, переходитъ въ другой пигментъ—биливердинъ:



Реакція на желчные пигменты.

Реакція Gmelin'a. Въ пробирку наливается небольшое количество HNO_3 (содержащей азотистую) и затѣмъ осторожно по стѣнкамъ ея приливаютъ растворъ пигмента такъ, чтобы обѣ жидкости расположились въ два слоя; на границѣ жидкостей образуется рядъ цвѣтныхъ колецъ въ порядкѣ сверху книзу: зеленое (биливердинъ), синее (билицианинъ), фиолетовое, красное и, наконецъ, красно-желтое. Реакція основана на томъ, что азотная к. окисляетъ билирубинъ, и въ результатѣ получаются различные его производныя, отличающіяся по цвѣту.

Реакція Hammarsten'a. Другая очень чувствительная реакція на желчные пигменты была предложена *Hammarsten'омъ*. Приготавливается смѣсь изъ одного объема HNO_3 (25%) и 19 объемовъ HCl (25%); одинъ объемъ этой кислотной смѣси разводится четырьмя объемами алкоголя. Если мы къ полученной такимъ образомъ смѣси будемъ по каплямъ приливать растворъ билирубина, то получимъ очень рѣзкое зеленое окрашивание, наверху переходящее въ синее. Такимъ образомъ, въ этомъ случаѣ реакція останавливается на биливердинѣ и билицианинѣ. Если же въ пробирку съ новымъ пигментомъ влить дымящейся HNO_3 , то зеленая окраска переходитъ поочередно во всѣ цвѣта шкалы *Gmelin'a*, кончая желтовато-краснымъ, и, наконецъ, спустя опредѣленный промежутокъ времени, жидкость обезцвѣчивается—получается разрушеніе пигментовъ.

Химизмъ приготовления составныхъ частей желчи.

Мѣсто образованія желчныхъ кислотъ. Если наложить лигатуру на *Ductus choledochus*, то черезъ нѣкоторое время желчь начинаетъ всасываться лимфатическими сосудами печени и черезъ грудной протокъ достигаетъ крови; послѣдней она приносится въ почки, черезъ которыя удаляется нѣкоторая часть, а также въ кожу, которой придаетъ т. н. желтушную окраску (желтуха). При одновременной перевязкѣ *Ductus choledochus* и *Ductus thoracicus* въ крови нельзя было найти и слѣдовъ желчныхъ кислотъ. Если же перевязать не только *Ductus choledochus*, но и кровеносные сосуды, приносящіе кровь къ печени, то высокоорганизованными животныя такой операціи не выдерживаютъ и погибаютъ, птицы же хорошо переносятъ не только операцію, но даже полное удаленіе печени. Послѣ такой операціи найдено, что у животныхъ нельзя было ни въ крови, ни въ тканяхъ

найти желчныхъ кислотъ. Отсюда слѣдуетъ, что первая специфическая составная часть желчи, *желчныя кислоты, образуется въ печени*. Въ какомъ мѣстѣ животнаго организма образуются возникающіе изъ бѣлковъ *гликоколь и тауринъ*, не извѣстно; сочетаніе же гликоколя и таурина съ холевой кислотой въ желчныя кислоты происходитъ въ печени. О происхожденіи несодержащихъ азота холевыхъ кислотъ ничего неизвѣстно.

Мѣсто образованія желчныхъ пигментовъ. Что касается *желчныхъ пигментовъ*, то они могутъ образоваться и въ другихъ органахъ, помимо печени, которая при физиологическихъ условіяхъ является почти исключительно мѣстомъ образованія красящихъ веществъ печени. Исходнымъ матеріаломъ для образованія желчныхъ пигментовъ признаютъ красящее вещество крови—*гемоглобинъ*, изъ распада котораго происходитъ пигментъ желчи. Гемоглобинъ есть сочетаніе бѣлковаго тѣла—*глобина* и небѣлковаго—*гематина*; послѣдній, содержа въ себѣ все Fe гемоглобина, имѣетъ формулу: $C_{32}H_{32}N_4O_4Fe$. Уже изъ формулъ видно, что гематинъ очень сходенъ съ билирубиномъ. Многими изслѣдователями было доказано, что, когда происходитъ распадъ красныхъ кровяныхъ шариковъ, въ желчи появляется повышенное количество билирубина. Далѣе, доказали также, что изъ гемоглобина могутъ образоваться въ тканяхъ желтоокрасные пигменты, дающіе реакцію *Gmelin'a*. Распадъ красныхъ кровяныхъ шариковъ, вызываемый *выпрыскиваніемъ* въ кровь дистиллированной воды, хлороформированіемъ животнаго, также при вдыханіи AsH_3 (мышьяковистаго водорода), совершается такъ энергично и въ такихъ большихъ предѣлахъ, что происходитъ чрезмѣрное обогащеніе желчи красящими веществами, ведущее къ желтухѣ всего тѣла. Если удалить печень и отравить животное AsH_3 , то желтухи не образуется. Этотъ опытъ показываетъ, что и *пигментъ желчи образуется* почти исключительно *въ печени изъ красящаго вещества крови*.

Сравненіе формулъ гематина и билирубина показываетъ, что для образованія желчнаго пигмента изъ гематина надо къ послѣднему, удаливъ Fe, прибавить двѣ частицы воды: $C_{32}H_{32}N_4O_4Fe - Fe + 2H_2O = 2C_{16}H_{18}N_2O_3$. При образованіи билирубина получается избытокъ, который не выдѣляется изъ печени, а отлагается въ послѣдней въ видѣ богатаго имъ пигмента или въ связи съ бѣлковымъ тѣломъ.

Что касается зависимости между образованіемъ въ печени желчныхъ пигментовъ и желчныхъ кислотъ, то изслѣдованія показали, что выработка тѣхъ и другихъ является результатомъ обособленной дѣятельности печеночныхъ клѣтокъ: при увеличенномъ образованіи желчныхъ пигментовъ падаетъ образованіе желчныхъ кислотъ, а доставка печени гемоглобина хотя и вызываетъ сильно увеличенное образованіе билирубина, но одновременно задерживаетъ выработку желчныхъ кислотъ.

Желчные камни.

Отклоненіемъ отъ нормальнаго состоянія желчи являются желчные камни, образующіеся въ желчномъ пузырьѣ, откуда они попадаютъ въ выводные протоки. Эти камни бываютъ трехъ родовъ: 1) *холестериновые*, 2) *пигментные* и 3) *изъ солей кальція*.

Холестериновые камни состоятъ только изъ холестерина, нерастворимы въ водѣ, по вѣсу очень легки (плаваютъ въ водѣ) и кристаллическаго строенія. Они наиболѣе часто встрѣчаются у человѣка и почти всегда у рогатаго скота.

Пигментные камни состоятъ изъ кальціевыхъ солей билирубина, тяжелѣе предыдущихъ, бураго цвѣта и не имѣютъ кристаллическаго строенія. Они рѣдко встрѣчаются у человѣка.

Третій родъ камней состоитъ изъ нерастворимыхъ углекислыхъ и фосфорнокислыхъ солей кальція. Эти камни наиболѣе рѣдко встрѣчаются въ желчи человѣка.

Общія заключенія о пищевареніи.

Разсмотримъ сначала дѣятельность каждаго пищеварительнаго органа въ отдѣльности, а затѣмъ кишечнаго тракта въ цѣломъ.

Дѣятельность желудка. Желудокъ, являющійся мѣстомъ химическихъ превращеній пищи и ея дезинфекціи (въ слѣдствіе присутствія свободной соляной кислоты), въ отношеніи опорожненія можно раздѣлить на двѣ части: дно и пилорическую часть. Эти части функционально различны, такъ какъ на днѣ желудка мы никогда не замѣчаемъ перистальтическихъ движеній, въ то время какъ эти движенія свойственны пилорической его части. Наблюденія надъ опорожненіемъ желудка и дальнѣйшимъ передвиженіемъ пищи, производимыя при помощи Рентгеновскихъ лучей (къ пище примѣшиваются соли *Ві*, задерживающія лучи) или фистуль *Duodeni* и желудка, показываютъ, что опорожненіе совершается не непрерывно, а черезъ извѣстные промежутки. Движеніе пищи обусловливается перистальтикой пилорической части и дѣятельностью запирающей мышцы *Pylori*, при чемъ при закрытомъ *Sphincter pylori* пища въ *Antrum pylori* только перемѣшивается, при открытомъ же гонится въ слѣдующій отдѣлъ желудочно-кишечнаго тракта.

Періодическое открываніе и закрываніе *Pylori* зависитъ отъ содержанія пищи въ кишкахъ. Для доказательства этого въ фистулу *Duodeni* вводится канюля изъ двухъ трубокъ: одна ведетъ въ полость желудка, другая—въ полость двѣнадцатиперстной кишки. Если въ желудокъ черезъ первую канюлю ввести 200 куб. с. воды, то черезъ полчаса въ желудкѣ остается 20—30 куб. с. воды. Если же въ желудокъ влить тоже количество воды (200 кб. с.), а въ кишку жиръ, то

черезъ тѣ же полчаса въ желудкѣ окажется 180 кб. с. воды. Еще болѣе медленно опорожненіе желудка происходитъ, если во вторую канюлю ввести HCl. Эти опыты наглядно показываютъ, что HCl и жиръ, находясь въ отдѣлахъ кишки, близкихъ къ *Pylorus*'у, дѣйствуютъ рефлекторно на послѣдній, заставляя его совершать ритмическія движенія, различныя въ зависимости отъ того, какъ скоро передвинется жиръ по кишечнику и когда нейтрализуется соляная кислота. Эти опыты позволяютъ также сдѣлать заключеніе, что *скорость передвиженія пищи и опорожненіе желудка зависятъ отъ характера пищи.*

Расположеніе и судьба пищи въ желудкѣ. Теперь перейдемъ къ вопросу о томъ, до какой фазы доходитъ превращеніе пищи въ желудкѣ. Птіалинъ дѣйствуетъ въ полости рта на крахмаль лишь въ теченіе нѣсколькихъ секундъ пребыванія пищевого комка въ полости рта; затѣмъ пища проходитъ въ желудокъ, кислый сокъ котораго долженъ убить дѣятельность птіалина. Но оказывается, что въ желудкѣ продолжается дѣятельность птіалина. Чтобы разрѣшить такое на первый взглядъ невозможное положеніе, необходимо принять во вниманіе всѣ условія, въ которыхъ находится пища въ желудкѣ. Дѣло въ томъ, что дно желудка, подобно каучуковому пузырю, легко растяжимо. Пища, растягивая дно желудка, располагается въ немъ по времени поступленія такъ, что первая порція непосредственно прилегаетъ къ слизистой оболочкѣ дна, вторая вдавливаясь въ середину перваго комка, слѣдующая порція входитъ внутрь предыдущей и т. д. Этотъ фактъ имѣетъ очень важное значеніе, ясно показывая, что пища въ желудкѣ находится на различныхъ стадіяхъ перевариванія: та пищевая порція, которая будетъ непосредственно прилегать къ слизистой оболочкѣ желудка, раньше начнетъ подвергаться дѣйствию кислаго желудочнаго сока, до центральной же части диффузія соляной кислоты не доходитъ такъ быстро и легко и, слѣдовательно, тамъ птіалинъ можетъ свободно продолжать свое дѣйствіе.

Такъ какъ въ днѣ желудка давленіе очень слабое (6—8 мм. водяного столба), то подъ его влияніемъ могутъ удаляться только жидкія составныя части пищи, которыя, очевидно, лежатъ у стѣнокъ желудка тамъ, гдѣ на нихъ дѣйствуетъ желудочный сокъ. Когда первая жидкая порція пищи удаляется, желудочный сокъ дѣйствуетъ на новыя порціи пищи, разжижая ихъ и т. д., до тѣхъ поръ, пока все содержимое желудка не перейдетъ въ кишечникъ.

Опорожненіе желудка. Относительно быстроты опорожненія желудка въ зависимости отъ различныхъ сортовъ пищи и питья имѣются слѣдующія данныя. *Вода* не всасывается слизистой оболочкою желудка: если въ желудокъ ввести водный растворъ сахара и солей, то оказывается, что сахаръ и соли всасываются, а вода цѣли-

комъ переходитъ въ кишечникъ; *МОЛОКО* подъ вліяніемъ сычужнаго фермента раздѣляется въ желудкѣ на двѣ части—творогъ и сыворотку, при чемъ послѣдняя сейчасъ же начинаетъ покидать желудокъ, творогъ же остается въ желудкѣ и подвергается дѣйствію желудочнаго сока, разжижается и мало по малу переходитъ въ кишечникъ; *МЯСО* покидаетъ желудокъ животного почти вполнѣ перевареннымъ: у собаки съ кишечной фистулой, послѣ кормленія мясомъ, содержащимъ 18 gr. бѣлка, найдено, что около 30% бѣлка исчезло (очевидно всосалось слизистой оболочкой), около 20% не успѣло перевариться, а около 48% бѣлка оставило желудокъ въ видѣ альбумозъ и пептона; слѣдовательно, лишь $\frac{1}{5}$ бѣлка не успѣла подвергнуться расщепленію желудочнымъ сокомъ въ полости желудка.

Слѣдующее перечисленіе указываетъ, какъ быстро (въ нисходящей степени) пища покидаетъ полость желудка: а) вода, б) водные растворы углеводовъ и солей, с) смѣсь углеводовъ и бѣлковъ, д) бѣлки, е) жиры, ф) бѣлки + жиры. Послѣдняя смѣсь въ особенности долго задерживается въ полости желудка, такъ какъ на стѣнку кишечника дѣйствуетъ не только кислая пищевая смѣсь, но и жиръ, что и создаетъ очень сильный рефлексъ, результатомъ котораго является болѣе продолжительное замыканіе сфинктера. Предположеніе, что жирная пища переваривается плохо—не вѣрно. Жирная пища прекрасно переваривается ферментомъ желудочнаго сока, но лишь въ сравненіи съ другими пищевыми продуктами больше застываетъ и отягчаетъ такимъ образомъ желудокъ. Слѣдовательно, здѣсь дѣло въ пребываніи пищи въ желудкѣ. У взрослого твердая пища нормально остается въ полости желудка 6—8 час.

Судьба пищи въ кишечникѣ. Оставляя желудокъ, пищевая кашка, имѣющая сильно кислую реакцію, поступаетъ въ кишечникъ и первое, что происходитъ съ ней въ послѣднемъ, это нейтрализація кислыхъ свойствъ благодаря щелочности поступающихъ въ полость трубки секретовъ слизистой оболочки самой кишки, поджелудочной железы и печени. Такимъ образомъ, пищеварительное дѣйствіе кислаго желудочнаго сока на пищу въ тонкихъ кишкахъ прекращается, здѣсь пищевыя вещества подвергаются дѣйствію ферментовъ кишечнаго и поджелудочнаго соковъ. *Крахмалъ* очень легко въ полости тонкой кишки переходитъ въ декстрины, а затѣмъ въ мальтозу, которая подъ вліяніемъ фермента мальтазы превращается въ 2 частицы винограднаго сахара. *Жиры* отчасти превращаются и въ желудкѣ, но главная доля расщепленія принадлежитъ липолитическимъ ферментамъ кишечнаго и поджелудочнаго соковъ. До дѣйствія ферментовъ жиръ въ кишечникѣ эмульгируется. Это происходитъ подъ вліяніемъ желчи и щелочей, но при этомъ необходимо, чтобы часть жира была обращена въ глицеринъ и жирныя кислоты. Если для опыта взять чистую воду и встряхнуть съ олеиновымъ жиромъ, то получится эмульсія, которая очень

скоро пропадаетъ, такъ какъ вода и жиръ начинаютъ отдѣляться другъ отъ друга; если же тотъ же жиръ, отчасти распавшійся на глицеринъ и жирную кислоту, встряхнуть со щелочью, то получается прочная эмульсія. Состояніе жира въ видѣ эмульсіи очень важно, такъ какъ поверхность жировой капли, разбивающейся на микроскопически мелкія капельки, увеличивается во много разъ и, такимъ образомъ, ферментамъ дается возможность дѣйствовать значительно энергичнѣе.

Въ полости кишечной трубки имѣются *ферменты*, расщепляющіе всѣ виды питательныхъ веществъ — и *бѣлки* (трипсинъ, эрепсинъ) и *жиры* (липазы—стеапсинъ) и *углеводы* (амилолитическій ферментъ поджелудочнаго сока, инвертинъ, мальтаза, лактаза). Лактаза встрѣчается у млекопитающихъ животныхъ, главнѣмъ образомъ, въ раннюю пору ихъ жизни, и расщепляетъ единственный углеводъ, именно, молочный сахаръ молока. Изъ взрослыхъ животныхъ одни имѣютъ лактазу, другія нѣтъ; у послѣднихъ иногда, при употребленіи въ пищу молока, появляется расстройство пищеваренія, вызываемое бактеріями.

Какова судьба разныхъ питательныхъ веществъ и продуктовъ ихъ расщепленія; гдѣ, въ какомъ объемѣ они всасываются, и какія силы дѣйствуютъ при этомъ—всѣ эти вопросы рѣшаются въ слѣдующей главѣ о всасываніи.

Всасываніе продуктовъ пищеваренія.

Измѣненныя физически и химически *питательныя вещества*, чтобы сдѣлаться полезными организму, должны поступить въ питательную жидкую ткань (кровь) послѣдняго и съ ней разноситься по всѣмъ органамъ и тканямъ, прежде всего должны *всосаться*. Глава, трактующая о явленіяхъ всасыванія, составляется изъ разсмотрѣнія той формы, въ которой различныя пищевыя вещества могутъ всасываться, и тѣхъ путей, которыми идетъ это всасываніе.

Желудокъ. Относительно желудка мы уже знаемъ, что *вода и жиры* совершенно не всасываются въ немъ; *растворы же солей и сахара* отчасти диффундируютъ въ слизистую оболочку; что же касается *бѣлковъ*, то они всасываются въ очень небольшомъ количествѣ въ видѣ пептоновъ.

Тонкія и толстыя кишки. Преимущественнымъ мѣстомъ всасыванія предуктовъ пищеваренія служатъ тонкія кишки. Для доказательства этого положенія надо имѣть возможность изслѣдовать пищу на мѣстѣ перехода тонкихъ кишекъ въ толстыя, съ каковою цѣлью въ этомъ мѣстѣ накладывается фистула. Изслѣдованіе больной, имѣвшей такой свищъ, показало, что содержимое тонкихъ кишекъ очень бѣдно плотными веществами, а именно, ихъ оказалось 5—10%. Большое или меньшее количество твердыхъ веществъ зависитъ отъ качества и сорта пищи: количество твердыхъ веществъ повышается при растительной

пищѣ. Реакція кишечнаго содержимаго либо нейтральная, либо слабо-кислая. Кислотность обуславливается органическими кислотами, получающимися здѣсь изъ пищевыхъ продуктовъ: молочная кислота, уксусная кислота и другія жирныя кислоты. Первыя двѣ кислоты появляются вслѣдствіе бродильныхъ процессовъ въ кишкахъ: не вся пища расщепляется, а часть ея идетъ въ пищу микробамъ, составляющимъ обычную флору кишечнаго тракта. Присутствіе жирныхъ кислотъ вполне понятно, такъ какъ въ кишечникѣ происходитъ расщепленіе жировъ. Но болѣе всего кислотность обуславливается угольной кислотой и, если удалить ее, содержимое кишекъ дѣлается нейтральнымъ. Содержимое кишекъ въ разсматриваемомъ случаѣ свища у человѣка (больная швейцарской клиники) состояло изъ незначительнаго количества бѣлка, жира и крахмальныхъ зеренъ, бактерій и др.; но всѣ главныя составныя части пищевого матеріала, которыя вводились въ желудочно-кишечный трактъ, при переходѣ въ толстую кишку исчезали. Значить, главное *мѣсто, гдѣ происходитъ всасываніе*, представляетъ *полость тонкихъ кишекъ*.

Профессоръ *Ненцкій*, изслѣдовавшій упомянутый случай, нашель, что если больная вводила въ желудочно-кишечный каналъ 1500 кб. с. воды, то выдѣляла всего лишь 550 кб. с. Но при этомъ нужно принять во вниманіе тѣ три литра воды, которые изливаются въ кишечный трактъ въ видѣ желудочнаго, кишечнаго, поджелудочнаго соковъ и желчи. Если принять во вниманіе и эту воду, то окажется, что черезъ тонкія кишки проходитъ не всосанной только $\frac{1}{8}$ часть всей воды, поступающей въ пищеварительный трактъ. Далѣе было найдено, что въ жидкости, которая вытекала изъ фистулы, не было вовсе продуктовъ гніенія; *гніеніе* совершается въ толстыхъ кишкахъ, въ тонкихъ же имѣютъ мѣсто *процессы броженія*.

Механизмъ всасыванія продуктовъ пищеваренія.

Теперь переходимъ къ вопросу о томъ, въ какомъ видѣ пищевыя вещества покидаютъ желудочно-кишечный каналъ и каковы тѣ пути въ кишечной стѣнкѣ, черезъ которые они ближайше направляются. Относительно углеводовъ и жировъ вопросъ о всасываніи рѣшенъ точно; по отношенію же къ бѣлкамъ разрѣшеніе его строится на цѣломъ рядѣ болѣе или менѣе правдоподобныхъ предположеній.

Всасываніе углеводовъ. Такъ какъ внутренняя поверхность тонкихъ кишекъ покрыта *ворсинками*, имѣющими сосудистыя и лимфатическія капилляры, то казалось бы, что *углеводы*, которые въ кишкахъ переходятъ въ *монозы*, могутъ всасываться и по тѣмъ и другимъ путямъ. Но оказывается, что путь, которымъ углеводы покидаютъ кишечную полость—кровяной путь. Это положеніе доказывается анализомъ крови. Въ крови виноградный сахаръ содержится въ количествѣ 0,1—0,2%. У голоднаго животнаго такое отношеніе въ крови

во всѣхъ частяхъ тѣла одинаково; когда же совершается всасываніе сахара изъ кишечнаго канала, то въ крови *Venae portae*, черезъ которую доставляется печени венозная кровь желудка и кишекъ, количество сахара повышается до 0,4%. При изслѣдованіи же лимфы *Ductus thoracicus* мы не находимъ повышенія количества сахара.

Слѣдуетъ отмѣтить, что для всасыванія недостаточно одного превращенія углеводовъ въ растворимую форму: крахмаль въ видѣ декстриновъ совершенно не всасывается. Для всасыванія углеводовъ необходимо превращеніе ихъ въ монозы, которыя (глюкоза, фруктоза, галактоза) всасываются, какъ таковыя. Въ кишечникѣ существуетъ, какъ мы знаемъ, возможность для такого превращенія углеводовъ. Всасываніе различныхъ видовъ сахаровъ совершается очень быстро. Виноградный сахаръ, поступивши въ кровь *Venae portae*, задерживается въ печени, гдѣ отлагается въ видѣ гликогена: $C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 + \dots + C_6H_{12}O_6 - nH_2O = (C_6H_{10}O_5)_n$ (гликогенъ). Но для образованія гликогена необходимо, чтобы всѣ сахара приняли форму монозы, что доказывается слѣдующимъ опытомъ: если ввести въ кишечникъ 50 gr. какого-нибудь изъ сахаровъ, то въ печени наблюдается образованіе гликогена; при введеніи же въ кровь того же самаго количества сахара образованія гликогена не происходитъ, и весь сахаръ выдѣляется мочей.

Этотъ опытъ наглядно показываетъ, что въ первомъ случаѣ подъ вліяніемъ дѣйствія ферментовъ кишечника весь сахаръ, прежде чѣмъ всосаться, превратился въ виноградный сахаръ; во второмъ же случаѣ такихъ ферментовъ не оказалось, и сахаръ долженъ былъ въ своей первоначальной формѣ выдѣлиться изъ организма. Слѣдуетъ однако замѣтить, что *мальтоза*, поступающая и черезъ кровь и черезъ кишечникъ, ведетъ къ образованію гликогена въ печени; очевидно, для мальтозы въ крови существуетъ специальный ферментъ, способный расщеплять ее на виноградный сахаръ.

При всасываніи происходитъ не простая *диффузія*, а дѣло обстоитъ гораздо сложнѣе, на что указываетъ неодинаковая способность различныхъ углеводовъ всасываться. Такъ, хотя глюкоза, галактоза и фруктоза одинаково растворимы и имѣютъ одинъ и тотъ же элементарный составъ, но оказывается, что лучше всасывается глюкоза, затѣмъ галактоза и, наконецъ, фруктоза. Далѣе, пентозы всасываются гораздо труднѣе гексозъ, и въ особенности медленно происходитъ всасываніе ксилозы.

Всасываніе жировъ. Что касается всасыванія жировъ, то здѣсь дѣло обстоитъ болѣе сложно и вопросъ до сихъ поръ служитъ причиною многихъ споровъ. Если животному дать жирную пищу и затѣмъ во время пищеваренія убить, то жиръ находятъ въ видѣ *эмуль-*

сiii; кромѣ этого, микроскопическія изслѣдованія ворсинокъ тонкой кишки обнаруживаютъ въ эпителиальныхъ клѣткахъ жировыя капельки. На этомъ основаніи былъ высказанъ взглядъ, что для всасыванія жировъ достаточно *эмульгированія* ихъ. Но если бы это было правильно, то такія тонкія эмульсіи, какъ эмульсія *ланолина* (жиръ, встрѣчающійся въ кожной смазкѣ; онъ добывается промываніемъ шерсти овецъ), *холестерина* въ видѣ холестериновыхъ эфировъ, введенныя въ кишечникъ, должны были бы всасываться, чего на самомъ дѣлѣ не наблюдается: усвоеніе этихъ жировъ равняется 0⁰/₁₀.

Слѣдовательно, для всасыванія недостаточно одной эмульсіи. Указанія же гистологовъ на то, что въ клѣткахъ ворсинокъ находятся нейтральные жиры, окрашивающіеся осмиевой кислотой, не свободны отъ возраженія, что и жирныя кислоты обладаютъ такими же свойствами. Еще одинъ доводъ противъ этой теоріи заключается въ томъ, что жиръ не смѣшивается съ водой и протоплазмой клѣтки.

Въ настоящее время принимаютъ, что жиръ, прежде чѣмъ всосаться, долженъ перейти въ растворимую форму. Подвергаясь въ желудкѣ и кишечникѣ дѣйствию *липолитическихъ ферментовъ*, жиръ расщепляется на глицеринъ и жирныя кислоты. Глицеринъ легко диффундируетъ, жирныя же кислоты, сами по себѣ нерастворимыя, въ щелочной средѣ кишечнаго канала образуютъ соли (мыла), растворимыя въ водѣ.

Роль желчи. Но на ряду съ растворимыми солями образуются нерастворимыя соли Са и Mg, такъ какъ въ желудочно-кишечномъ каналѣ есть соли щелочно-земельныхъ металловъ. Въ этомъ случаѣ на сцену выступаетъ *желчь*, въ которой кальціевыя и магниевыя мыла легко растворяются: въ 100 гр. желчи растворяются 18—19 гр. солей. Итакъ, желчь, увеличивая растворимость мылъ въ водѣ и растворяя жирныя кислоты, имѣетъ большое значеніе для всасыванія жировъ. Но справедливо и то, что и безъ желчи могутъ усваиваться въ кишечникѣ значительныя количества жира.

Роль поджелудочной железы. Что касается *поджелудочной железы*, то наблюденія показали, что послѣ удаленія ея, послѣ подавленія ея функций или отведенія сока изъ кишечника, наступало болѣе или менѣе сильное уменьшеніе всасыванія жира. Предположеніе нѣкоторыхъ изслѣдователей, что удаленіе железы поведетъ къ полному неусвоенію вводимаго жира, не оправдалось: *липаза* желудочнаго и кишечнаго соковъ производитъ въ достаточномъ объемѣ расщепленіе жировъ.

Опыты, подтверждающіе необходимость для всасыванія жировъ и желчи и сока поджелудочной железы. Но все-таки остается фактомъ то, что лучше всего всасываніе жировъ совершается при одновременномъ присут-

ствіи въ кишечникъ и желчи и поджелудочнаго сока. Это доказывається двумя слѣдующими опытами. Первый произведенъ еще *Cl. Bernard'омъ* на кроликахъ, у которыхъ *Ductus choledochus* и *Ductus Wirsungianus* находятся далеко другъ отъ друга, при чемъ второй протокъ расположенъ дальше отъ желудка, чѣмъ первый. Оказалось, что если у убитаго послѣ кормленія кролика прослѣдить млечные сосуды (еще въ средніе вѣка итальянецъ *Aselli* указалъ, что у животнаго, послѣ принятія пищи, въ брыжжейкѣ кишечкѣ находятся бѣлыя полоски, которыя онъ описалъ, какъ нервы; но, прокалывая эти полоски, наблюдаютъ истеченіе лимфатическаго сока), то они наблюдаются только за *Ductus Wirsungianus*; между протоками же сосудовъ не видно. Поэтому, можно было бы предположить, что желчь какъ будто не играетъ никакой роли въ расщепленіи жировъ, а необходимъ лишь сокъ поджелудочной железы.

Но существуетъ другой опытъ надъ собакой, который какъ бы опровергаетъ первый. Собакѣ, у которой оба протока впадаютъ въ *Duodenum* другъ возлѣ друга, при чемъ *Ductus Wirsungianus* находится за *Ductus choledochus*, перевязывали *Ductus choledochus* и затѣмъ придвигали петлю тонкой кишки, находящуюся за *Ductus Wirsungianus*, къ желчному пузырю и при помощи фистулы дѣлали сообщеніе между желчнымъ пузыремъ и петлей такъ, что желчь изливалась непосредственно въ кишку. Послѣ такой операціи картина расположенія протоковъ обратна расположенію протоковъ у кролика: у такой собаки сначала впадаетъ *Ductus Wirsungianus*, затѣмъ желчный свищъ. Убивъ животное во время пищеваренія, мы въ брыжжейкѣ между протоками не находимъ хилоносныхъ сосудовъ, за фистулой же они обнаруживаются. Изъ этого опыта можно сдѣлать предположеніе обратное первому, а именно, что для всасыванія является необходимость только лишь въ содержимомъ желчнаго пузыря. Но если принять во вниманіе оба опыта, то можно сдѣлать одинъ логическій выводъ: для всасыванія жировъ необходимо участіе какъ желчи, такъ и сока панкреатической железы.

Пути всасыванія жировъ. Теперь посмотримъ, какими путями въ кишечной стѣнкѣ всасывается жиръ. Изслѣдованіе лимфы, вытекающей изъ *Ductus thoracicus*, обнаружило тамъ почти все то количество жира, которое способно всосаться. Но тѣмъ не менѣе нельзя категорически утверждать, что жиръ всасывается исключительно лимфатическими сосудами; онъ можетъ поступать и въ кровь: если лимфатическіе сосуды перевязать, то въ крови наблюдается увеличеніе количества жира. Переходъ же въ лимфу большей его части объясняется лишь легкой проходимостью стѣнокъ лимфатическихъ сосудовъ.

Наблюденія надъ больной со свищомъ груднаго протока (въ берлинской клиникѣ) показали, что послѣ сна (до принятія пищи) лим-

фа представляла прозрачную слегка опалесцирующую жидкость; послѣ завтрака и обѣда лимфа принимала молочный видъ (отъ присутствія жира въ видѣ тонкой эмульсiи), и спустя 7 часовъ въ лимфѣ появлялся почти весь принятый жиръ. Далѣе оказалось, что полнота всасыванія жира зависитъ отъ рода его: легко всасываются жидкіе жиры, труднѣе масла, и, наконецъ, плотные жиры (баранье сало). Опыты, произведенныя надъ собаками и людьми, показали, что изъ 350 гр. жира всасывается 345 гр., слѣдовательно, усвоеніе равняется приблизительно 98 %. Человѣкъ свободно усваиваетъ 300 гр. жира въ сутки.

Въ зависимости отъ консистенціи и точки плавленія, скорость и объемъ всасыванія жировъ можно расположить въ такомъ порядкѣ:

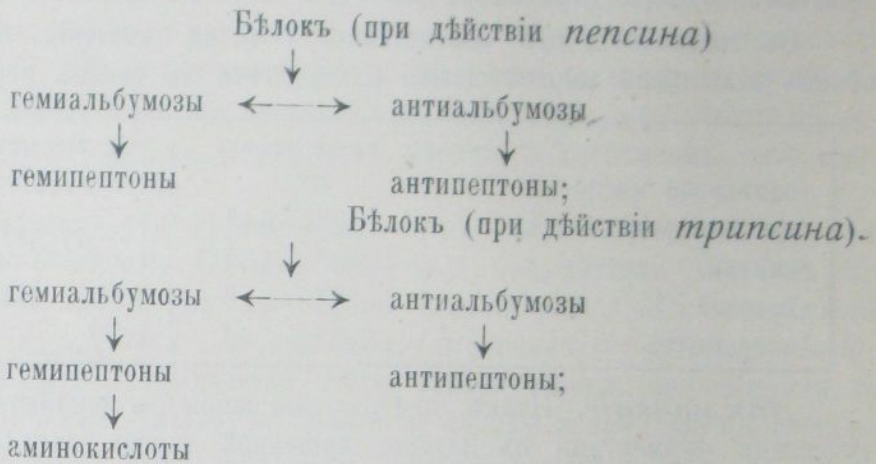
	точка плавл.	% всасыванія.
оливковое масло	0°	97,7°/°
гусиный жиръ	32°—34°	} 97,5°/°
свиной „	36°—45°	
бараній „	46°—51°	90°/°—91,5°/°
спермацетъ	59°	15°/°

Заключеніе. Итакъ, нейтральные жиры расщепляются липолитическими ферментами въ полости кишечной трубки на глицеринъ и жирныя кислоты; послѣднія частью прямо растворяются желчью, частью связываются щелочами и, какъ мыла, *всасываются эпителиемъ кишечной ворсинки*. Оказывается, что если вводить въ кишечный каналъ нейтральный жиръ (растительное масло), мыла, свободныя жирныя кислоты и даже эфиры жирныхъ кислотъ, напр., пальмитиново-этиловый эфиръ, то въ лимфѣ *Ductus thoracicus* всегда находится только нейтральный жиръ; слѣдовательно, гдѣ-то при переходѣ черезъ кишечный эпителий происходитъ обратный процессъ сочетанія глицерина и мыль или жирныхъ кислотъ; при чемъ синтезъ этотъ наступаетъ даже и въ томъ случаѣ, если вмѣстѣ съ жирами не вводить глицерина. Этотъ синтезъ, какъ предполагаютъ, совершается эпителиальными клетками тонкихъ кишекъ, которыя и вырабатываютъ нужный для этой реакціи глицеринъ.

Всасываніе бѣлковыхъ веществъ. Намъ остается разсмотрѣть вопросъ о томъ, въ какомъ видѣ всасываются *бѣлковыя вещества*. Для бѣлковъ, какъ извѣстно, существуетъ цѣлый рядъ расщепляющихъ ихъ ферментовъ. Подъ вліяніемъ фермента желудочнаго сока, *пепсина*, бѣлокъ превращается въ *синтонинъ*, затѣмъ въ *альбумозы* и, наконецъ, *пептоны*. Эти продукты гидролитическаго расщепленія бѣлковой молекулы можно отдѣлить другъ отъ друга: при нейтрализаціи кислаго раствора выпадаетъ синтонинъ; при насыщеніи сѣрнокислымъ аммоніемъ осаждаются альбумозы, послѣ чего въ растворѣ

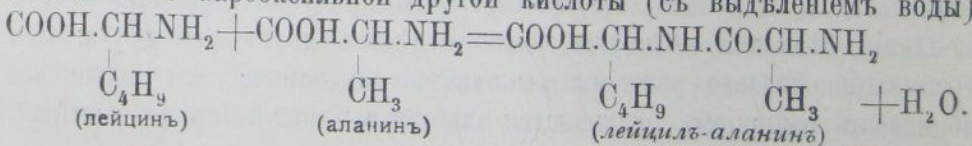
остаются только пептоны. Опыты съ *трипсиномъ* показали, что этотъ ферментъ ведетъ расщепленіе бѣлковъ дальше, чѣмъ пепсинъ, при чемъ получается цѣлый рядъ различныхъ аминокислотъ.

Теорія Кюне. Физиологъ *Кюне* высказалъ взглядъ, что въ бѣлковой молекулѣ есть часть, которая не расщепляется протеолитическими ферментами и которую *Кюне* назвалъ *анти-группой*; часть же, поддающаяся ферментативному расщепленію, онъ обозначилъ терминомъ *геми-группа*. Схематично процессъ расщепленія по *Кюне* можно изобразить такъ:



Эта схема долго держалась въ наукѣ и считалась классической, но впослѣдствіи при детальномъ изслѣдованіи оказалось, что и антипептоны при дѣйствиіи того же трипсина при опредѣленныхъ условіяхъ расщепляются, образуя диаминокислоты. Соотвѣтственно этому факту расщепленіе бѣлковъ схематично будетъ таковымъ: бѣлокъ → альбумозы → пептоны → аминокислоты. Изслѣдованія же самаго послѣдняго времени показали, что и этотъ взглядъ не вполне вѣренъ. Опыты надъ гидролитическимъ расщепленіемъ трипсиномъ казеина, эдестина, гемоглобина крови и др. показали, что при этомъ получается растворъ веществъ, дающихъ биуретовую реакцію; но среди тѣхъ, дающихъ эту реакцію, находятся не только аминокислоты, но и одно два тѣла, представляющіяся сочетаніемъ нѣсколькихъ аминокислотъ; такія тѣла были названы *полипептидами*.

Попытки послѣднихъ лѣтъ синтезировать бѣлокъ путемъ спайванія между собою нѣсколькихъ аминокислотъ привели къ полученію нѣсколькихъ полипептидовъ. Образцомъ полипептидовъ можетъ служить, напр., *сочетаніе лейцина и аланина*. При образованіи изъ этихъ двухъ кислотъ *дипептида* аминогруппа одной кислоты входитъ въ сочетаніе съ карбоксильной другой кислоты (съ выдѣленіемъ воды):



Въ полученномъ такимъ образомъ дипептидѣ есть группа —CO.CN.NH—, характерная для связи аминокислотъ въ бѣлковой частицѣ. Въ послѣднее время получены пептиды, составленные изъ нѣсколькихъ аминокислотъ.

Всасываніе неизмѣннаго бѣлка. Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній, обратимся къ разрѣшенію поставленнаго выше вопроса: въ какомъ состояніи всасывается бѣлокъ. Съ физической стороны (диффузія) нѣтъ препятствій для всасыванія даже нативныхъ бѣлковъ, не говоря уже объ альбумозахъ и пептонахъ. Были произведены опыты надъ растворимыми бѣлками, и оказалось, что они неизмѣненными всасываются въ кровь при введеніи въ кишечникъ. Но имѣетъ ли это какое-нибудь физиологическое значеніе—является вопросомъ, такъ какъ пища животныхъ не содержитъ бѣлковъ въ натуральномъ ихъ видѣ. Травоядные животныя принимаютъ въ пищу бѣлки въ нерастворенной формѣ. Что касается животныхъ плотоядныхъ, то рѣдко бываетъ, чтобы они принимали бѣлки въ ихъ натуральномъ, растворенномъ видѣ; у человѣка, напр., растворенный бѣлокъ поступаетъ въ организмъ, когда онъ ѣстъ сырыя яйца и пьетъ сырое молоко.

Изслѣдуя оттекающую отъ кишечника кровь *Vena porta* и находя въ ней продукты расщепленія бѣлка, можно было бы сказать, въ какой формѣ бѣлокъ всасывается. Но такой методъ изслѣдованія невозможенъ, потому что кровь по своему составу является слишкомъ сложною жидкостью, въ которую продукты расщепленія бѣлковъ всасываются медленно: такъ, если дать собакѣ 100 gr. мяса, содержащаго 20 gr. бѣлка, то всасываніе будетъ происходить въ теченіе 3—4 часовъ, при этомъ черезъ каждый полный оборотъ (полный кругооборотъ происходитъ въ теченіе $\frac{1}{2}$ минуты) кровь обогащается 0,006 gr. бѣлка. Такое количество весьма трудно, почти невозможно уловить и, конечно, совершенно невозможно установить природу того бѣлковаго тѣла, которое поступаетъ въ кровь изъ кишечника. Не имѣя возможности непосредственно наблюдать переходъ бѣлковъ и ихъ производныхъ въ кровь, приходится прибѣгнуть къ косвеннымъ методамъ для выясненія этого труднаго и мало разработаннаго вопроса.

Оказывается, что растворы инороднаго бѣлка, послѣ неоднократнаго введенія въ кровь животнаго, осаждаются, свертываются. Если, наприм., въ теченіе недѣли вводить въ кровь какого-нибудь животнаго растворъ яичнаго бѣлка, то въ крови начинаетъ вырабатываться вещество, которое осаждастъ этотъ инородный бѣлокъ—въ крови появляется *преципитинъ*. Если же въ кровь животнаго вводить сыворотку отъ другого животнаго того же самаго вида, то преципитинъ не вырабатывается. Итакъ, организмъ выработкою *преципитина* старается освободиться отъ инородныхъ бѣлковъ, выпрыснутыхъ непосредственно въ кровь точно такъ, какъ стремится оградить себя отъ другихъ ненужныхъ или вредныхъ для

себя веществъ. Очевидно, что въ неизмѣненной формѣ нативные бѣлки не могутъ усваиваться организмомъ и сдѣлаться составною частью крови, которая ихъ, наоборотъ, удаляетъ изъ себя. Такъ, если вводится въ кишечникъ много сырого яичнаго бѣлка, то онъ появляется въ мочѣ въ неизмѣнномъ видѣ: не обладающій способностью вызывать отдѣленіе пищеварительныхъ соковъ желудочно-кишечнаго тракта, яичный бѣлокъ можетъ, очевидно, частью всосаться въ кровь, но послѣдняя будетъ отъ него освобождаться, выдѣляя его неизмѣненнымъ черезъ почки. Все вышеприведенное устанавливаетъ положеніе, что *неизмѣненные бѣлки при физиологическихъ условіяхъ не всасываются изъ кишечнаго канала.*

Всасываніе альбумозъ и пептоновъ. Что касается альбумозъ и пептоновъ, то *изъ кишечника* они могутъ всасываться, но *въ крови* ни натошакъ, ни во время пищеваренія обнаружить ихъ не удается; слѣдовательно, въ кровь они переходятъ въ новой формѣ, а не какъ таковые. Для изслѣдованія судьбы альбумозъ и пептоновъ пользовались слѣдующимъ опытомъ: изъ кишечника выдѣляется отрѣзокъ кишечной петли искусственно питаемой дефибринированной кровью того же животнаго: въ артерію и вену этого отрѣзка вводятся трубочки для пропусканія и собиранія дефибринированной крови. При такихъ условіяхъ опыта въ кишку вводили довольно концентрированный растворъ альбумозъ — и оказывалось, что въ собираемой крови нѣтъ даже слѣдовъ этихъ веществъ. Слѣдовательно, при своемъ всасываніи альбумозы претерпѣли измѣненіе.

Этотъ опытъ привелъ къ предположенію, что альбумозы и пептоны, войдя въ толщу кишки, въ эпителии ея синтезируются въ кровяной бѣлокъ. Но болѣе вѣренъ тотъ взглядъ, что они тамъ не только не синтезируются, а наоборотъ — расщепляются дальше до аминокислотъ. Этотъ взглядъ подтверждается тѣмъ, что въ толщѣ кишечной оболочки былъ найденъ ферментъ *эрепсинъ*, дѣйствующій преимущественно на альбумозы и пептоны. Слѣдовательно, если альбумозы и пептоны и могутъ всасываться изъ кишечной полости, то поступать въ кровяной токъ, какъ таковые, не могутъ. Что альбумозы и пептоны не могутъ всасываться, какъ таковые, косвенно доказывается тѣмъ, что они, чуждые организму, являются даже ядовитыми для него; при введеніи въ кровь альбумозъ сильно понижается кровяное давленіе. Кромѣ этого, альбумозы дѣйствуютъ разрушающимъ образомъ на стѣнки капилляровъ: у животнаго, отравленнаго альбумозами, наблюдаются кровоизліянія.

Далѣе, оказывается, что въ крови нѣтъ и тѣхъ аминокислотъ, на которыя альбумозы могутъ распадаться подѣ дѣйствіемъ эрепсина. Совокупность этихъ фактовъ заставляетъ предполагать, что на ряду съ расщепленіемъ альбумозъ и пептоновъ до аминокислотъ въ толщѣ слизистой

оболочки тѣхъ же кишекъ происходитъ синтезъ изъ этихъ разнообразныхъ аминокислотъ кровяного бѣлка.

Итакъ, ни альбумозы, ни пептоны не переходятъ въ кровь, какъ таковыя.

Всасываніе аминокислотъ. Что касается *аминокислотъ*, то ихъ въ кишкахъ найти нельзя, такъ какъ онѣ, по мѣрѣ образованія, всасываются, и только въ послѣднее время оказалось, что на высотѣ пищеваренія у собакъ находили аминокислоты.

Такимъ образомъ, несомнѣнно, что при нормальныхъ условіяхъ пищеваренія *преимущественная часть бѣлковъ всасывается въ видѣ аминокислотъ и полипептидовъ*. Этимъ путемъ организмъ сохраняетъ постоянство бѣлковаго состава своей питательной ткани, пользуясь самыми разнообразными пищевыми бѣлками, выбирая изъ нихъ необходимыя для своего кровяного бѣлка аминокислоты и притомъ въ соответствующемъ количествѣ. Въ пользу послѣдняго взгляда можно привести много доказательствъ. Такъ, бѣлокъ кролика, сохраняя постоянный составъ, сильно разнится отъ бѣлковъ, употребляемыхъ въ пищу. Есть группы бѣлковъ, въ которыхъ не хватаетъ той или иной изъ аминокислотъ. Такъ, кровь содержитъ *лизинъ* (діаминокапроновая кислота), а растительные бѣлки не содержатъ этой кислоты. Далѣе, если кормить животное бѣлкомъ, богатымъ *глутаминовой кислотой*, то въ крови все же содержится нормальное количество глутаминовой кислоты.

Всѣ эти факты наглядно доказываютъ, что пищевые бѣлки, прежде чѣмъ поступить въ составъ кровяныхъ бѣлковъ, должны претерпѣть глубокія физическія и химическія измѣненія, подобно углеводамъ и жирамъ; при* воздѣйствіи гидролитическихъ ферментовъ они расщепляются на полипептиды и аминокислоты, изъ которыхъ въ клѣткахъ слизистой оболочки кишекъ синтезируется характерный для даннаго вида животнаго кровяной бѣлокъ.

Экскременты.

Какъ думаютъ, *экскременты* представляютъ собою то, что не переварено, не усвоено; но цѣлый рядъ доказательствъ показали, что это предположеніе не вполне справедливо. Дѣло въ томъ, что кишечникъ является органомъ не только секреторнымъ, но и экскреторнымъ. Такъ, здѣсь выдѣляется *желчь*, которая, участвуя въ процессѣ пищеваренія, въ то же время является экскреторнымъ продуктомъ: *желчные пигменты* являются обломками кровяныхъ тѣлецъ, а *холестеринъ*—продуктомъ метаморфоза веществъ нервной системы.

Далѣе, слизистой оболочкою кишекъ, особенно толстыхъ, выдѣляется *желѣзо*—продуктъ распада бѣлковыхъ тѣлъ. Желѣзо находится и въ мочѣ, но его тамъ ничтожное количество (0,003—0,005 gr.); оно обыкновенно всасывается въ тонкихъ кишкахъ и проходитъ въ

организмъ извѣстный циклъ, участвуя и въ образованіи красныхъ кровяныхъ шариковъ и входя въ составъ бѣлковыхъ тѣлъ и т. д. Выдѣленіе же желѣза начинается въ *Соесит*.

Черезъ толстыя кишки выдѣляется и *кальцій*, который уносится также мочей, причѣмъ у травоядныхъ животныхъ кальцій выдѣляется въ большемъ количествѣ кишечникомъ, у плотоядныхъ же—почками. Кальцій въ желудкѣ принимаетъ растворимую форму, въ кишечникѣ же снова переходитъ въ нерастворимую; въ кишечникѣ много CO_2 , дающей CaCO_3 , въ немъ же происходитъ расщепленіе жировъ съ образованіемъ жирныхъ кислотъ, образующихъ съ кальціемъ нерастворимыя соли:

$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\cdot\text{COO}$
 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\cdot\text{COO} > \text{Ca}$ и т. д.; въ толстыхъ кишкахъ въ присутствіи щело-

чей изъ растворимаго CaHPO_4 образуется нерастворимый $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Итакъ, извѣстный % кальція превращается въ кишечникѣ въ нерастворимыя соли и проходитъ кишечный каналъ не всосанный. Но кромѣ такого кальція, слизистая оболочка толстыхъ кишекъ удаляетъ кальцій непосредственно изъ тканевой жидкости, что наблюдается при голоданіи животнаго.

Затѣмъ, въ кишкахъ есть *магній*, который также даетъ нерастворимый фосфатъ магнія.

Во время пищеваренія въ полость кишечнаго канала изливаются пищеварительные соки, которые, передвигаясь по кишечнику, могутъ либо всосаться и опять пойти въ дѣло, или же удаляются изъ организма.

Весь этотъ обзоръ экскрементовъ подтверждаетъ скорѣе тотъ взглядъ, что они не остатки непереваренныхъ пищевыхъ продуктовъ; если же этотъ взглядъ и вѣренъ, то для извѣстныхъ сортовъ пищи. Если пища доступна пищеварительнымъ сокамъ, напр., мясная пища, и подвергается дѣйствию ихъ, то она цѣликомъ пореваривается; но если пища состоитъ изъ зеренъ, окруженныхъ клѣтчаткой, мало доступной пищеварительнымъ сокамъ, то въ такомъ случаѣ въ кишечныхъ изверженіяхъ можно найти много непереваренныхъ остатковъ; освобожденное же отъ клѣтчатки содержимое зеренъ легко поддается дѣйствию соковъ. Несомѣнно то, что всякая мясная пища легко и быстро переваривается только потому, что бѣлковая и углеводная составная части ея обнажены; растительныя же бѣлки и углеводы поступаютъ въ желудокъ одѣтыми въ плотную клѣтчатку, разрушающуюся только лишь подъ влияніемъ сильныхъ кислотъ.

Насколько характеръ пищи вліяетъ на составъ экскрементовъ, видно изъ таблицы берлинскаго профессора-гигіениста *Rubner'a*. Онъ производилъ наблюденія надъ человѣкомъ и опредѣлилъ, сколько азота выдѣлялось въ экскрементахъ изъ каждаго 100 gr. введенной пищи,

и оказалось:

мясо—2,6 gr.,

яйца—2,6 gr.,

молоко—2,9—4,9 gr.,

бѣлый хлѣбъ—18,7—25,7 gr.,

черный хлѣбъ—32 gr.,

картофель—32,2 gr.,

рисъ—25,1 gr.,

яблоки—65 gr.

Такимъ образомъ, мы видимъ, что количество выдѣляемаго азота находится въ зависимости отъ характера пищи. Но усвоеніе и выдѣленіе азота зависитъ не только отъ характера пищи, но также отъ формы приготовленія. Такъ, если въ пищу употреблять прямо сваренный картофель, то въ экскрементахъ можно найти большое количество азота, но если тотъ же картофель принять въ формѣ раздробленной (пюрэ), то усвоеніе бѣлковъ и углеводовъ его идетъ такъ же хорошо, какъ и мяса.

Можно предположить, что азотъ экскрементовъ имѣетъ не пищевое происхожденіе, а изъ организма, и что, напр., изъ мяса усваивается не 97,4% его, а больше. Этотъ взглядъ подтверждаетъ слѣдующій опытъ: при голоданіи въ кишечныхъ изверженіяхъ находили азотъ въ такомъ же приблизительно количествѣ, какъ и при мясной пищѣ. Далѣе, если перевязать часть кишки такъ, чтобы туда не поступало содержимое вышележащихъ частей, то недѣли черезъ двѣ появляются каловыя массы, ничѣмъ не отличающіяся отъ обычнаго кала. Составъ экскрементовъ при питаніи мясной пищей, не содержащей клѣтчатки, приблизительно таковъ: воды 65—75%, азота 5—10%, веществъ, извлекаемыхъ эфиромъ 9-18% (холестеринъ, лецитинъ, жирныя кислоты), золы 10—22% (главнымъ образомъ фосфаты).

Значеніе бактерій. Теперь является вопросъ, какой составной части экскрементовъ принадлежит азотъ. Есть основаніе думать, что азотъ не есть остатокъ пищевыхъ веществъ, а появляется въ результатъ жизнедѣятельности бактерій. Бактеріи въ пищеварительномъ аппаратѣ поселяются тотчасъ послѣ рожденія на свѣтъ, а, именно, какъ только организмъ пришелъ въ соприкосновеніе съ внѣшнимъ міромъ. Особенно ихъ много въ полости рта: здѣсь, кромѣ гнилостныхъ и бродильныхъ, находятся также и патогенные микробы.

Въ желудкѣ бактерій очень мало, такъ какъ онѣ убиваются соляной кислотой; однако не всѣ микробы погибаютъ и, если пища застаивается въ желудкѣ, тамъ возникаютъ бродильные процессы, въ особенности въ центральной части пищевой массы, куда не могла проникнуть соляная кислота. Въ тонкихъ кишкахъ бактерій мало (такъ какъ онѣ прошли дезинфекціонную камеру—желудокъ) и находятся онѣ тамъ въ парализованномъ состояніи, такъ что получить культуру ихъ часто не удается; но въ толстыхъ кишкахъ ихъ настолько много, что по изслѣдованіямъ нѣкоторыхъ ученыхъ половина кишечныхъ изверженій состоитъ изъ остатковъ мертвыхъ бактерій. Здѣсь онѣ также находятся

въ парализованномъ состояніи. Почему бактеріи въ полости толстыхъ кишекъ погибають, пока еще не рѣшено въ положительномъ смыслѣ. Бактеріи, находящіяся въ толстыхъ кишкахъ, изучены мало; несомнѣненъ лишь тотъ фактъ, что бактеріальная флора для даннаго вида животнаго очень постоянна и что видовъ ихъ немного. Самая распространенная форма—*Bacterium coli commune*, затѣмъ, бродильныя бактеріи.

Бактеріи, дѣйствуя на пищевыя вещества, даютъ продукты или очень вредные или бесполезные для организма. Такъ, подѣ влияніемъ бактерій *углеводы* расщепляются на мальтозы, изъ каковыхъ затѣмъ образуются молочная, уксусная и масляная кислоты и газообразные продукты— CO^2 , CH^4 . Нѣкоторые виды кишечныхъ бактерій не дѣйствуютъ на *бѣлки* натуральные (яичный бѣлокъ), а дѣйствуютъ только на альбумозы и пептоны; изъ альбумозъ и пептоновъ въ организмѣ можетъ образоваться тирозинъ, при расщепленіи котораго получаютъ NH^3 , CO^2 , H^2 и *крезолъ* $\text{C}^6\text{H}^4 \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{CH}^3 \end{matrix}$, изъ котораго, послѣ удаленія группы CH^3 , образуется растворимое въ водѣ ядовитое вещество—*фенолъ*— $\text{C}^6\text{H}^5.\text{OH}$, выдѣляющееся организмомъ въ сочетаніи съ H^2SO^4 или глюкуроновой кислотой. Въ такомъ же видѣ организмъ освобождается отъ очень ядовитыхъ продуктовъ распада триптофана, а именно, индола и скатола.

Наконецъ, что касается *желчныхъ выдѣленій*, то билирубинъ, прежде чѣмъ перейти въ экскременты и удалиться изъ организма, подѣ влияніемъ возстановленія водородомъ переходитъ въ уробилинъ, холестеринъ же желчи $\text{C}_{27}\text{H}_{45}.\text{OH}$ —въ копростеринъ $\text{C}_{27}\text{H}_{47}.\text{OH}$, холевая кислота также отчасти удаляется съ кишечными экскрементами.

К р о в ь .

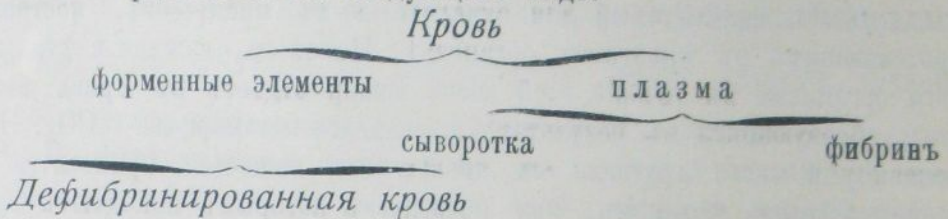
Роль крови въ организмѣ. Кровь въ организмѣ играетъ роль посредника во всемъ метаморфозѣ веществъ. Непосредственно или при посредствѣ лимфы изъ желудочно-кишечнаго канала въ кровь поступаютъ *питательныя вещества*, которыя разносятся клѣткамъ животнаго тѣла. Кромѣ этого, въ легочныхъ капиллярахъ кровь поглощаетъ *кислородъ*, необходимый для окислительныхъ процессовъ, постоянно протекающихъ въ животномъ организмѣ. Наконецъ, каждая клѣтка живого организма въ теченіе всей своей жизни отдаетъ въ кровь вещества, образующіяся въ результатъ жизненнаго метаморфоза — CO_2 , H_2O , мочевины и много другихъ; съ кровью эти вещества приносятся къ отдѣлительнымъ органамъ, при посредствѣ которыхъ покидаютъ организмъ. Итакъ, кровь несетъ клѣткамъ вещества, необходимыя для ихъ жизнедѣятельности, и затѣмъ отъ каждой клѣтки уноситъ продукты, образовавшіеся въ результатъ этой жизнедѣятельности. Слѣдовательно, *кровь является посредницей между вѣншимъ міромъ и клѣткой.*

Составъ и свойства крови. Соотвѣтственно своей роли въ организмѣ—непрерывная доставка клѣткамъ пищевыхъ веществъ и непрерывное удаленіе продуктовъ метаморфоза—кровь подвижна. Кровь жидка и на глазъ однородна, но микроскопъ открываетъ, кромѣ жидкой части, и форменные (клѣточные) элементы. Такимъ образомъ, кровь состоитъ изъ жидкой составной части—*плазмы и клѣтокъ*. Такъ какъ клѣтки обладаютъ большимъ удѣльнымъ вѣсомъ, чѣмъ плазма, то центрофугированіемъ можно отдѣлить ихъ другъ отъ друга, хотя это достигается довольно трудно и при извѣстныхъ условіяхъ. Выпущенная изъ сосуда кровь черезъ нѣсколько минутъ измѣняетъ свои свойства—она свертывается, образуя *кровоной сгустокъ*. При стояніи кровоной сгустокъ начинаетъ сокращаться, и надъ нимъ собирается почти безцвѣтная, прозрачная жидкость, не содержащая форменныхъ элементовъ; она называется *кровоной сывороткой*. Макроскопически кровоной сгустокъ однороденъ, похожъ на желе, при микроскопическомъ же изслѣдованіи оказывается, что онъ состоитъ изъ войлокообразной массы бѣлковаго вещества *фибринъ*, въ петляхъ которой залегаютъ *форменные элементы* (объ условіяхъ и сущности этого процесса рѣчь будетъ впослѣдствіи). Итакъ, кровоная плазма при *самопроизволь-*

НОМЪ свертываніи крови распадается на фибринъ и кровяную сыворотку, что изображено на слѣдующей схемѣ:



Нѣсколько иная картина получается, если вытекающую изъ артеріи кровь сбивать стекляной или лучше деревянной палочкой; тогда кровь остается жидкой, но на палочкѣ собираются волокна фибрина; такая не содержащая фибрина, а только сыворотку и форменные элементы кровь носить названіе *дефибринированной*; схематично это можно представить въ слѣдующемъ видѣ:



Удѣльный вѣсъ цѣльной человѣческой крови равенъ 1,035—1,055 у мужчинъ, у женщинъ и дѣтей нѣсколько меньше, количество воды въ ней достигаетъ 78%; реакція крови щелочная.

Кровяная плазма и сыворотка. Добываніе. Чтобы получить чистую плазму, пользуются кровью лошади. Отпрепаровываютъ *Vena jugularis* лошади и перевязываютъ ее въ двухъ мѣстахъ; затѣмъ, наложивъ вторичныя лигатуры, вырѣзываютъ перевязанный участокъ вены, который въ вертикальномъ положеніи помѣщаютъ въ холодное мѣсто; черезъ нѣкоторое время замѣчаютъ, что вся кровь внутри вены раздѣляется послойно на три части: *нижній слой* занимаютъ красные кровяные шарики (у лошади они обладаютъ большимъ удѣльнымъ вѣсомъ), *средній сѣрый слой*—бѣлые кровяные шарики и, наконецъ, *верхній*—прозрачная жидкость—плазма крови. Если добытую такимъ образомъ плазму перенести въ теплое мѣсто, то она свертывается, раздѣляясь на фибринъ и сыворотку. Такъ какъ условія полученія крови лошади очень сложны, то для изученія составныхъ частей кровяной сыворотки и плазмы пользуются кровью собаки. Полученную изъ артеріи собаки кровь (послѣ осажденія кальція щавелевой кислотой) можно съ помощью *центрифуги* раздѣлить на форменные элементы—на днѣ пробирки, и плазму, располагающуюся надъ первыми.

Составъ и свойства.

Бѣлки. Химическій анализъ плазмы показываетъ, что она со-

держитъ много *бѣлковыхъ веществъ*, но главную массу ея, какъ и сыворотки, составляетъ вода.

У *человѣка* въ 100 кб. см. плазмы *всѣхъ бѣлковъ* находится 6,32—8,26 гр.; *альбумина*—3,33—4,62 гр., *сывороточнаго глобулина или параглобулина*—1,85 гр., *фибриногена*—0,26 гр. Кроме этого, въ кровяной плазмѣ содержится незначительное количество *нуклеопротеида*.

Обращаясь къ изслѣдованію *сыворотки*, мы видимъ, что въ бѣлковой ея части находится въ томъ же самомъ количествѣ альбуминъ, параглобулинъ и нуклеопроteidъ, нѣтъ только фибриногена.

Между организаціей животнаго и количествомъ бѣлковъ въ крови существуетъ тѣсная связь: чѣмъ выше животное, тѣмъ больше бѣлковыхъ веществъ въ крови его. На 1000 гр. плазмы у *лягушекъ* приходится 25,4, у *птицъ* 54,0, у *человѣка* же—72,6 гр. При этомъ альбуминовъ въ 1½, раза приблизительно больше, чѣмъ глобулиновъ: у *человѣка* отношеніе сероальбумина къ сероглобулину колеблется отъ 1:1,39 до 1:2,13, у *овцы*—1:1,28, у *свиньи*—1:1,49, у *собаки*—1:1,50, только у *лошади* оно равно 1:0,58.

Раздѣленіе бѣлковъ плазмы. Каждому изъ бѣлковыхъ тѣлъ плазмы свойственна опредѣленная температура свертыванія: альбумины, (въ солевомъ растворѣ) свертываются при температурѣ около 75°, параглобулинъ при 68°-72°, а фибриногенъ свертывается при 56°C. Пользуясь температурой свертыванія, можно отдѣлить другъ отъ друга бѣлки крови. Нагрѣваемъ пробирку съ плазмой сначала до 56°—до появленія ясно замѣтной мути, и отфильтровываемъ свернувшійся *фибриногенъ*; далѣе, фильтратъ нагрѣваемъ до 68°—72° и отфильтровываемъ свертокъ *параглобулина*; въ фильтратѣ же будетъ растворъ *альбуминовъ*, которые свертываются при 75°C. Далѣе, эти бѣлковыя вещества можно отдѣлить другъ отъ друга при помощи *высаливанія*, которое заключается въ томъ, что бѣлки выпадаютъ при извѣстной концентраціи нейтральныхъ солей: фибриногенъ выпадаетъ при прибавленіи равнаго объема насыщеннаго раствора NaCl, параглобулинъ выпадаетъ при насыщеніи NaCl, при чемъ получается нечистый параглобулинъ, въ чистомъ видѣ онъ получается при насыщеніи MgSO₄; наконецъ, альбумины выпадаютъ при насыщеніи (NH₄)₂SO₄.

Въ то время, какъ бѣлковъ въ плазмѣ приблизительно 6,95%, остальныхъ твердыхъ частей 1,29%. Оставшаяся часть плазмы 91,76% исключительно состоитъ изъ воды.

Кромѣ бѣлковъ, въ кровяной плазмѣ содержатся *безазотистыя вещества*—жиры, виноградный сахаръ, холестеринъ, мясомолочная кислота, глюкуроновая кислота (въ видѣ парныхъ соединеній).

Постоявшая плазма прозрачна, свѣжая же опалесцируетъ; иногда кровяная плазма имѣетъ молочный видъ, который зависитъ отъ капе-

лекъ *жира*, находящагося въ ней въ видѣ тонкой эмульсии въ количествѣ 0,5—1,0%. Кромѣ жира, въ плазмѣ и сывороткѣ находится *виноградный сахаръ*. Сахаръ составляетъ постоянную часть крови, независимо отъ того, голодно или сыто животное; при этомъ въ организмѣ существуютъ приспособленія, поддерживающія количество сахара на одной постоянной высотѣ, а именно, 0,1 — 0,2%. Исключение составляетъ кровь *Venae portae*, гдѣ количество сахара достигаетъ 0,3—0,4%. Регулированіе содержанія сахара въ крови осуществляется печенью, которая по мѣрѣ расходванія кровяного сахара вырабатываетъ изъ запасовъ гликогена новыя количества глюкозы и отводитъ ее въ кровяное русло въ такомъ объемѣ, чтобы количество сахара въ крови было равно вышеприведеннымъ числамъ.

Азотистыя экстрактивныя вещества. Въ кровяной плазмѣ и сывороткѣ содержатся *продукты кльточного метаморфоза*: мочевины, креатинъ, креатининъ, мочева, карбаминовая и гиппуровая кислоты.

Минеральныя вещества въ кровяной плазмѣ геср. сывороткѣ представлены *окисями* калия, натрія, кальція, магнія, солей хлористоводородной, сѣрной, фосфорной, угольной. При этомъ NaCl преобладаетъ передъ другими: въ 1000 grm. сыворотки его около 12 grm. (60—70% всѣхъ минеральныхъ веществъ). Сыворотка геср. плазма имѣетъ щелочную реакцію, которая зависитъ отъ присутствія щелочно-реагирующихъ солей, наприм., NaHCO_3 . Если же сравнить между собою количества содержащихся въ плазмѣ оснований и кислотъ, то окажется, что оснований: Na, K, Ca, Mg, NH_3 больше, чѣмъ кислотныхъ остатковъ: P_2O_5 , HCl, CO_2 , SO_3 ; на нейтрализацію избытка оснований идутъ органическія вещества, а, именно, бѣлки, обладающіе слабыми кислотными свойствами.

Въ крови содержатся *ферменты*—фибринъ-ферментъ (протромбинъ), гликолитическій ферментъ, діастазъ, липаза.

Желтоватая окраска кровяной плазмы зависитъ отъ пигмента *лютеина*.

Молекулярная концентрація кровяной сыворотки.

Анализы сыворотки разныхъ животныхъ показали, что плотныхъ веществъ въ ней содержится 70—80 на 1000. Изъ нихъ главная доля приходится на бѣлокъ. Изслѣдованіе минеральныхъ составныхъ частей сыворотки показало, что въ этомъ отношеніи существуетъ большое сходство между сывороткой человѣка и животныхъ. Заключение о числѣ находящихся въ сывороткѣ различныхъ молекулъ можно получить изъ опредѣленія *молекулярной концентраціи* сыворотки. Молекулярная концентрація можетъ быть опредѣлена на основаніи пониженія точки замерзанія. Растворы замерзаютъ въ зависимости отъ

концентраціи ихъ: *растворы будутъ замерзатъ тѣмъ ниже, чѣмъ болѣе въ нихъ раствореннаго вещества.* Слѣдовательно, пониженіе точки замерзанія Δ будетъ прямо пропорціонально числу граммъ-молекулъ даннаго вещества въ растворѣ: $\Delta = k \cdot n$, гдѣ n —количество граммъ-молекулъ, k —постоянный коэффициентъ для каждаго 100 кб. с. растворителя, для воды, напр., $18,5^\circ$ (каждая молекула, растворенная въ *литръ* воды, понижаетъ точку замерзанія на $1,85^\circ$). Зная величину Δ какого-нибудь раствора, можно опредѣлить и концентрацію его: $n = \frac{\Delta}{k}$; по отношенію къ 1000 кб. с. воды $n = \frac{\Delta}{1,85}$.

Для сыворотки (безразлично также для плазмы или дефибрированной крови, ибо форменные элементы не оказываютъ вліянія) пониженіе точки замерзанія $\Delta = -0,52^\circ\text{C} - 0,53^\circ\text{C}$; количество (n) граммъ-молекулъ въ *литръ* будетъ $\frac{0,52}{1,85} = 0,28$, т. е. молекулярная концентраціа челоѳической сыворотки равна приблизительно одной трети (0,28) граммъ-молекулы на литръ: молекулярный вѣсъ винограднаго сахара 180, слѣдовательно, въ крови винограднаго сахара приходилось бы на литръ одна треть 180, т. е. 60 gr., если бы плотныя вещества кровяной сыворотки были представлены только однимъ винограднымъ сахаромъ; въ случаѣ мочевины, ея содержалось бы 60:3, т. е. 20 gr., и т. д.

Существованіе постоянной опредѣленной молекулярной концентраціи въ сывороткѣ очень важно, такъ какъ благодаря ей сохраняется цѣлость красныхъ кровяныхъ шариковъ: красные кровяные шарики въ нормальномъ видѣ существуютъ только тогда, когда пониженіе точки замерзанія сыворотки близко къ $-0,52 - 0,53^\circ\text{C}$.; въ случаѣ же пониженія или повышенія точки замерзанія геср. молекулярной концентраціи, красные кровяные шарики дезорганизуются. Среднее пониженіе точки замерзанія сыворотки близко подходитъ къ пониженію точки замерзанія раствора поваренной соли 9 gr. на 1000; такой растворъ въ настоящее время признается (для людей и млекопитающихъ животныхъ) *физиологическимъ растворомъ NaCl*.

Свертываніе крови. Наболѣе бросающимся въ глаза свойствомъ крови является ея *способность свертыватся* черезъ нѣсколько минутъ (3—8) послѣ кровопусканія. Свертываніемъ крови организмъ защищается при раненіяхъ: на поверхности раны и внутри пораненнаго сосуда появляется пробка изъ сгустка крови.

Условія несвертываемости крови. Прежде чѣмъ перейти къ вопросу о сущности процесса свертыванія, рассмотримъ, подъ вліаніемъ какихъ веществъ не происходитъ свертыванія крови. Изъ *Art. femoralis* собаки собираемъ кровь въ различныя пробирки: въ одну

кровь безъ всякихъ примѣсей, во вторую съ равнымъ объемомъ 10% NaCl, въ третью—30% растворъ MgSO₄ и двойной объемъ крови, въ четвертую—1% растворъ щавелевокислой соли и крови десятерной объемъ, въ пятую пробирку—3% NaF (фтористый натръ) и десятерной объемъ крови и, наконецъ, въ послѣднюю—кровь съ растворомъ альбумозъ или пептоновъ (послѣ введенія послѣднихъ черезъ вену въ кровяной токъ животнаго). Вскорѣ мы замѣчаемъ, что въ первой пробиркѣ кровь свернулась, а въ остальныхъ она остается жидкою. Очевидно, что нейтральныя соли въ опредѣленныхъ количествахъ, а также пептонъ и альбумозы лишаютъ кровь способности внѣ геср. внутри кровеносныхъ сосудовъ свертываться. Слѣдующая таблица наглядно иллюстрируетъ это отношеніе.

	Способность свертыванія.
1) цѣльная кровь	+
2) 1 объемъ крови + 1 об. 10% NaCl	—
3) 1 " " + 1/3 " 30% MgSO ₄	—
4) 1 " " + 1/10 " 1% щавелевок. натра	—
5) 1 " " + 1/10 " 3% NaF	—
6) пептонная или альбумозная кровь	—

Сущность свертыванія. Теперь перейдемъ къ вопросу о сущности процесса свертыванія. Прежде всего несомнѣнно, что процессъ свертыванія обуславливается веществами, заключающимися въ самой плазмѣ, въ сывороткѣ нѣтъ фибриногена, способнаго свертываться, какъ мы знаемъ, при t°=56°C. Свертываніе заключается въ переходъ *фибриногена* изъ раствореннаго состоянія въ нерастворимую форму—*фибринъ*. Этотъ переходъ фибриногена въ новую форму не совершается самопроизвольно: такъ, существуетъ цѣлый рядъ бѣлковыхъ растворовъ (напр., трансудаты), содержащихъ фибриногенъ, которые лишены способности свертываться самопроизвольно, и выпаденіе въ нихъ фибрина наступаетъ только тогда, когда въ нихъ помѣщаютъ кусочекъ фибрина. Слѣдовательно, переходъ фибриногена въ фибринъ обуславливается какимъ то агентомъ.

Относительно перехода фибриногена въ фибринъ возможны три предположенія: а) или переходъ является простой полимеризаціей, б) или при переходѣ фибриногена въ твердое состояніе къ нему присоединяется какое-нибудь вещество (синтезъ), с) или, наконецъ, при пере-

ходъ происходитъ упрощеніе, при чемъ фибриногенъ расщепляется. Если бы два первые случаи были справедливы, то вѣсь исходнаго матеріала (фибриногенъ) былъ бы или равенъ (а) или менѣе (б) вѣса получающагося продукта (фибринъ), каковое явленіе не наблюдается; наоборотъ, взвѣшиваніе показываетъ, что исходнаго вещества по вѣсу больше получающагося фибрина, что и подтверждаетъ послѣдній (с) взглядъ. Открытіе въ сывороткѣ крови, кромѣ глобулина, также новаго бѣлковаго вещества—*фибринъ-глобулина*, температура свертыванія котораго 64° , служитъ также доказательствомъ въ пользу третьяго предположенія. Слѣдовательно, здѣсь происходитъ обыкновенный процессъ расщепленія, при чемъ фибринъ-глобулинъ остается въ растворѣ, фибринъ же выпадаетъ въ твердомъ видѣ.

Фибринъ-ферментъ (тромбинъ). Вещество, обуславливающее свертываніе крови, легко получить слѣдующимъ образомъ: кровяную плазму высаливаютъ сѣрнокислой магнезіей и фильтратъ свертываютъ подкисленіемъ уксусной кислотой—въ осадкѣ окажется свертывающее кровь вещество. Замѣчательно то, что полученное вещество по условіямъ, при которыхъ оно проявляетъ свою дѣятельность, совершенно напоминаетъ ферменты, вслѣдствіе чего оно и было названо *фибринъ-ферментомъ* или *тромбиномъ*, такъ какъ свертываніе обуславливаетъ закупорку сосуда; онъ относится къ классу ферментовъ, дѣйствующихъ на бѣлки, именно, къ свертывающимъ. Самой благопріятной температурой для дѣятельности фибринъ-фермента является температура въ 38° —общая для всѣхъ ферментовъ.

Фибринъ-ферментъ образуется изъ лейкоцитовъ крови. Пользуясь содержимымъ всѣхъ трехъ слоевъ, образовавшихся въ крови перевязанной *Vena jugularis* лошади, нашли, что фибринъ ферментъ находится въ гущѣ средняго слоя, т. е. въ бѣлыхъ кровяныхъ шарикахъ. Этотъ опытъ, хотя и не вполне чистый, доказываетъ, что фибринъ-ферментъ образуется изъ лейкоцитовъ. Итакъ, *чтобы произошелъ процессъ свертыванія*, прежде всего *необходимо присутствіе матеріала—фибриногена* и агента—*фибринъ-фермента*, подъ вліяніемъ котораго фибриногенъ расщепляется на два тѣла.

Опыты, подтверждающіе необходимость для свертыванія крови фибринъ-фермента. Извѣстно, что кровь въ сосудахъ не свертывается, и это можетъ происходить или потому, что въ крови нѣтъ фибринъ-фермента, или что въ крови есть условія, парализующія дѣятельность его. Цѣлый рядъ доказательствъ даетъ возможность принять первое предположеніе. Обычно кровь при выпусканіи свертывается, но можно употребить нѣкоторые приемы—и кровь останется не свернувшейся. Первый опытъ заключается въ томъ, что сосудъ, куда выпускается кровь, а также трубочки, по которымъ она проте-

каетъ, покрываются веществами, не смачивающимися водой, наприм. парафиномъ, вазелиномъ; тогда кровь не свертывается. Можно думать, что въ этомъ случаѣ кровь находится въ тѣхъ же условіяхъ, какъ и въ сосудахъ; если въ эту кровь прибавить растворъ фибринъ-фермента или прилить дефибринированной крови, то кровь свернется. Слѣдовательно, кровь не свертывалась только потому, что въ ней не было фибринъ-фермента.

Второй опытъ заключается въ томъ, что если кровь птицъ и нѣкоторыхъ земноводныхъ выпускать черезъ чистыя канюли, безъ соприкосновенія съ тканями раны, въ чистый сосудъ, она самопроизвольно также не свертывается; но, если прибавить фибринъ-фермента или дефибринированной крови, то свертываніе наступаетъ. Этотъ опытъ подтверждаетъ выводъ изъ перваго. Итакъ, опыты показываютъ, что *въ живой циркулирующей крови фибринъ-фермента нѣтъ*, но онъ образуется въ моментъ свертыванія подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ условій.

Очевидно, что въ крови, находящейся въ нормальныхъ условіяхъ циркуляціи, распадъ лейкоцитовъ не настолько великъ, чтобы образовалось достаточное для свертыванія количество фибринъ-фермента; но какъ только создаются благоприятныя условія для массового распада лейкоцитовъ, то образуется много фибринъ-фермента, вызывающаго свертываніе крови: всякое инородное тѣло, попадающее внутрь кровеносныхъ сосудовъ, можетъ вызвать значительный распадъ въ прилипающихъ къ нему лейкоцитахъ и повести къ свертыванію крови; тоже самое наблюдается при пораненіи сосуда.

Роль Са въ процессъ свертыванія крови. Далѣе необходимымъ условіемъ наступленія свертыванія крови является присутствіе солей Са. Такъ, дѣйствуя на кровь щавелевокислымъ натромъ, можно предупредить процессъ свертыванія, такъ какъ кальцій плазмы образуетъ нерастворимую соль — щавелевокислый кальцій. Наоборотъ, прибавляя соли кальція къ крови, лишенной этихъ солей, можно вызвать свертываніе.

Вообще, свертываніе крови слагается изъ слѣдующихъ трехъ моментовъ: а) образованіе фибринъ-фермента; б) образованіе фибрина (т. е. расщепленіе фибриногена на фибринъ и фибринъ-глобулинъ); с) выпаденіе фибрина. Долго думали, что соли Са принимаютъ участіе въ осажденіи фибрина (с), но это не вѣрно, такъ какъ осадокъ можно получить свободнымъ отъ всякихъ примѣсей солей; присутствіе солей кальція въ фибринѣ является случайнымъ, какъ случайно присутствіе въ осадкѣ и другихъ примѣсей: соли Mg, K, H_3PO_4 . По той же причинѣ (полученіе осадка фибрина безъ примѣсей) соли кальція не могутъ участвовать во второмъ процессѣ (б). Остается предположить, что соли Са принимаютъ участіе въ образованіи фибринъ-фермента. Это пред-

положеніе подтверждается опытомъ, а именно: если къ плазмѣ со щавелевокислыми солями (гдѣ нѣтъ фибринъ-фермента) прибавить солей Са, то изъ Са и еще какого то вещества образуется фибринъ-ферментъ, и наступаетъ процессъ свертыванія; послѣднее, неизвѣстной природы вещество въ плазмѣ, и было названо *профибринъ-ферментомъ* или *протробиномъ* или *зимогеномъ* фибринъ-фермента. Итакъ, *соли кальція участвуютъ въ образованіи активнаго фибринъ-фермента.*

Приведенными фактами не исчерпывается извѣстное о свертываніи. Такъ, если въ кровь животнаго впрыснуть растворъ пептоновъ или альбумозъ, то кровь такого животнаго теряетъ способность свертываться, хотя въ ней присутствуютъ и фибриногенъ, и фибринъ ферментъ, и соли кальція. Есть основаніе думать, что при впрыскиваніи въ кровь альбумозъ, подѣ дѣйствіемъ послѣднихъ, печеночныя клѣтки вырабатываютъ вещество, парализующее дѣйствіе фибринъ-фермента. Также въ железахъ головного конца пиявокъ находится вещество, вліяніе котораго на процессъ свертыванія совершенно аналогично альбумозамъ.

Форменные элементы крови.

Красныя кровяныя тѣльца. *Структура.* Теперь переходимъ къ изученію красныхъ кровяныхъ тѣлецъ. Диаметръ красныхъ кровяныхъ тѣлецъ равенъ 7—8 μ , передне-задній размѣръ 1,6—2 μ . Красное кровяное тѣльце состоитъ изъ двухъ частей: *стромы* и *гемоглобина*. Одни изслѣдователи полагаютъ, что красное кровяное тѣльце представляетъ собой мѣшочекъ, въ которомъ находится гемоглобинъ; но этотъ взглядъ едва ли справедливъ, и больше соотвѣтствуетъ дѣйствительности тотъ взглядъ, что основа эритроцита, строма, образуетъ сѣтку, въ петляхъ которой находится гемоглобинъ. Несомнѣнно, что та часть протоплазмы, которая въ видѣ оболочки ограничиваетъ эритроцитъ отъ окружающей среды, имѣетъ другой составъ, чѣмъ остальная строма; она состоитъ изъ *липидныхъ* (растворимыхъ въ эфирѣ или подобномъ растворителѣ) *веществъ*; къ нимъ причисляются: нейтральные жиры, холестерины, липохромы и т. п. Липидная оболочка *полупроницаема*, такъ какъ она пропускаетъ воду, но задерживаетъ нѣкоторыя соли.

Условія сохраненія формы тѣльца. Красныя кровяныя тѣльца имѣютъ своеобразную форму диска, сохраняющуюся только до тѣхъ поръ, пока осмотическое давленіе (молекулярная концентрація) сыворотки равняется 0,28. Если же молекулярная концентрація сыворотки будетъ больше нормальной, то изъ эритроцитовъ въ окружающую ихъ среду будетъ выступать вода; въ результатѣ этого гладкая поверхность красного кровяного тѣльца дѣлается бугристой въ формѣ туговой ягоды. При уменьшеній молекулярной концентраціи окружающей эритроциты

среды получается обратное явление: въ красное кровяное тѣльце поступаетъ вода, оно разбухаетъ и дѣлается круглымъ. Наконецъ, при очень значительномъ уменьшеніи молекулярной концентрации сыворотки обѣ составныя части красныхъ кровяныхъ тѣлецъ разъединяются, при чемъ гемоглобинъ переходитъ въ растворъ. Этотъ послѣдній процессъ называется *гемоллизомъ*, а агенты, вызывающіе его—*гемолитическими агентами*.

Думаютъ, что гемоллизъ обуславливается разрывомъ оболочки красныхъ кровяныхъ тѣлецъ отъ наполненія послѣднихъ водой, послѣ чего гемоглобинъ свободно выходитъ изъ шарика. Но гемоллизъ вызывается прибавленіемъ въ крови эфира, хлороформа и др.; эти вещества дѣйствуютъ химически на оболочку краснаго кровяного тѣльца, растворяютъ ее. Слѣдовательно, одни гемолитическіе агенты вызываютъ лопаніе красныхъ кровяныхъ тѣлецъ, другіе растворяютъ оболочку ихъ. Гемолитическихъ агентовъ очень много; къ нимъ, кромѣ перечисленныхъ выше, относятся: *токсины*—яды, вырабатываемые бактеріями, наприм., *тетанотоксинъ*—продукты жизнедѣятельности палочки столбняка; сюда же относятся яды змѣй, нѣкоторыхъ пауковъ, пчелъ и нѣкоторые глюкозиды.

Химическій составъ красныхъ кровяныхъ тѣлецъ. Количество воды колеблется въ предѣлахъ 57—64%, содержаніе плотныхъ веществъ 36—43%; плотныя вещества распределяются между собою такъ, что на долю *гемоглобина* приходится около 80—90% всего ихъ количества, на долю *бѣлковъ* (нуклеоальбумины, глобулины, нуклеопротеиды), *лецитина*, *холестерина* и *неорганическихъ солей* около 10—20%. Изъ неорганическихъ солей въ красныхъ кровяныхъ шарикахъ содержатся Na (за исключеніемъ крови свиней, лошадей и кроликовъ, у которыхъ увеличено содержаніе K), K, Ca, Mg, HCl, P₂O₅.

Гемоглобинъ (Hb). Главной составной частью красныхъ кровяныхъ тѣлецъ является красящее вещество—*гемоглобинъ*. Онъ состоитъ изъ C, H, O, N, S и Fe. Гемоглобинъ—*бѣлковое вещество*, относится къ классу *протеидовъ*, а именно, къ группѣ *хромопротеидовъ*, т. е. къ веществу болѣе сложному, чѣмъ обычныя бѣлки, кромѣ бѣлковой части, содержащему также *протетическую* группу, которая можетъ имѣть различный характеръ. Бѣлковая составная часть гемоглобина своеобразной природы, называется *глобиномъ* (изъ группы гистоновъ); протетическую же группу гемоглобина представляетъ *гемохромогенъ*, въ который переходитъ все желѣзо гемоглобина при расщепленіи его на составныя части. Содержаніе желѣза и отличаетъ *гемоглобинъ* крови отъ другихъ бѣлковыхъ тѣлецъ.

Гемоглобинъ обуславливаетъ цвѣтъ крови: артеріальная кровь имѣетъ алый цвѣтъ, венозная же—пурпуровый съ фіолетовымъ оттѣн-

комъ. Алыи цвѣтъ крови зависитъ отъ того, что Нв въ артеріяхъ находится въ сочетаніи съ кислородомъ въ формѣ *Hb-O₂ оксигемоглобина*; если же кислородъ отнять, то кровь принимаетъ цвѣтъ венозной крови: оксигемоглобинъ переходитъ въ *возстановленный гемоглобинъ*. Процессы отнятія и присоединенія къ Нв кислорода непрерывно совершаются внутри животнаго организма; но оба эти процесса могутъ быть воспроизведены также съ кровью, выпущенной изъ сосудовъ. Прибавляя въ пробирку съ оксигемоглобиномъ вещества, легко отнимающія кислородъ (каковыми являются, напр., сѣрнистый аммоній и закисныя соли желѣза), легко перевести оксигемоглобинъ въ редуцированный гемоглобинъ: 1) $2\text{Hb-O}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{Hb}$; 2) $\text{Hb-O}_2 + 4\text{FeO} = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Hb}$.

Такимъ образомъ, разница между артеріальной и венозной кровью заключается въ томъ, что въ артеріальной крови преобладаетъ оксигемоглобинъ, въ венозной же крови — *Hb*, содержащій меньше кислорода, чѣмъ первый.

Молекулярный вѣсъ Hb очень великъ. Нахожденіе въ частицѣ гемоглобина желѣза позволяетъ опредѣлить молекулярный вѣсъ съ большою точностью. Найдено, во-первыхъ, что желѣзо въ гемоглобинѣ содержится въ количествѣ одного атома, и, во-вторыхъ, что въ 100 gr. *Hb* его содержится 0,336 gr. На основаніи этихъ данныхъ молекулярный вѣсъ гемоглобина опредѣляется по слѣдующей пропорціи:

100 gr. Hb	0.336 gr. Fe
X (молек. вѣсъ Hb)	56 (атомный вѣсъ Fe)
X : 100 = 56 : 0,336; X = $\frac{56 \cdot 100}{0,336}$ или 16666.	

Переходъ гемоглобина въ оксигемоглобинъ, метгемоглобинъ и карбоксигемоглобинъ.

Гемоглобинъ чрезвычайно легко соединяется съ кислородомъ; для этого достаточно простого взбалтыванія раствора гемоглобина съ воздухомъ; каждый граммъ Нв поглощаетъ только 1,34 кб. с. O₂ при 0° и 760 mm. Hg. Это обстоятельство очень важно, такъ какъ даетъ возможность вычислить *молекулярный вѣсъ Hb*:

100 gr. Hb.	связываютъ 134 кб. с. (или 0,1915 gr.) O ₂
X (молекулярн. в.)	32 (молек. вѣсъ O ₂)
X : 100 = 32 : 0,1915; X = $\frac{32 \cdot 100}{0,1915}$ или 16714.	

Соединеніе Hb съ кислородомъ не есть атомистическое, а молекулярное: одна молекула Нв соединяется съ одной молекулой

кислорода (O_2); оно напоминает соединеніе солей съ кристаллизационной водой, наприм., соединеніе молекулы $CuSO_4$ съ пятью частицами воды: $CuSO_4 + 5H_2O$; это соединеніе также молекулярное. Благодаря такому характеру, оксигемоглобинъ легко отдаетъ свой кислородъ: достаточно помѣстить его растворъ въ атмосферу, лишенную кислорода, какъ происходитъ *диссоціація* (подобнымъ же образомъ дѣйствуетъ безвоздушное пространство, пропусканіе тока индифферентнаго газа: азота, водорода). *На рыхлости соединенія гемоглобина съ кислородомъ основанъ процессъ дыханія.*

Метгемоглобинъ. Кромѣ оксигемоглобина, гемоглобинъ даетъ съ кислородомъ еще другое кислородное соединеніе, называемое *метгемоглобиномъ* — *Me-Hb*. Послѣднее соединеніе замѣчательно тѣмъ, что кислорода въ немъ столько-же, сколько въ оксигемоглобинѣ, но онъ тамъ соединенъ иначе, и отнять его не такъ легко, какъ у оксигемоглобина. Очевидно, что метгемоглобинъ содержитъ кислородъ не въ молекулярной, способной къ диссоціаціи, связи.

Изъ $Hb-O_2$ можно получить метгемоглобинъ при дѣйствіи озона, красной кровяной соли, $KClO_3$, J и др. Послѣднія два вещества называются окислителями лишь въ томъ смыслѣ, что при ихъ участіи получается свободный кислородъ: $J_2 + H_2O = 2HJ + O$; $KClO_3 = KCl + O_3$. Наконецъ, изъ $Hb-O_2$ метгемоглобинъ получается при дѣйствіи нѣкоторыхъ лекарственныхъ веществъ, напр., ацетъ-анилида ($C_6H_5NH.CO.CH_3$) или антифебрина, витробензола ($C_6H_5.NO_2$) и др. При переходѣ $Hb-O_2$ въ *Me-Hb* алый цвѣтъ крови измѣняется въ бурый.

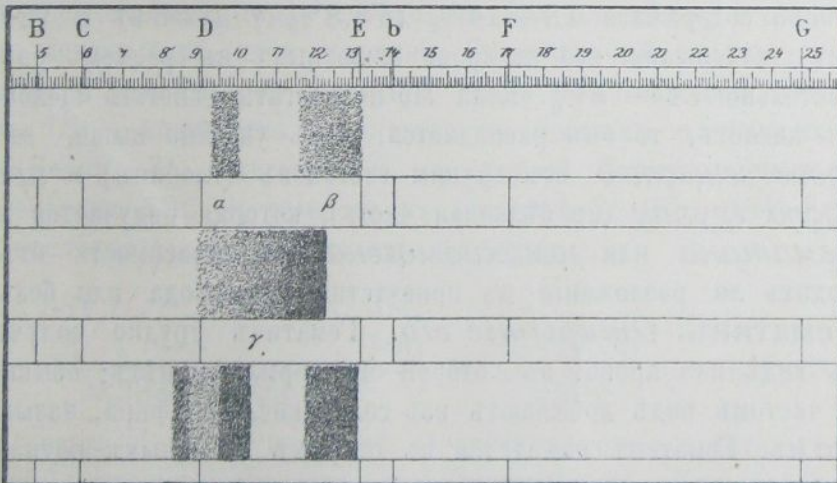
Соединеніе $Hb-O_2$ и $Me-Hb$ съ NO . Оксигемоглобинъ и метгемоглобинъ содержатъ равныя количества кислорода. Какъ $Hb-O_2$, такъ и *Me-Hb* вступаютъ въ сочетаніе съ окисью азота (NO), которая, вытѣсняя кислородъ ихъ, становится на его мѣсто; оставшаяся же NO (берется всегда избытокъ окиси азота) окисляется освободившимся кислородомъ: $Hb-O_2 + pNO = Hb-NO + q.N_2O_4$; N_2O_4 — промежуточное соединеніе, которое распадается на высшіе и низшіе окислы: $2N_2O_4 = N_2O_3 + N_2O_5$, въ присутствіе воды переходяще въ HNO_2 и HNO_3 . Количество азотистой кислоты (HNO_2) легко опредѣлить, такъ какъ она вытѣсняетъ изъ аминоксоединеній азотъ: $R.NH_2 + HNO_2 = R.NO + N_2 + H_2O$.

Такого рода анализъ оксигемоглобина и метгемоглобина показали, что изъ нихъ обоихъ получается одинаковое количество азотистой кислоты; слѣдовательно, въ нихъ обоихъ связано, хотя и различнымъ образомъ, одинаковое количество кислорода, такъ какъ количество образующейся HNO_2 находится въ зависимости отъ кислорода оксигемоглобина и метгемоглобина.

Карбоксигемоглобинъ $Hb-CO$. Изъ соединеній Hb важнымъ является соединеніе съ CO . Послѣднее соединеніе прочнѣе, чѣмъ $Hb-O_2$; такъ, если черезъ $Hb-O_2$ пропускать окись углерода, кислородъ окси-

гемоглобина вытѣсняется, и на его мѣсто становится СО. Соединеніе Нв-СО важно практически, такъ какъ въ воздухѣ, которымъ дышетъ человекъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ появляется промежуточный продуктъ неполнаго сгорания углеродистыхъ соединеній. Окись углерода *ядовита*, такъ какъ она оксигемоглобинъ превращаетъ въ *карбоксигемоглобинъ*, лишенный важнаго свойства перваго—переносить кислородъ. Вдыханіе СО ведетъ сначала къ пораженіямъ нервной системы, а затѣмъ и къ смерти, для чего нѣтъ надобности, чтобы весь Нв-О₂ перешелъ въ Нв-СО.

Спектроскопическое изслѣдованіе гемоглобина. Точнымъ способомъ распознаванія артеріальной и венозной крови служить *спектральный анализъ*. Если на пути солнечнаго свѣта или свѣта Ауэровской горѣлки поставить узкій съ параллельными стѣнками сосудъ, въ которомъ находится растворъ артеріальной крови (Нв-О₂), то въ спектрѣ ясно наблюдаются двѣ полосы поглощенія: одна лежитъ около линіи D *Fraunhofer'a*, а другая около линіи E; первая узкая, болѣе темная и рѣзко очерченная, вторая же болѣе широкая и менѣе рѣзкая, расплывчатая. Эти линіи характерны для Нв-О₂, и существованіе ихъ въ очень разведенныхъ растворахъ съ несомнѣнностью указываетъ на присутствіе Нв-О₂. Если растворъ Нв-О₂ очень крѣпкій, то полосы поглощенія дѣлаются широкими и сливаются, поэтому для изслѣдованія нужно брать разведенные (0,1%) растворы.



Рисунокъ 9.
Спектры оксигемоглобина (верхній), восстановленнаго гемоглобина (средній) и метгемоглобина (нижній).

Первая линія около D соотвѣтствуетъ длинѣ волны лучей свѣта въ 578,1 миллионной мм, вторая же—въ 541,7. Если отъ Нв О₂ отнять кислородъ, то такой растворъ при спектроскопическомъ изслѣдованіи даетъ только одну полосу поглощенія, широкую, слабо очерченную,

располагающуюся между D и E; наиболее темная часть этой полосы соответствует $\lambda=555$ (λ обозначает длину волны лучей свѣта и равняется одной миллионной миллиметра или же 0,001 μ).

Спектральное изслѣдованіе *раствора метгемоглобина* обнаруживаетъ въ спектрѣ характерную для него полосу поглощенія между C и D въ красномъ цвѣтѣ, ближе къ D; середина этой полосы отвѣчаетъ длинѣ волны въ 634 миллионныхъ мм. ($\lambda=634$). Если же въ растворѣ помимо метгемоглобина находится и оксигемоглобинъ, то спектръ покажетъ всѣ три полосы поглощенія: одну между C и D и двѣ между D и E.

Врачу въ жизни часто приходится констатировать *присутствіе CO въ крови*; для этого, если возможно, пользуются спектроскопомъ. Hb-CO въ спектрѣ даетъ двѣ характерныя полосы поглощенія между линіями D и E, расположенныя нѣсколько вправо сравнительно съ полосами оксигемоглобина, при чемъ длина волны первой полосы отвѣчаетъ $\lambda=572$, второй— $\lambda=536$. Но такъ какъ обыкновенно не весь Hb-O₂ въ крови переходитъ въ Hb-CO, то въ спектрѣ получаются сплошныя полосы отъ сліянія двухъ линій Hb-O₂ и двухъ Hb-CO. Чтобы сдѣлать картину спектра ясной, нужно Hb-O₂ возстановить жидкостью *Stokes'a* (амміачный растворъ винокаменной закиси желѣза) или (NH₄)₂S; тогда двѣ полосы Hb-O₂ исчезаютъ, и взамѣнъ ихъ появляется одна полоса редуцированнаго Hb и двѣ полосы Hb-CO.

Продукты разложенія гемоглобина. Въ крови челоѣка гемоглобина содержится 13—14% (13,8% у мужчинъ и 12,6% у женщинъ); содержаніе его въ крови животныхъ въ среднемъ равняется приблизительно 14—15%. Если Hb подвергать дѣйствию щелочей или слабыхъ кислотъ, то онъ распадается, какъ указано выше, на *протеиновое вещество* изъ группы гистоновъ (глобинъ) и *простетическую группу* (не бѣлковая часть), которая получается или въ видѣ *гематина* или *гемохромогена*, въ зависимости отъ того, происходитъ ли разложеніе въ присутствіи кислорода или безъ него.

Гематинъ. Открытіе его. Гематинъ трудно получить въ чистомъ видѣ изъ крови, въ которой его нормально нѣтъ; обыкновенно его въ чистомъ видѣ добываютъ изъ солянокислаго эфира, называемаго *геминомъ*. Гематинъ находится въ старыхъ кровяныхъ пятнахъ, въ мѣстѣ старыхъ кровоизліяній, въ кишечныхъ испражненіяхъ послѣ кишечныхъ кровотеченій. Въ судебно-медицинской практикѣ нерѣдко приходится опредѣлять, содержится ли въ данномъ пятнѣ кровь. Для этого пользуются *пробой Teichmann'a*: сухое пятно соскабливаютъ и съ примѣсью NaCl растираютъ въ ступкѣ въ мелкій порошокъ; затѣмъ ничтожное количество послѣдняго кладутъ на предметное стеклышко, наносятъ каплю ледяной (безводной) уксусной кислоты (для разложенія Hb на бѣлокъ и гематинъ), послѣ чего покрываютъ покровнымъ сте-

кляшкомъ, края котораго также смачиваются той же кислотой и, наконецъ, осторожно нагрѣваютъ на пламени до наступленія кипѣнія (для испаренія избытка уксусной кислоты). Подъ вліяніемъ уксусной кислоты изъ NaCl образуется ничтожное количество HCl, которая съ гематиномъ и даетъ солянокислый эфиръ (гематинъ содержитъ въ своей молекулѣ гидроксильныя группы, почему способенъ съ кислотами давать эфиры).

Этотъ солянокислый эфиръ-геминъ кристаллизуется въ видѣ темно-коричневаго цвѣта удлиненныхъ и узкихъ или короткихъ и широкихъ ромбиковъ, или же въ видѣ иглъ, иногда собирающихся въ звѣздочки. Геминовая проба *Teichmann'a* очень характерна и примѣняется наряду со спектральнымъ анализомъ.

При разложеніи гемоглобина главную массу продуктовъ составляетъ протеиновое вещество *глобинъ* (94⁰/₀), *гемохромогена* же (гематина въ присутствіи кислорода) получается 4,5⁰/₀, а остальные 1,5⁰/₀ принадлежать другимъ составнымъ частямъ. Главная фізіологическая функція принадлежитъ простетической группѣ гемоглобина, протеиновыя же вещества являются лишь футляромъ для ношенія ея.

Строеніе гематина. Раньше гематинъ изображали формулой $C_{32}H_{32}N_4O_4Fe$, но въ новѣйшее время изслѣдователи пришли къ заключенію, что гематину должна принадлежать формула $C_{34}H_{34}N_4O_5Fe$ (а для *гемина* или $C_{32}H_{31}N_4O_3FeCl$ или $C_{34}H_{37}N_4O_4FeCl$). Несмотря на тщательность изслѣдованія, не удастся найти точной формулы строенія гематина, такъ какъ химическій анализъ не достигъ той степени совершенства, которая необходима при опредѣленіи такого огромнаго атомокомплекса, какъ гематинъ. Элементарный анализъ, выражаемый первой или второй формулой, даетъ имъ возможность лишь вычислить ⁰/₀/₀ количества входящихъ въ гематинъ элементовъ. Опредѣлимъ, напр., ⁰/₀ содержаніе С изъ первой формулы: молекулярный вѣсъ гематина 592, а углерода въ гематинѣ $12.32=384$; ⁰/₀ содержаніе послѣдняго опредѣлится изъ пропорціи:

$$\begin{array}{r} 384 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 592 \\ X \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 100 \\ \hline X:384=100:592; \end{array} \quad X = \frac{384 \cdot 100}{592} = 64,86\%$$

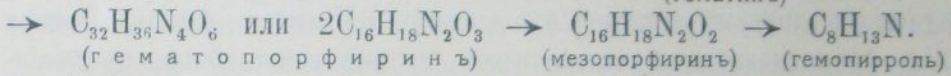
О связи же и группировкѣ элементовъ можно судить только на основаніи изученія продуктовъ распада гематина. Для заключеній о строеніи частицы гематина важно опредѣлить ядро его и наслоенія на немъ. Это достигается послѣдовательнымъ расщепленіемъ гематина. При дѣйствіи на гематинъ HBr, отъ перваго отщепляется минеральное вещество (Fe), и получается *гематопорфиринъ*:

$C_{32}H_{32}N_4O_4Fe + 2HBr + 2H_2O = H_2 + FeBr_2 + 2C_{16}H_{18}N_2O_3$ (*гематопорфиринъ*). Важность гематопорфирина состоитъ въ томъ, что элементарный составъ его одинаковъ съ составомъ пигмента желчи —

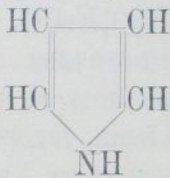
билирубиномъ ($C_{16}H_{18}N_2O_3$), но оба пигмента отличаются другъ отъ друга своими свойствами. Сходство гематопорфирина и билирубина подтверждается, между прочимъ, тѣмъ, что оба они даютъ реакцію *Gmelin'a*: они, слѣдовательно, изомерны, но не идентичны.

Дальнѣйшее изученіе заключалось въ томъ, что гематопорфиринъ подвергался возстановленію дѣйствиємъ HJ , а также іодистаго фосфонія $(PH_4)J$ [который получается при дѣйствиі фосфористаго водорода на HJ : $PH_3 + HJ = (PH_4)J$]. При дѣйствиі этихъ агентовъ изъ гематопорфирина получается нестойкое соединеніе $C_{16}H_{18}N_2O_2$ — *мезопорфиринъ*; наконецъ, при болѣе энергичномъ возстановленіи удалось получить простое тѣло состава $C_8H_{13}N$, называемое *гемопирроломъ*.

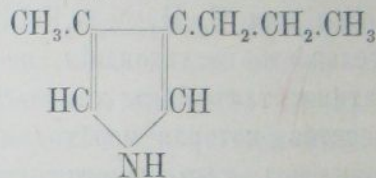
Итакъ, гематинъ подѣйствиємъ опредѣленныхъ реактивовъ послѣдовательно проходитъ слѣдующія стадіи: $C_{32}H_{32}N_4O_4Fe \rightarrow$



Послѣднее соединеніе — маслянистая жидкость — оказалось производнымъ *пиррола* — тѣла циклическаго ряда, состоящаго изъ 4 хъ группъ CH и одной NH . Гемопирроль можно получить изъ пиррола замѣною одного H на пропиловую группу, а другого на метиловую:



Пирроль

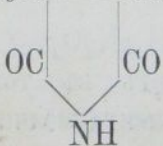
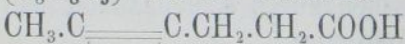


Гемопирроль

Полученное соединеніе — *метилпропилпирроль* — соотвѣтственно элементарному составу и полученію его изъ крови, названо *гемопирроломъ*.

Архитектура строенія гематина.

Продукты разложенія гематина resp. гематопорфирина. Прежде чѣмъ окончательно установить формулу гематина, посмотримъ, какіе продукты получаютъ при его окисленіи. Изъ гематина, при окисленіи хромовой кислотой, получаютъ, кромѣ желѣзосодержащей очень похожей на гематинъ части, два производныхъ пиррола, при чемъ одно азотистое — имидъ трехосновной *гематиновой кислоты* ($C_8H_9NO_4$), а другое, безазотистое, можетъ быть разсматриваемо, какъ ангидридъ ($C_8H_8O_5$) той же кислоты:



$= C_8H_9NO_4$, — имидъ гематиновой кислоты.

родъ изъ воздуха и отдаетъ его клѣткамъ животнаго организма, необходимо рассмотретьъ вопросъ *о состоянiи газовъ въ жидкости*. Если жидкость приходитъ въ соприкосновенiе съ газомъ, то послѣднiй проникаетъ въ жидкость до насыщениа ея, при чемъ степень насыщениа находится въ зависимости, помимо рода и объема жидкости, отъ температуры, давленiя и химической природы газа. Рассмотримъ физическiе законы, выражающiе эту зависимость.

По закону Henry (1803): количество газа, растворимаго при данной температурѣ въ единицу объема жидкости, прямо пропорционально давленiю газа, остающагося надъ жидкостью неразвореннымъ. Такъ, если мы обозначимъ V объемъ жидкости, въ которой газъ будетъ растворяться, P давленiе газа надъ жидкостью, Q массу (вѣсъ) газа, растворившагося въ объемѣ жидкости, и v объемъ, который занималъ бы этотъ газъ при давленiи P , то по закону *Henry* зависимость между этими величинами выразится:

$$(1) Q = k \cdot V \cdot P,$$

гдѣ k постоянное для каждаго газа число, т. е. зависящее только отъ рода газа, жидкости и температуры. Съ другой стороны, Q пропорционально v и P , т. е. $Q = v \cdot P$; но такъ какъ количество растворившагося газа находится въ зависимости отъ рода газа, то

$$(2) Q = v \cdot P \cdot k_1.$$

(k_1 вторая постоянная—отношенiе между массою газа и объемомъ раствореннаго газа при давленiи P). Подставивъ послѣднее значенiе Q въ первое уравненiе (1), получимъ: $v \cdot P \cdot k_1 = k \cdot V \cdot P$ или $v : V = k : k_1$; обозначая $k : k_1$ новой постоянной a , имѣемъ $v : V = a$, откуда

$$(3) v = a \cdot V,$$

т. е. *отношенiе объема раствореннаго газа (при давленiи неразвореннаго) къ объему жидкости есть величина постоянная при данной температурѣ; она называется коэффициентомъ растворимости даннаго газа въ единицу объема данной жидкости.* Такимъ образомъ, объемъ раствореннаго газа въ данномъ объемѣ жидкости (при равныхъ прочихъ условiяхъ) не зависитъ отъ давленiя P .

Если же измѣрить объемъ (v_1) раствореннаго газа при 0° и 760 мм. Hg, и объемъ газа (v), раствореннаго при давленiи P , то, согласно закону *Boyle'я-Mariott'a*: $v_1 \cdot 760 = v \cdot P$ или $v = \frac{v_1 \cdot 760}{P}$;

подставивъ значенiе v въ уравненiе (3), получимъ: $\frac{v_1 \cdot 760}{P} = a \cdot V$,

$$\text{откуда (4) } v_1 = a \cdot \frac{V \cdot P}{760}.$$

По послѣдней формулѣ можно сдѣлать заключеніе, что объемъ раствореннаго газа зависитъ отъ давленія—заключеніе прямо противоположное предыдущей формулѣ. Но это видимое противорѣчіе устраняется, если принять во вниманіе, что утвержденіе—объемъ газа, раствореннаго въ жидкости, зависитъ отъ объема послѣдней и не зависитъ отъ давленія—имѣетъ мѣсто при условіи, что объемъ газа измѣряется при томъ же давленіи, подъ которымъ онъ находится надъ жидкостью. Такъ какъ впослѣдствіи будутъ производиться наблюденія при нормальномъ давленіи, то мы будемъ пользоваться исключительно послѣдней формулой, которая говоритъ, что *объемъ раствореннаго газа равняется коэффициенту растворимости, умноженному на частное отъ произведенія объема растворителя и даннаго давленія на нормальное давленіе.*

Сравнимъ объемы газовъ при разныхъ давленіяхъ: тогда

$$v_1 = a \cdot \frac{V \cdot P_1}{760}, \quad v_2 = a \cdot \frac{V \cdot P_2}{760}, \quad v_3 = a \cdot \frac{V \cdot P_3}{760} \dots$$

Отношеніе этихъ объемовъ будетъ слѣдующее:

$$(5) \quad v_1 : v_2 : v_3 \dots = P_1 : P_2 : P_3 \dots$$

Слѣдовательно, *объемы растворенныхъ газовъ пропорціональны давленію.*

Если же имѣемъ дѣло и съ различными газами (газовая смѣсь), то, такъ какъ коэффициенты растворимости ихъ различны,

$$\text{будемъ имѣть: } v_1 = a_1 \cdot \frac{V \cdot P_1}{760}, \quad v_2 = a_2 \cdot \frac{V \cdot P_2}{760}, \quad v_3 = a_3 \cdot \frac{V \cdot P_3}{760} \dots$$

или отношенія этихъ объемовъ:

$$(6) \quad v_1 : v_2 : v_3 \dots = a_1 P_1 : a_2 P_2 : a_3 P_3 \dots$$

т. е. *объемы разнородныхъ газовъ при различныхъ давленіяхъ и коэффициентахъ растворимости пропорціональны произведеніямъ коэффициентовъ растворимости соотвѣтствующаго газа на давленіе.*

Въ заключеніе этихъ законовъ приведемъ таблицу *коэффициентовъ растворимости* нѣкоторыхъ наиболѣе важныхъ для врача газовъ въ водѣ, а также въ крови, въ кровяныхъ тѣльцахъ и плазмѣ животнаго организма.

Количество, напр., растворенныхъ въ водѣ *кислорода* и *азота* при 0° и 760 мм. Hg опредѣляется [на основаніи пропорціи (6)] изъ уравненія $V_O : V_N = a_1 P_1 : a_2 P_2$; такъ какъ кислорода въ воздухѣ 20%, а азота 80%, то *парціальное давленіе* перваго = $\frac{1}{5}$, а втораго $\frac{4}{5}$ атмосфернаго давленія; далѣе, коэффициенты растворимости этихъ газовъ при $t = 0^\circ$ равняются для кислорода 0,04, для азота—0,02; поэтому: $V_O : V_N = 0,04 \cdot \frac{1}{5} : 0,02 \cdot \frac{4}{5} = 1 : 2$. Слѣдовательно,

при 0° и 760 mm. ртутного столба кислорода по объему растворится 33%, а азота 66%.

Растворитель	Коэффициентъ растворимости при $t=38^{\circ}\text{C}$.		
	кислородъ	азотъ	угольная кислота
Вода	0,026	0,012	0,555
Плазма	0,023	0,012	0,541
Кровь цѣльная	0,022	0,011	0,511
Кровяныя тѣльца	0,019	0,009	0,450

Условія растворимости газа въ жидкостяхъ. Если давленіе газа на поверхность жидкости, поглотившей опредѣленный объемъ этого газа, уменьшить, то часть его выйдетъ изъ жидкости. Слѣдовательно, между раствореннымъ въ жидкости газомъ и газомъ надъ жидкостью существуетъ опредѣленная зависимость, которая выражается въ томъ, что *напряженіе газа въ жидкости равняется давленію газа надъ жидкостью*. Поэтому, для того, чтобы газъ не вышелъ изъ жидкости, необходимо, чтобы напряженіе газа въ жидкости было равно давленію газа надъ жидкостью. Но такъ какъ *коэффициентъ растворимости зависитъ отъ температуры и тѣмъ меньше, чѣмъ выше температура*, то, очевидно, нагрѣваніемъ можно получить жидкость, лишенную газа: $v=a.V$; если $a=0$, то $v=0$. Кромѣ нагрѣванія, жидкость можно освободить отъ растворенныхъ въ ней газовъ соприкосновеніемъ съ пустотой *Toricelli*.

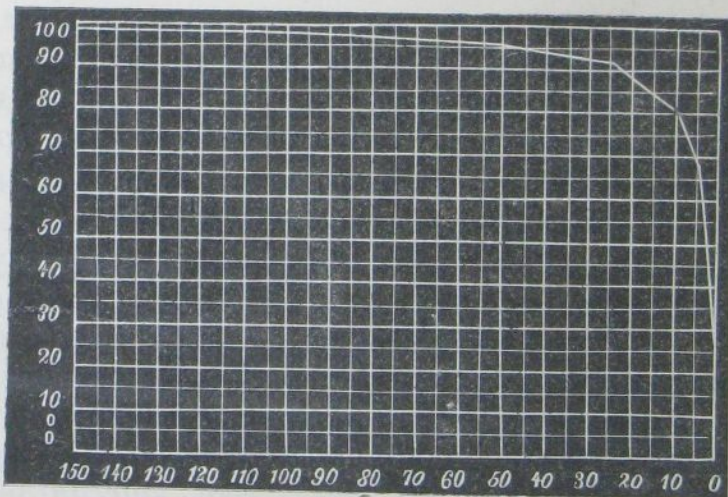
Состояніе кислорода въ крови. Изъ 100 куб. см. артеріальной крови при температурѣ 37° С. удалось добыть 20 куб. с. кислорода; между тѣмъ при этихъ условіяхъ плазма способна растворить лишь 0,303 куб. с. Это несогласіе объясняется тѣмъ, что растворимость кислорода въ крови находится не только въ зависимости отъ физическихъ условій, но и отъ химическихъ: *кислородъ въ крови не просто растворенъ въ плазмѣ, но находится въ видѣ химическихъ соединеній*. Въ крови кислородъ связанъ съ гемоглобиномъ; это — связь *диссоціирующая*, т. е. зависящая отъ внѣшнихъ условій.

Роль Hb въ крови, какъ переносчика кислорода. Способность оксигемоглобина къ диссоціаціи и опредѣляетъ

его роль въ животномъ организмѣ. Для наглядности представимъ полый шаръ, наполненный опредѣленнымъ объемомъ раствора кристаллическаго оксигемоглобина при 0°. Если мы теперь станемъ нагревать шаръ до $t^{\circ}=20^{\circ}-40^{\circ}$, то нѣкоторая часть $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$ распадается на Hb и O , при чемъ известная часть $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$ остается нераспавшейся, вслѣдствіе чего въ шарѣ будутъ находиться три вещества: $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$, Hb и O , между которыми въ концѣ концовъ устанавливается равновѣсіе; въ тотъ моментъ, когда напряженіе кислорода въ растворѣ достигнетъ известной степени, диссоціація $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$ прекращается.

Этотъ опытъ можно видоизмѣнить. Беремъ два полыхъ шара, соединенныхъ между собою краномъ. Въ нижній шаръ помѣщается чистый $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$, а въ верхній—чистый кислородъ. При нагреваніи $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$ распадается на три вышеупомянутыхъ части, которыя будутъ находиться въ равновѣсіи. Если теперь открыть кранъ и установить сообщеніе между шарами, то напряженіе кислорода въ обоихъ сосудахъ можетъ быть или равнымъ, или въ одномъ изъ нихъ будетъ больше или меньше, чѣмъ въ другомъ. Въ случаѣ равнаго напряженія не произойдетъ никакого измѣненія; въ томъ же случаѣ, когда въ верхнемъ сосудѣ напряженіе кислорода больше нижняго, известная часть кислорода начнетъ поглощаться гемоглобиномъ послѣдняго шара и образовывать $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$ до тѣхъ поръ, пока не наступитъ равновѣсія; въ случаѣ же, когда въ верхнемъ сосудѣ напряженіе кислорода окажется меньшимъ, чѣмъ въ нижнемъ сосудѣ, часть $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$ начнетъ диссоциировать.

Степень диссоціаціи оксигемоглобина (14% раствора) при различныхъ давленіяхъ иллюстрируетъ нижеприводимая кривая *Hüfner'a*.



Рисунокъ 10.

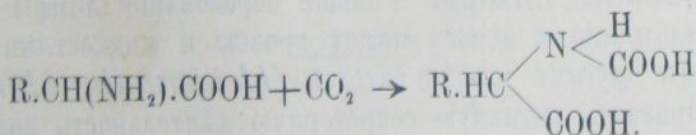
Кривая %%. недиссоциированнаго $\text{Hb}\cdot\text{O}_2$ (14% раствора) при различныхъ (отъ 0 до 150) парциальныхъ давленіяхъ кислорода (по *Hüfner'y*).

Эти цифры непримѣнимы къ крови, такъ какъ въ ней концентрація раствора Нв другая. На 100 gr. крови собаки приходится 14—15 gr. гемоглобина, человѣка же 13—14 gr.; это есть та норма, по количеству которой оцѣнивается состояніе крови и состояніе здоровья. Такъ какъ гемоглобинъ заключенъ исключительно въ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ, составляющихъ $\frac{1}{3}$ крови, то концентрація Нв въ нихъ будетъ не 13—14%, а приблизительно 40. При такой концентраціи Нв (40%) поглощеніе CO_2 красными кровяными тѣльцами при соответствующемъ давленіи выразится слѣдующими цифрами:

Напряженіе CO_2 .	Объемъ связанной CO_2 .
10 mm.	0,322 кб. с.
20 „	0,448 „ „
30 „	0,541 „ „

Такъ какъ напряженіе CO_2 въ крови равно 30 mm. Hg, а количество Нв въ 100 gr. крови равно 13—14 gr., то красныя кровяныя тѣльца могли бы связать $0,541 \cdot 13 = 7,033$ кб. с. CO_2 на 100 gr. крови. Въ общемъ CO_2 , находящейся просто въ растворѣ и въ связи съ глубиномъ эритроцитовъ, оказывается 0,5 кб. с. (количество CO_2 просто въ растворѣ $+ 7,033 = 7,533$ кб. с.; между тѣмъ какъ всего CO_2 содержится въ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ 13—14 кб. с., слѣдовательно, остальные 5—6 куб. с. CO_2 должны быть химически связаны съ другими веществами, заключающимися въ стромѣ.

Въ составъ стромы красныхъ кровяныхъ тѣлецъ входятъ глобулинъ, лецитивъ и неорганическія вещества (фосфорнокислыя и углекислыя соли). Что касается бѣлковыхъ веществъ (слабыя основанія и слабыя кислоты) и ихъ производныхъ — аминокислотъ, то въ послѣднее время было показано, что ови могутъ сочетаться съ CO_2 :



Минеральныя соли стромы красныхъ кровяныхъ тѣлецъ могутъ вступать въ соединеніе съ угольной кислотой; такъ, напр., отъ двуаминнаго фосфата углекислота можетъ отнимать основаніе въ присутствіи воды; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$.

Азотъ въ крови находится въ весьма незначительномъ количествѣ, въ среднемъ его содержится 1,8% объемныхъ (при 0° и

760 мм. Hg) какъ въ артеріальной, такъ и въ венозной крови. Въ большей своей части онъ находится въ состояніи простого поглощенія и не играетъ никакой непосредственной роли въ жизненныхъ процессахъ.

Лимфа и млечный сокъ (хилуезъ) *).

Роль лимфы. Назначеніе лимфы состоитъ въ томъ, чтобы снабжать элементы органовъ необходимыми питательными веществами, которыя постоянно поступаютъ въ нее изъ крови; съ другой стороны, она воспринимаетъ изъ клѣтокъ тканей продукты обмена и отдаетъ ихъ крови. Такимъ образомъ, при помощи лимфы происходитъ обменъ веществъ между кровью и тканями.

Количество и условія выдѣленія лимфы. Количество выдѣляемой лимфы непостоянно, и у собаки изъ грудного протока за 24 ч. въ среднемъ вытекало 640 кб. с. (*Heidenhain*). У человѣка въ одномъ случаѣ за 12—13 часовъ послѣ принятія пищи получено въ общемъ 1133—1372 грм. хилуса. Голоданіе уменьшаетъ количество лимфы, противоположно дѣйствуетъ увеличеніе общаго количества крови (вливаніе), сильныя активныя или пассивныя движенія и т. н. *лимфогонныя средства*. Одни лимфогонныя вещества—экстракты мышцъ рака, пивокъ, пептонъ, яичный бѣлокъ—вызываютъ усиленное отдѣленіе лимфы безъ повышенія кровяного давленія, при чемъ плазма обдѣиваетъ бѣлкомъ, а лимфа содержитъ его больше. Другія лимфогонныя вещества—сахаръ, мочевины, NaCl и др., вызываютъ усиленное отдѣленіе лимфы, болѣе богатой водой (и кровь тоже становится богаче водой).

Образованіе лимфы. Раньше образованіе лимфы объяснили явленіями фильтраціи и осмоса между кровью и жидкостями ткани, но по возрѣніямъ другихъ изслѣдователей (*Heidenhain, Hamburger*) приходится признать активную секреторную дѣятельность эндотелія капиллярныхъ сосудовъ.

Составъ и свойства. Лимфа представляетъ собою жидкость соломенно-желтаго цвѣта, прозрачную или опалесцирующую, щелочной реакціи, уд. вѣса 1,012—1,022. Химическій составъ лимфы качественно подобенъ составу кровяной плазмы, количественно—подвергаясь

*) Добавленіе.

большимъ колебаніямъ въ зависимости отъ различныхъ условій. Въ составъ лимфы входятъ слѣдующія вещества.

Воды больше, чѣмъ въ кровяной плазмѣ, почему уд. вѣсъ равенъ всего 1,012—1,022. Хилусъ сравнительно съ лимфой содержитъ меньше воды, но богаче ея плотными веществами.

Бѣлки—сывороточный глобулинъ, альбуминъ, фибриногенъ. По сравненію съ кровяной плазмой, всѣ эти вещества содержатся въ лимфѣ въ значительно меньшихъ количествахъ, чѣмъ, между прочимъ, объясняется медленное подѣйствию фибринъ-фермента свертываніе ея, которое наступаетъ не сразу во всей жидкости.

Сахаръ находится въ такомъ же количествѣ, какъ и въ кровяной плазмѣ: въ лимфѣ находили діастатическій ферментъ.

Количество **жира** колеблется отъ 0,4 до 0,9⁰/₀, при нѣкоторыхъ же условіяхъ лимфа можетъ содержать его такія же большія количества, какъ и хилусъ. **Хилусъ** (лимфатическій сокъ кишекъ) у голодающаго имѣетъ видъ лимфы, но послѣ принятія богатой жиромъ пищи онъ становится молочно-мутнаго вида отъ взвѣшенныхъ капель жира. Природа послѣдняго зависитъ отъ рода пищи. Большая часть жира содержится въ видѣ нейтральныхъ жировъ, и только незначительное количество въ видѣ жирныхъ кислотъ или мылъ (при обильномъ кормленіи свободными жирными кислотами).

Экстрактивныхъ веществъ (мочевины и пр.) содержится въ количествѣ 4—5 на 1000 кб. см.

Минеральныя вещества въ количественномъ отношеніи колеблется отъ 4—7 на 1000 кб. см. и состоятъ изъ NaCl , Na_2CO_3 , K_2HPO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$.

Газы. Лимфа содержитъ слѣды кислорода (0,1⁰/₀), угольную кислоту 37,4—53,1⁰/₀, азотъ 1,6⁰/₀ (при 0° и 760 мм. Нг).

Форменные элементы представлены лейкоцитами и эритроцитами.

Превращеніе веществъ въ организмъ.

Въ этомъ отдѣлѣ мы рассмотримъ тѣ превращенія, которыя испытываютъ питательныя вещества, поступающія въ кровь и разносимыя ею по органамъ и тканямъ организма.

Судьба бѣлковъ въ организмъ.

Роль бѣлковъ. Мы знаемъ, что большая часть бѣлковъ въ полости желудочно-кишечнаго канала превращается въ аминокислоты, которыя въ эпителии слизистой оболочки кишечника переходятъ, по всей вѣроятности, въ типичныя бѣлки кровяной плазмы. Последніе служатъ тѣмъ азотистымъ матеріаломъ, на счетъ котораго живутъ клѣтки животнаго организма. Въ смыслѣ питанія бѣлокъ занимаетъ исключительное положеніе: можно представить питаніе безъ углеводовъ и жировъ, питаніе же безъ бѣлковъ неосуществимо. Потребность въ бѣлкѣ велика, но норма его колеблется въ зависимости отъ возраста, расы и т. д. При условіяхъ нашей жизни взрослый человѣкъ нуждается въ 120—150 gr. бѣлка ежедневно. Займемся теперь разрѣшеніемъ вопроса, въ чемъ заключается необходимость такого количества бѣлковъ.

Можно думать, что вводимымъ бѣлкомъ возстанавливается потеря азотистыхъ веществъ, происходящая въ теченіе сутокъ: слущиваніе роговыхъ чешуекъ кожи, клѣтокъ пищеварительнаго тракта, потеря въ видѣ половыхъ продуктовъ, изнашивание красныхъ и бѣлыхъ кровяныхъ тѣлецъ, смѣна поколѣній въ мышечныхъ элементахъ сердца, нервахъ и т. д. Но въ цѣломъ эта потеря за сутки достигаетъ всего 30—40 gr. бѣлка; поэтому необходимость для организма остальныхъ 90—110 gr. нужно объяснить другими причинами. Можно было бы предположить, что взрослый организмъ откладываетъ бѣлокъ въ опредѣленныхъ частяхъ тѣла, какъ это имѣетъ мѣсто въ растущемъ организмѣ; но при нормальныхъ условіяхъ такихъ отложеній не находится въ организмѣ взрослому. Правда, въ мышечной системѣ подъ вліяніемъ гимнастическихъ упражненій наблюдается увеличеніе количества мышечныхъ бѣлковъ, ведущее къ увеличенію массы мускулатуры; но этотъ исключительный случай недостаточенъ для объясненія общей необходимости большихъ количествъ вводимаго бѣлка.

Что потребность въ бѣлкѣ не вызывается отложеніями послѣдняго въ организмѣ, подтверждается тѣмъ фактомъ, что на килограммъ вѣса и у ребенка и у взрослоа приходится одинаковое количество бѣлка. Такъ, 7-ми мѣсячный ребенокъ вѣсомъ въ 8 килограммовъ ежедневно выпиваетъ 950 gr. молока, при чемъ въ этомъ количествѣ заключалось:

бѣлка	15,2 gr.	сахара	58,0 gr.
жира	32,2 „	солей	1,9 „ ;

на одинъ килограммъ вѣса ребенка приходилось бѣлка 15,2:8, т. е. 2 gr. У взрослоа человека, средній вѣсъ котораго 70 клгр., на килограммъ вѣса приходится приблизительно то же количество: 140:70, другими словами 2 gr.

Всѣ эти факты приводятъ насъ къ тому заключенію, что бѣлковые вещества, съ которыми вводится въ организмъ азотъ, идутъ на *возстановленіе тѣхъ бѣлковъ тканей и клѣтокъ*, которыя въ жизненномъ процессѣ разрушаются до азотистыхъ соединеній простого строенія, какъ, напри., амміакъ, мочевины—и въ такомъ видѣ покидаютъ организмъ.

Пути выдѣленія азота. Предполагали, что азотъ выдѣляется при выдыханіи, но оказалось, что въ послѣднемъ случаѣ выдыхается лишь азотъ воздуха, попавшій въ легкія. Остаются два пути для выдѣленія азота—*моча и каловыя массы*, при чемъ лишь небольшая часть азота выдѣляется въ фекальныхъ массахъ, большее же количество азота находится въ мочѣ. Такъ, собака выдѣляетъ мочей 97%—99% азота и только 3%—1% приходится на долю фекальныхъ массъ. Замѣчательно то, что *азотъ фекальныхъ массъ* отличенъ отъ азота, содержащагося въ мочѣ: въ каловыхъ массахъ находятъ или отбросы пищевыхъ бѣлковъ, неизмѣненныхъ въ процессахъ пищеваренія, или же азотъ элементовъ и веществъ, непосредственно принадлежащихъ самому организму, но не подвергшихся процессу усвоенія: эпителиальныя клѣтки слизистой оболочки кишекъ, муцины, бѣлокъ пищеварительныхъ соковъ, азотъ гнилостнаго превращенія бѣлковъ и др. *Азотъ* же, выдѣляемый *почками*, является продуктомъ разрушительныхъ процессовъ, при которыхъ азотосодержащія тѣла превращаются въ простыя тѣла, въ видѣ которыхъ и покидаютъ организмъ.

Количество выдѣляемао азота. Въ сутки мочей выдѣляется 10—16 gr. азота. У человека и животныхъ, близкихъ къ нему по своей организаціи, большая часть азота приходится

на долю *мочевины* (обозначается черезъ Ur), остальная часть распределяется между *амміакомъ*, *мочевой кислотой* и другими азотистыми веществами (креатининъ, ксантиновыя тѣла). Такъ, если

количество N въ мочѣ примемъ за 100, то получимъ слѣдующую цифровую таблицу:

Въ 100 гр. азота мочи содержится N въ видѣ:	
мочевины	84—91% или 86% въ средн.
амміака	2 — 5% " 3% "
мочевой кислоты	1 — 3% " 2% "
остальныхъ азотистыхъ продуктовъ (креатининъ, ксантиновыя тѣла и пр.).	7—12% " 9% "

У ребенка наблюдается большее количество мочевой кислоты и амміака. У рептилій и птицъ азотъ выдѣляется преимущественно не въ видѣ мочевины, равной всего нѣсколько %, а въ видѣ мочевой кислоты, достигающей 60%—70%.

Понятіе объ азотистомъ равновѣсіи. Для пониманія сущности азотистаго обмѣна необходимо познакомиться съ понятіемъ объ азотистомъ равновѣсіи. Азотистое равновѣсіе есть то состояніе, когда введенный въ организмъ азотъ равенъ всему азоту, выведенному съ мочей и фекальными массами. Для опредѣленія азотистаго равновѣсія необходимо опредѣлить, по способу *Kjeldahl'*я, весь азотъ пищи съ одной стороны и азотъ мочи, фекальныхъ массъ съ другой. При опытахъ съ обмѣномъ веществъ надъ животными устанавливается возможность троякаго рода результатовъ: или N пищи < N, выдѣленнаго организмомъ, или N пищи > N послѣдняго, или, наконецъ, N пищи = N выдѣленному. Для иллюстраціи этихъ положеній приведемъ нѣсколько примѣровъ:

1) Большая собака въ теченіе 49 дней получила 73500 гр. мяса, въ которыхъ заключалось азота 2499 гр. При опредѣленіи въ теченіе этого времени азота въ мочѣ и фекальныхъ массахъ оказалось, что мочей животнаго выдѣлилось 2495 гр., а каловыми массами 30,6 гр., въ общемъ—2525,6 гр. Можно сказать, что собака была въ состояніи азотистаго равновѣсія, т. к. разница 26,6 гр. по отношенію ко всему азоту составляетъ ничтожную величину.

2) Собака въ теченіе 23 дней получила 34500 гр. бѣлка, въ нихъ 1173 гр. N. Мочей она выдѣлила 1163,5 гр. N, фекальными массами 13,4 гр., всего—1176,9 гр. N. Въ этомъ случаѣ азотистое равновѣсіе выражается съ еще большей точностью.

3) Собакѣ въ теченіе 58 дней дали 29000 гр. мяса, въ которомъ азота было 986 гр. Азота въ мочѣ въ теченіе этого времени

оказалось 943,7 gr., въ фекальныхъ же массахъ 39,1 gr., а всего — 982,8 gr. N.

Послѣдній опытъ наиболѣе чистый и представляетъ примѣръ азотистаго равновѣсія. Въ томъ случаѣ, когда N пищи = N мочи + N фекальныхъ массъ, обыкновенно говорятъ, что организмъ находится въ состояніи *азотистаго равновѣсія*; если же N пищи < N мочи + N фекальныхъ массъ, то равновѣсіе нарушено и организмъ долженъ жить на счетъ азота своихъ тканей; наконецъ, въ случаѣ, когда N пищи > N мочи + N фекальныхъ массъ, то азотъ задерживается въ организмѣ, что наблюдается при ростѣ послѣдняго.

Откуда же и какимъ образомъ происходятъ въ организмѣ животныхъ конечные продукты распада бѣлковъ?

Происхожденіе мочевины.

Что мочевина (диамидъ угольной кислоты: $\text{CO} \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{matrix} \rightarrow \text{CO} \begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$)

происходитъ изъ бѣлка, доказывается тѣмъ, что количество ея зависитъ отъ количества бѣлковъ пищи. Такъ, напр., собака кормилась мясомъ въ количествѣ прогрессивно возрастающемъ, въ то же время наблюдалось прогрессивное увеличеніе количества образующейся въ организмѣ животного мочевины:

Количество мяса	Количество мочевины	Количество мяса	Количество мочевины
300 gr.	32 gr.	1500 gr.	106 gr.
600 „	49 „	1800 „	128 „
900 „	68 „	2000 „	144 „
1200 „	88 „	2500 „	173 „

Замѣчательно, что количество мочевины зависитъ исключительно отъ количества введеннаго съ пищей и разрушеннаго организмомъ бѣлка, мышечный же трудъ и температура нисколько не отражаются на увеличеніе или уменьшеніе мочевины.

Какимъ же образомъ происходитъ мочевина изъ бѣлка? Для рѣшенія этого сложнаго вопроса нужно было бы прослѣдить судьбу бѣлка крови, поступившаго въ клѣтки животного организма и выдѣленнаго изъ нихъ. Но за процессомъ ассимиляціи и дезассимиляціи бѣлка въ клѣткахъ услѣдить невозможно; лишь только продукты гидролитическаго расщепленія бѣлка — аминокислоты, вошли въ стѣнки кишекъ, дальнѣйшая судьба ихъ отъ насъ почти совершенно скрыта. Въ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ, въ клѣткахъ печени, центральной нервной системы и другихъ органовъ количество бѣлка и составъ его индивидуально раз-



Образование мочевины из моноаминокислотъ

Кромѣ диаминокислотъ, въ животномъ организмѣ мочевины можетъ образоваться изъ моноаминокислотъ путемъ *синтеза*. Введеніе H_2O или подкожно млекопитающимъ такихъ моноаминокислотъ, какъ гликоколь, аланинъ, лейцинъ, аспарагиновая кислота, вызываетъ увеличенное выдѣленіе въ мочѣ мочевины, въ видѣ которой удаляется введенный съ аминокислотами азотъ. Въ слѣдующей таблицѣ представленъ примѣръ взаимоотношенія между введеніемъ аминокислотъ и увеличеніемъ мочевины въ мочѣ:

У перваго животнаго.	Количество N въ мочевинонѣ	У втораго животнаго.	Количество N въ мочевинонѣ.
Въ 1-й день . . .	3,25 gr.	Въ 1-й день . . .	4,5 gr.
„ 2-й „ . . .	3,06 „	„ 2-й „ . . .	4,52 „
Послѣ введенія 14,6 gr. гликоколя:		„ 3-й „ . . .	4,34 „
Въ 3-й день . . .	5,68 „	„ 4-й „ . . .	4,58 „
„ 4-й „ безъглик.	3,41 „	Послѣ введенія 25 gr. гликоколя:	
„ 5-й „ „ „	3,25 „	Въ 5-й день . . .	7,44 „

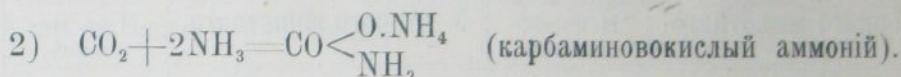
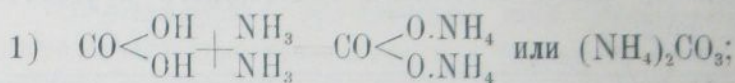
Слѣдующая таблица иллюстрируетъ опыты, подтверждающіе не только возможность образованія мочевины изъ различныхъ аминокислотъ, но указывающіе мѣсто этого образованія, именно въ печени.

При искусственномъ кровообращеніи вырѣзанной печени на каждые 100 gr. крови		
до введенія аминокислотъ было U:	Вводимыя аминокислоты.	Послѣ введенія аминокислотъ оказалось U:
0,059 gr.	2 gr. гликоколя	0,146 gr. (+100%)
0,036 „	2 „ аспарагинов.к.	0,062 „ (+50%)
0,056 „	2 „ лейцина	0,106 „ (+100%)

Заключающая въ своей частицѣ два атома азота мочевины, очевидно, изъ моноаминокислотъ непосредственно образоваться не можетъ и возникаетъ только путемъ *синтеза*. Спрашивается, какимъ же образомъ это происходитъ.

Процессъ дезамидированія. Очень много имѣется оснований предположить, что большая часть аминогруппъ аминокислотъ отщепляется въ видѣ амміака. За послѣдніе годы стало извѣстно немало процессовъ въ животномъ организмѣ, указывающихъ на существованіе *дезамидирующихъ ферментовъ*. Впрочемъ, процессъ дезамидированія

наблюдается въ обоихъ царствахъ органической природы. Можно представить себѣ, что въ результатѣ гидролитическихъ расщепленій прежде всего получаютъ аминокислоты, изъ которыхъ потомъ отщепляется амміакъ. Въ остающейся безазотистой части вещества клѣтки получаютъ для себя запасы энергіи, освобождаемой въ окислительныхъ процессахъ. Получающаяся при этомъ угольная кислота, находясь въ слабощелочной средѣ, даетъ съ NH_3 или углекислый аммоній (1) или въ отсутствіи воды карбаминовокислый аммоній (2):



Эти оба продукта изъ угольной кислоты и амміака получены были *Drechsel'em* внѣ организма. Кромѣ печени, процессы дезамидирования могутъ, по всей вѣроятности, протекать въ различныхъ органахъ животнаго организма; образующіеся CO_2 и NH_3 превращаются въ углекислый и карбаминовокислый аммоній, изъ которыхъ въ печени образуется мочевины.

Роль углекислаго аммонія въ образованіи мочевины.

Опытъ показываетъ, что мочевины образуется въ организмѣ изъ углекислаго (и карбаминовокислаго) аммонія, и количество ея прямо пропорціонально количеству введенныхъ амміачныхъ солей. Напримѣръ, собака во время кормленія мясомъ при установившемся азотистомъ равновѣсіи выдѣляла за сутки 0,526 gr. амміака и 32,47 gr. мочевины. На третьи сутки было прибавлено 5,92 gr. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, послѣ чего амміака выдѣлилось 0,516 gr., а мочевины — 36,560 gr., т. е. количество амміака уменьшилось, а мочевины увеличилось. Такимъ же свойствомъ перехода въ мочевины обладаютъ амміачныя соли органическихъ кислотъ, но само собою понятно, онѣ должны предварительно перейти въ углекислый аммоній.

Для рѣшенія вопроса о мѣстѣ перехода углекислаго аммонія въ мочевины приходится пользоваться методомъ искусственнаго кровообращенія выдѣленнаго изъ организма органа. Въ результатѣ поставленныхъ надъ различными органами опытовъ оказалось, что способностью переводить углекислый аммоній въ мочевины обладаетъ только печень.

Опытъ 1-й. Дефибринированная кровь, пропущенная нѣсколько разъ черезъ вырѣзанную печень, содержала 0,0193 gr. мочевины; прибавленіе къ вводимой крови 0,087 gr. углекислаго аммонія на каждые 100 кб. с. крови увеличиваетъ въ вытекающей крови количество мочевины до 0,0594 gr.

Опытъ 2-й. Пропусканіе крови съ углекислымъ аммоніемъ черезъ *почки* не увеличиваетъ количества мочевины: первоначально кровь содержала 0,0402 gr. ея; послѣ прибавленія на каждые 100 кб. см. крови 0,05 gr. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ —0,0398 gr.

Опытъ 3-й надъ мышцами: до опыта въ крови мочевины содержалось 0,0383 gr., послѣ прибавленія на каждые 100 кб. см. крови 0,05 gr. углекислаго аммонія въ вытекающей крови было найдено 0,0382 gr. мочевины.

Эти экспериментальныя данныя наглядно доказываютъ, что мышцы и почки не играютъ никакой роли въ образованіи изъ углекислаго аммонія мочевины и что эта роль принадлежитъ исключительно печени. Этотъ опытнымъ путемъ установленный взглядъ подтверждается фактами изъ патологіи. При отравленіи фосфоромъ, при амилоидномъ перерожденіи печени наблюдалось обратное перемѣщеніе въ мочѣ содержанія амміака и мочевины: если въ нормальной мочѣ N мочевины 86⁰/₀, а N амміака 3⁰/₀, то при указанныхъ состояніяхъ—перваго—50⁰/₀, а второго—40⁰/₀. Слѣдовательно, пораженная печень значительную часть углекислаго аммонія не въ состояніи перевести въ мочевину.

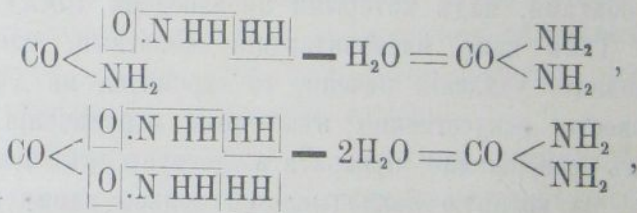
Роль карбаминовой кислоты въ образованіи мочевины. Въ мочѣ карбаминовая кислота (ея амміачная соль) нормально находится въ ничтожныхъ количествахъ, но она можетъ быть обнаружена въ большихъ, если въ организмъ вводитъ известковую воду $\text{Ca}(\text{OH})_2$; послѣдняя фиксируетъ карбаминовую кислоту $\text{CO} \begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \text{OH} \end{matrix}$, въ противномъ же случаѣ она, какъ кислота непрочная и какъ промежуточный продуктъ, быстро исчезаетъ. Доказательство тому, что карбаминовая кислота образуется въ качествѣ промежуточного продукта бѣлковаго метаморфоза и способна превращаться въ мочевину, даютъ наблюденія надъ собаками, надъ которыми произведена *Эккъ-Павловская* операція. Такъ какъ млекопитающія животныя, напр., собаки не переносятъ полного удаленія печени, то стремятся въ дѣятельности послѣдней произвести искусственно нѣкоторыя ограниченія. Докторъ *Эккъ* предложилъ совершенно прекратить доступъ въ печень крови *Venae portae*, на которую накладывается вблизи вхожденія въ печень лигатура; но чтобы дать оттокъ богатой кровью *Venae portae*, докторъ *Эккъ* совмѣстно съ профессоромъ *Павловымъ* дѣлалъ сообщеніе между *Vena porta* и сосѣдней *Vena cava inf.*, черезъ которую кровь воротной вены и направлялась въ правое предсердіе, минуя печень. Для питанія печени остается *Arteria hepatica*, оттекаетъ же кровь отъ печени по *Vena hepatica*. Собаки съ такимъ образомъ произведенной операціей выживаютъ нѣсколько мѣсяцевъ.

Въ отравленіяхъ организма собакъ послѣ *Эккъ-Павловской* операціи не наблюдается какихъ-либо измѣненій въ томъ случаѣ, если

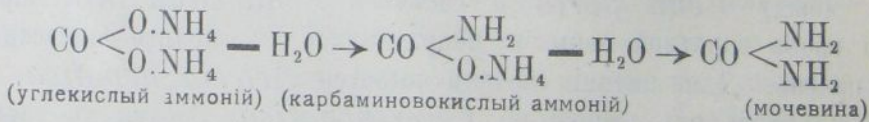
ихъ держать на молочной дітѣ; если же ихъ кормить мясной пищей, то наступаетъ яркая картина отравленія. Обнаруживая вообще необыкновенную сонливость, онѣ въ то же самое время дѣлаются очень злыми; съ теченіемъ времени появляются симптомы, указывающіе на пораженіе опредѣленныхъ мозговыхъ участковъ (мозжечекъ, четверохолміе)—*атаксія*, затѣмъ животное *сплываетъ*, далѣе появляются *анестезія* и *аналгезія*; замѣчаются *каталептичскія движенія* (мышцы долго сохраняютъ данное имъ положеніе), *эпилептичскія судороги*. Совершенно подобная же картина отравленія получается, если непосредственно ввести въ кровь животнаго карбаминовокислый кальцій: послѣ выпрыскиванія въ кровь 0,25 gr. на килограммъ вѣса получается сонливость и атаксія, при 0,3 gr. на килограммъ—анестезія, наконецъ, если ввести 0,6 gr. на килограммъ, то наблюдается спячка и смерть.

Эти опыты наглядно показываютъ, что карбаминовая кислота есть ядовитый промежуточный продуктъ метаморфоза и что печень играетъ большую роль въ обезвреживаніи этого вещества. Последнее доказываетъ еще тѣмъ, что животное (нормальное — безъ *Эккъ Павловской* операціи) не обнаруживаетъ никакихъ признаковъ отравленія въ томъ случаѣ, если ввести 10 gr. карбаминовой кислоты. Наблюденія надъ тѣми же животными послѣ *Эккъ-Павловской* операціи показываютъ, что въ организмѣ образуется много амміака и небольшое количество мочевины.

Химизмъ превращенія солей карбаминовой и угольной кислотъ въ мочевины. Что касается химическихъ превращеній карбаминовой кислоты (ея солей), а также и углекислаго аммонія въ мочевины, то, какъ показываетъ простое сравненіе формулъ, этотъ процессъ сопровождается удаленіемъ одной или двухъ частицъ воды:



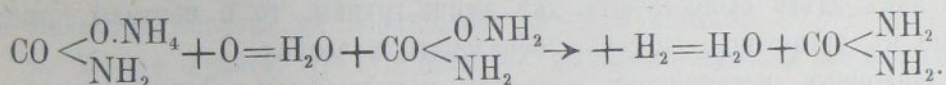
Карбаминовокислый аммоній можетъ являться промежуточнымъ звеномъ при образованіи мочевины изъ углекислаго аммонія:



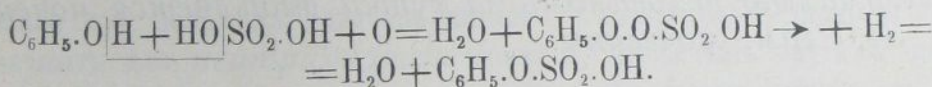
Такія образованія съ выдѣленіемъ воды наблюдаются въ организмѣ очень часто: образованіе гликогена (1), феноло-сѣрной (2), гиппуровой (3) кислоты и т. д.

- 1) $n(C_6H_{12}O_6) - nH_2O = n(C_6H_{10}O_5)$,
- 2) $C_6H_5.OH + SO_2.(OH)_2 - H_2O = C_6H_5.O.SO_2.OH$,
- 3) $C_6H_5.COONH_2 + H_2N.CH_2.COONH_2 - H_2O = C_6H_5.CO.NH.CH_2.COONH_2$.

Drechsel показалъ, что переходъ карбаминовокислаго аммонія въ мочевины возможенъ, если подвергать эту соль дѣйствию возстановленія и окисленія. Это достигается помощью переменнаго тока, на электродахъ котораго въ присутствіе воды получается то кислородъ, то водородъ:



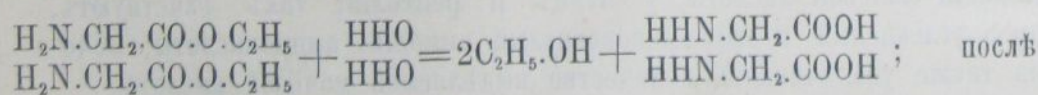
Такое представленіе можетъ очень соотвѣтствовать дѣйствительности, ибо въ клѣткахъ животнаго организма непрерывно происходятъ процессы возстановленія и окисленія. Подобнымъ же образомъ можно представить образованіе феноло-сѣрной кислоты:



Итакъ, ближайшими источниками мочевины являются углекислый и карбаминовокислый аммоній. Впрочемъ, если у собаки съ *Эккъ-Павловской* фистулой перевязать *Arteria hepatica*, т. е. изолировать печень, то животное черезъ 4 часа погибаетъ и въ теченіе этого времени количество мочевины въ мочѣ не уменьшается. Слѣдовательно, кромѣ печени существуютъ въ организмѣ животнаго и другіе органы для образованія мочевины, но гдѣ и какимъ образомъ этотъ процессъ происходитъ, не извѣстно.

Образованіе мочевины изъ пептидовъ. Мочевина образуется не только изъ аминокислотъ, но и изъ пептидовъ, являющихся продуктомъ неполнаго расщепленія бѣлковой молекулы. Аминокислоты со спиртами даютъ эфиры, напр., $H_2N.CH_2.COONH_2 + OH.C_2H_5 =$
(гли. околь) (этил. спиртъ)
 $= H_2N.CH_2.CO.O.C_2H_5 + H_2O$; но эти соединенія не прочны и расще-

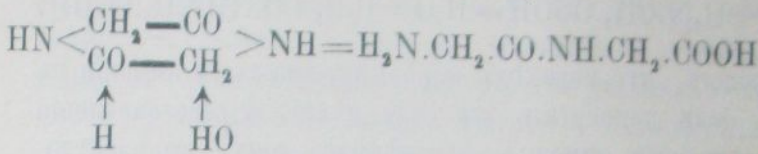
пляются даже водой, при чемъ при обратной реакціи получается ангидридъ гликоколя:



выдѣленія 2 частицъ воды получается: $\text{HN} \begin{matrix} \text{CH}_2.CO \\ \text{CO.CH}_2 \end{matrix} \text{NH}$. Послед-

нее соединеніе циклическаго ряда носить названіе *глицинъ-ангидридъ* или *дикетониперазидъ*. При обработкѣ этого вещества сла-

бой щелочью цѣпь разрывается и получаютъ двѣ связанныя вмѣстѣ частицы гликоколя—*глициль-глицинъ*:



Это простѣйшій пептидъ, который былъ полученъ въ послѣднее время. Такъ какъ здѣсь существуютъ двѣ амино группы, то и пептиды, введенные въ организмъ, способны образовать мочевины.

Наконецъ, источникомъ мочевины можетъ быть и *мочевая кислота*. Доказано, что при введеніи мочевой кислоты въ организмъ млекопитающихъ, по крайней мѣрѣ, часть ея переходитъ въ мочевины. Но этотъ родъ образованія мочевины у млекопитающихъ играетъ подчиненную роль.

Нормально человекомъ за сутки выдѣляется мочей 21,5—34,0 грм. мочевины.

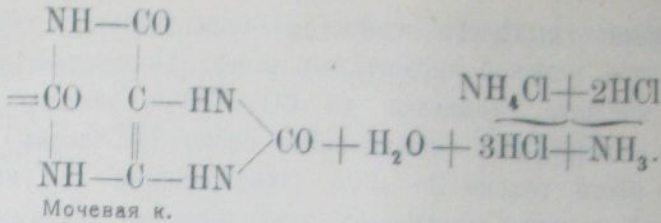
Происхожденіе мочевой кислоты.

Переходимъ къ другому очень важному продукту дезинтеграціи бѣлковъ—*мочевой кислотѣ*. Мочевой кислоты у человѣка выдѣляется за сутки въ 50 разъ меньше, чѣмъ мочевины: *за сутки съ мочей выдѣляется 0,5—0,75 гр.* ея. Мочевая кислота есть производное пурина, а именно, 2,6,8-триоксипуринъ.

Образованіе мочевой кислоты у птицъ.

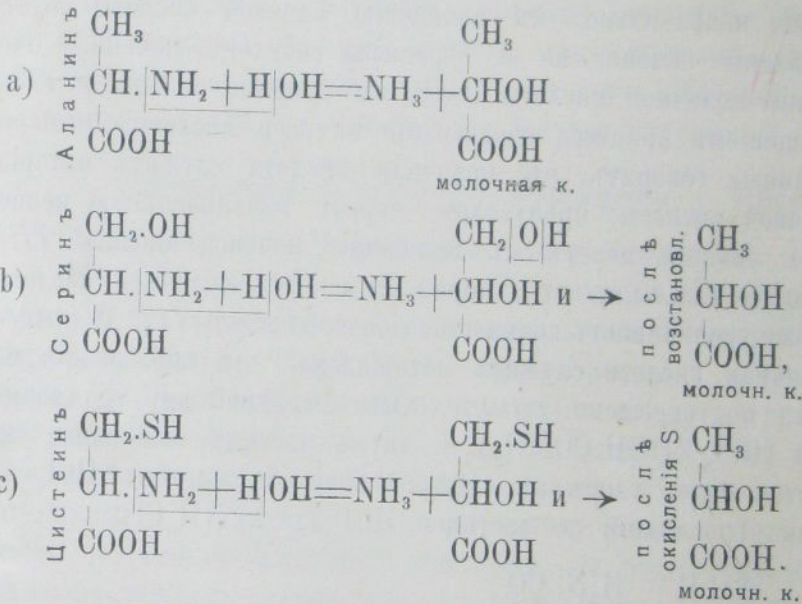
У человѣка весь N мочевой кислоты составляетъ 2%, у птицъ же 60—70% всего азота мочи. Наблюденія показываютъ, что мочевая кислота у птицъ представляетъ главный продуктъ азотистаго метаморфоза подобно тому, какъ у млекопитающихъ мочевины; у птицъ и рептилій существуетъ прямая зависимость между разрушеніемъ бѣлковъ и выдѣленіемъ *мочевой кислоты*, подобно тому какъ подобное отношеніе наблюдается между метаморфозомъ бѣлковъ и выдѣленіемъ *мочевины* у млекопитающихъ. Вещества, вызывающія увеличеніе мочевины у млекопитающихъ, приводятъ къ подобному же повышенію выдѣленія мочевой кислоты у птицъ и рептилій; такъ дѣйствуютъ, напр., углекислый и карбаминовокислый аммоній, аминокислоты; мочевины также увеличиваетъ количество выдѣляемой мочевой кислоты.

Главной лабораторіей для образованія мочев. к. у птицъ служитъ печень. Птицы (наприм., гуси) легко переносятъ операцію удаленія печени, потому что у нихъ воротная вена не является единственнымъ путемъ для оттока крови отъ брюшныхъ органовъ, но онъ совершается также черезъ *Vena communicans*. Послѣ такой операціи наступаетъ



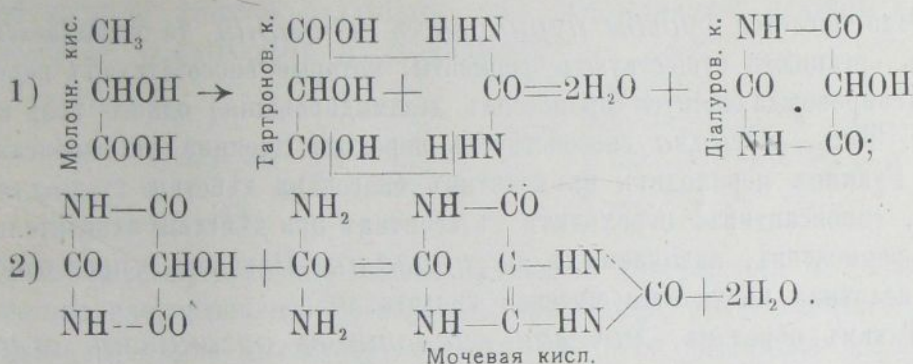
Итакъ, приведенныя данныя дѣлають очевиднымъ, что возможно синтетическое образованіе мочевой к. въ организмѣ птицъ (и рептилій) изъ молочной кисл. и амміака гесп. мочевины. Предположеніе, что мочевая кислота есть непосредственный продуктъ расщепленія бѣлковой частицы, должно быть отвергнуто.

Что касается вопроса объ источникѣ амміака и молочной кислоты, то относительно перваго слѣдуетъ признать, что онъ получается изъ бѣлковъ гесп. аминокислотъ: очевидно, также организмъ птицъ и рептилій способенъ дезамидировать. Молочная же кислота имѣеть нѣсколько источниковъ для своего образованія. Прежде всего углеводы (наприм., въ мышцахъ) могутъ быть источникомъ для молочной кислоты: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$. Но возможно, что молочная кислота образуется и изъ аминокислотъ, среди которыхъ имѣется немало близко стоящихъ къ молочной к.:



Нѣкоторый свѣтъ въ рѣшеніи вопроса о происхожденіи мочевой кислоты у птицъ и рептилій проливаетъ слѣдующее наблюденіе. Опытъ на животныхъ и на вырѣзанныхъ органахъ показаль, что образованіе мочевой к. въ большихъ количествахъ наблюдается при вскармливаніи птицъ *тартроновой кислотой*. Это обстоятельство даетъ право предполагать, что въ организмѣ предварительно образуется изъ *молочной* кислоты тартроновая, а послѣдняя, присоединяя одинъ остатокъ

мочевины, даетъ діалуровую кислоту, изъ которой путемъ присоединенія остатка второй частицы мочевины получается мочева кислота:



Такимъ образомъ, можно предположить, что существенное въ нарушении синтеза мочевои кислоты послѣ экстирпаціи печени у птицъ заключается въ прекращеніи окисленія молочной кислоты въ тартроновую и дальнѣйшаго образованія мочевои кислоты.

Мѣсто образованія мочевои кислоты у птицъ. У птицъ важная роль въ образованіи мочевои кислоты принадлежитъ печени; удаленіе почекъ не прекращаетъ образованія мочевои кислоты. Тоже самое наблюдается у змѣй.

Образованіе мочевои к. у млекопитающихъ. Тщательныя изслѣдованія показали, что въ организмъ млекопитающихъ лишь незначительная часть мочевои кислоты происходитъ путемъ синтеза, большая же часть имѣетъ другой источникъ своего происхожденія. Доказательствомъ служитъ слѣдующее. Мочевая кислота при растительной пищѣ выдѣляется въ небольшомъ количествѣ; при смѣшанной же ея получается больше и, наконецъ, при исключительно мясной еще больше: такъ, наприм., при растительной пищѣ въ теченіе 24 часовъ человѣкомъ было выдѣлено 0,478 gr., при смѣшанной — 0,650 gr., при мясной — 0,981 gr. мочевои кислоты и послѣ принятія еще большаго количества мясной пищи — 1,950 gr. Кормленіе *Gl. thymus* и селезенкой (органы съ большимъ количествомъ клѣточныхъ элементовъ) также вызываетъ усиленное выдѣленіе мочевои кислоты: при суточномъ выдѣленіи мочевои кислоты въ 0,8 gr., кормленіе названными продуктами повышало количество мочевои кислоты до 1,68 gr. (*Thymus*) и 1,25 gr. (селезенка). Тотъ матеріалъ, который во всѣхъ этихъ случаяхъ такъ замѣтно повышаетъ количество выдѣляемой мочевои кислоты, представляютъ *нуклеопротеиды* клѣточного ядра.

Нуклеопротеиды при осторожномъ расщепленіи даютъ въ концѣ концовъ бѣлокъ и нуклеиновую кислоту. Въ свою очередь нуклеиновыя кислоты при расщепленіи, кромѣ фосфорной кислоты, даютъ слѣдующія пуриновыя основанія: аденинъ, гуанинъ, гипоксантинъ и ксантинъ. Если стереть въ кашицу селезенку, то путемъ самоперевариванія полу-

чается рядъ пуриновыхъ основаній, при доступѣ же кислорода или воздуха образуется мочева кислота.

Что касается *судьбы пуриновыхъ основаній*, то оказывается, что въ организмѣ существуютъ ферменты, которые способствуютъ переходу (сопровождающемуся процессомъ дезамидированія) одного тѣла въ другое. Такъ, *аденаза* способствуетъ переходу аденина въ гипоксантинъ. Гуанинъ переходитъ въ ксантинъ благодаря дѣйствию *гуаназы*. Далѣе, гипоксантинъ, переходитъ въ ксантинъ при дѣйстви окислительныхъ ферментовъ, называемыхъ *оксидазами*. Наконецъ, при окисленіи ксантина получается мочева кислота.

Такимъ образомъ, *мочева кислота въ организмѣ млекопитающихъ происходитъ изъ пуриновыхъ основаній, выдѣляющихся при расщепленіи нуклеопротеидовъ*. И такъ какъ послѣдніе вводятся въ организмъ извнѣ съ пищевыми веществами, то образующаяся на ихъ счетъ мочева кислота носитъ названіе *экзогенной*.

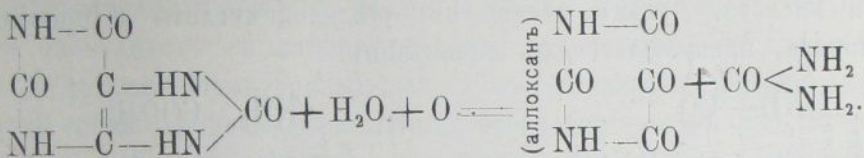
Но наблюденія показываютъ, что мочева кислота образуется также *при употребленіи въ пищу продуктовъ (молоко, свѣжія яйца)*, содержащихъ весьма мало пуриновыхъ основаній, и даже при голоданіи; слѣдовательно, мочева кислота въ этихъ случаяхъ должна образовываться изъ вещества элементовъ, принадлежащихъ самому организму: изъ нуклеопротеидовъ погибающихъ клѣтокъ. Далѣе, при *лейкеміи*, когда въ крови появляется огромное количество лейкоцитовъ (во много разъ превышающее норму), наблюдалось повышение количества выдѣляемой мочевой кислоты въ 6—8 разъ, оно достигало 4,0—6,0 gr. въ сутки. Мочева кислота, имѣющая своимъ источникомъ погибающія клѣточные образованія животнаго, называется *эндогенною*.

Слѣдовательно, мочева кислота можетъ служить извѣстнымъ показателемъ степени дезорганизации (гибели) клѣтокъ организма и количество ея (0,5—0,7), выдѣляемое за сутки, представляется характернымъ для каждаго индивидуума.

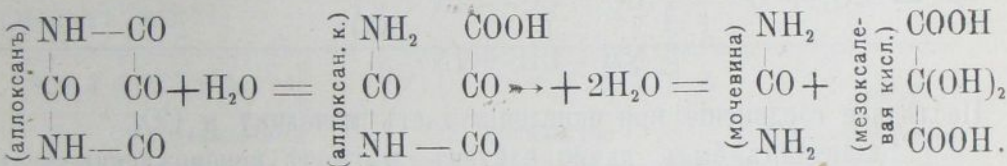
Продукты превращенія мочевой кислоты. Несмотря на то, что количество мочевой кислоты, выдѣляемой мочей, постоянно для каждаго индивидуума, оно, однако, не выражаетъ собой сполна *всей* дезорганизации клѣтокъ, такъ какъ существуетъ рядъ фактовъ, указывающихъ на то, что извѣстная часть мочевой кислоты разрушается, переходя въ другія тѣла. Давно было замѣчено, что если вводить мочевую кислоту въ организмъ (съ пищей или подъ кожу), то большая часть ея исчезаетъ. Какимъ же образомъ и во что можетъ превратиться мочева кислота въ организмѣ?

При окисленіи мочевой кислоты внѣ организма получается рядъ

различныхъ продуктовъ въ зависимости отъ того, будетъ ли окисленіе протекать въ кислой средѣ или щелочной. Такъ, при окисленіи моче- вой кислоты азотной получается, при присоединеніи частицы воды и кислорода, аллоксанъ и мочеви- на:

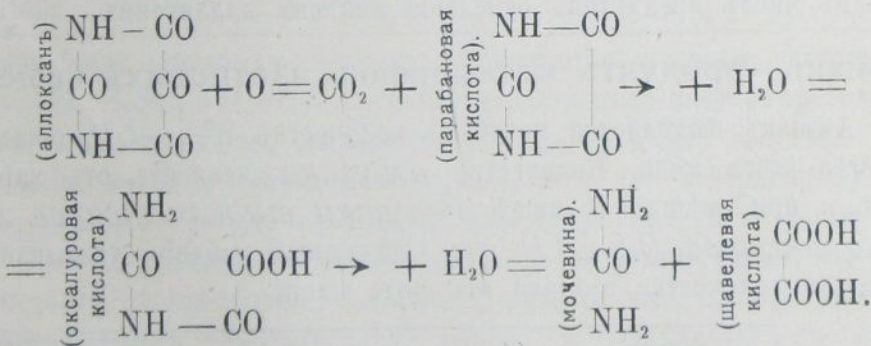


Дальнѣйшее превращеніе аллоксана можетъ совершаться по двумъ раз- личнымъ направленіямъ. Во-первыхъ, присоединяя воду, аллоксанъ даетъ аллоксановую кислоту, которая съ двумя частицами воды обра- зуетъ мочевины и мезоксалевою кислоту:



Мезоксалева кислота превращается въ CO_2 и H_2O . Слѣдовательно, въ первомъ случаѣ изъ моче- вой кислоты получаютъ 2 частицы мочевины, CO_2 и H_2O .

Превращеніе аллоксана по второму направленію идетъ такъ: при- соединяя сначала кислородъ аллоксанъ переходитъ въ парабановую кислоту; послѣдняя же, подвергаясь гидролизу, даетъ оксалуру- вую кислоту, которая при гидролизѣ образуетъ мочевины и ща- велевую кислоту:



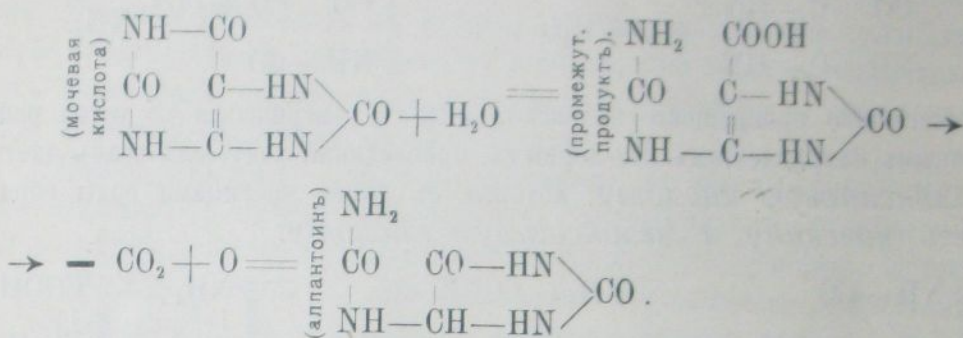
Слѣдовательно, во второмъ случаѣ изъ моче- вой кислоты получаемъ CO_2 , мочевины и щавелевую кислоту.

Повидимому, въ организмъ происходитъ тотъ же процессъ; въ тѣлѣ кролика наблюдается окисленіе аллоксана черезъ парабановую кислоту прямо въ щавелевую. Щавелевая кислота, хотя и въ очень незначительныхъ количествахъ (0,02 за сутки), содержится въ нор- мальной мочѣ; она не исчезаетъ даже при долгомъ голоданіи.

Но есть другой путь разрушенія моче- вой кислоты, съ образова-



ниемъ промежуточнаго продукта *аллантина*, который даетъ возможность установить разрушеніе *мочевой кислоты*. Чтобы получить аллантинъ, необходимо произвести *окисленіе* мочевой кислоты въ щелочной средѣ, наприм., марганцево-кислымъ калиемъ; получающаяся отъ этого кислота, путемъ отщепленія угольной кислоты и присоединенія кислорода, превращается въ аллантинъ:



Послѣднее соединеніе при окисленіи даетъ мочевину и CO_2 .

Аллантинъ былъ давно найденъ въ мочѣ новорожденныхъ, роженецъ и особенно въ амниотической жидкости, въ очень небольшихъ количествахъ у взрослога. При кормленіи молодыхъ животныхъ веществами, богатыми пуриновыми основаніями (*pancreas*, *thymus* и т. д.), наблюдалось увеличенное содержаніе аллантина. Изслѣдованія послѣдняго времени показали, что въ нѣкоторыхъ тканяхъ (почки, печень, мускулы, костный мозгъ) существуютъ т. н. *уриколитическіе ферменты*, которые способны разрушать образующуюся въ самомъ организмѣ мочевую кислоту. *Оксидаза* печени разрушаетъ кислоту мочевую, въ числѣ продуктовъ окисленія найденъ аллантинъ.

Амміакъ—продуктъ метаморфоза азотистыхъ веществъ.

Амміакъ выдѣляется мочей въ количествѣ 2%—5% общаго количества азота мочи. Количество *амміака* зависитъ отъ характера пищи, и при смѣшанной пищѣ въ сутки выдѣляется съ мочей въ количествѣ 0,5—1,0 gr. Слѣдующая таблица указываетъ зависимость количества амміака отъ рода пищи.

Суточное выдѣленіе амміака.		
д і е т а	человѣкъ	собака
Мясная	0,875 gr.	0,608 gr.
Смѣшанная	0,642 „	0,414 „
Растительная	0,400 „	0,266 „

Изъ этой таблицы видно, что наибольшее количество амміака въ мочѣ

находятъ при мясной діетѣ, наименьшее же при растительной.

Теперь является вопросъ, почему этотъ амміакъ въ организмѣ не превращается въ мочевины. Прежде всего есть такія соли аммонія, которыя не способны подвергаться окисленію. Къ нимъ относятся хлористый, сѣрнокислый и бензойно-кислый аммоній. Эти соли не способны, какъ это происходитъ съ лимоннокислымъ, молочнокислымъ, муравейно-кислымъ и др. аммоніемъ, превращаться въ углекислый аммоній, представляющій собой переходную стадію при образованіи мочевины. Поэтому, часть амміака, образуемая изъ азотистыхъ веществъ и связываемая упомянутыми неорганическими и органическими кислотами, въ видѣ солей выдѣляется съ мочей. Отъ количества этихъ кислотъ зависитъ и количество амміака въ мочѣ: при введеніи же въ организмъ щелочныхъ солей уменьшается количество амміака въ мочѣ; слѣдующіе опыты подтверждаютъ это:

человѣкъ		собака			
Опытъ съ кислотой	Количество выдѣлившагося амміака въ граммахъ.	Опытъ съ кислотой	Количество выдѣлившагося амміака въ граммахъ.	Опытъ съ щелочью	Количество выдѣлившагося амміака въ граммахъ.
Нормально въ теченіе 5 дней . . .	4,159	Діета: 400 гр. мяса + 50 гр. жира	0,438—0,592	Діета: 400 гр. мяса + 60 гр. жира	0,582—0,644
Послѣ введенія въ теченіе 5 дней 2,8 гр. HCl въ растворѣ	6,194	Послѣ дачи 4 гр. H ₂ SO ₄ въ растворѣ. Тоже самое 7 гр. H ₂ SO ₄	0,776 1,570	Послѣ введенія уксусно-кислаго натрия въ количествѣ 10 гр.	0,263—0,258

При разрушеніи пищевыхъ веществъ образуются кислоты, главнымъ образомъ, CO₂, H₂SO₄ и H₃PO₄. Для нейтрализаціи этихъ кислотъ организмъ пользуется цѣлымъ рядомъ оснований (Na, K, Ca, Mg). Въ томъ же случаѣ, когда кислотъ вырабатывается больше и для нейтрализаціи не достааетъ оснований, то для связыванія ихъ идетъ продуктъ дезамидированія бѣлка—амміакъ; сочетаясь, какъ съ неорганическими, такъ и съ нѣкоторыми органическими кислотами, амміакъ уже теряетъ способность превращаться въ мочевины, почему и выдѣляется въ видѣ сѣрнокислаго, фосфорнокислаго и т. д. аммонія. Далѣе, есть болѣзни, при которыхъ въ организмѣ образуются въ большомъ количествѣ кислоты; наряду съ ними увеличивается и содержаніе NH₃ въ мочѣ. Такъ, при діабетѣ въ мочѣ NH₃ не 5%, а 8—12%. Сахарное мочеизнуреніе сопровождается, между прочимъ, появленіемъ въ мочѣ β-окси-масляной и ацетоуксусной кислотъ. Ацетоуксусная кислота непрочна и даетъ начало ацетону, который отравляетъ диабетиковъ: CH₃.CO.CH₂.COOH → CO₂+CH₃.CO.CH₃ (ацетонъ). Количество этихъ

двухъ кислотъ въ мочѣ диабетиковъ громадно и достигаетъ 30—50 гр., такъ что при этой болѣзни кровь можетъ пріобрѣсти кислую реакцію.

Роль амміака въ организмъ. Такимъ образомъ, амміакъ является однимъ изъ тѣхъ веществъ, которыми организмъ предохраняетъ себя отъ отравленій, почему въ патологическихъ случаяхъ его и выдѣляется большое количество сравнительно съ нормальнымъ состояніемъ организма. При голоданіи и нѣкоторыхъ отравленіяхъ наблюдалось повышеніе амміака до 10—15%.

Теперь переходимъ къ изученію слѣдующихъ продуктовъ азотистаго метаморфоза—*пуриновыхъ основаній, креатинина, гиппуровой кислоты, триптофана.*

Пуриновыя основанія.

Пуриновыя основанія являются продуктомъ распада нуклеиновъ, входящихъ въ составъ нуклеопротеидовъ. Если-бы процессъ образованія мочевой кислоты шелъ гладко, то въ мочѣ не было бы пуриновыхъ основаній; но такъ какъ извѣстная небольшая часть ихъ ускользаетъ отъ этого процесса, то *пуриновыя основанія появляются въ мочѣ въ количествѣ 0,01—0,80 gr. за сутки.* Количество пуриновыхъ тѣлъ въ мочѣ колеблется въ зависимости отъ рода пищи. Въ мочѣ человѣка найдены слѣдующія пуриновыя основанія: *аденинъ, гуанинъ, ксантинъ, гипоксантинъ* и другія. Небольшая часть этихъ основаній происходитъ вслѣдствіе распада клѣточныхъ образованій самаго организма (т. е. *эндогеннаго* происхожденія), другая же большая часть происходитъ изъ пищи (*экзогеннаго* происхожденія). Пуриновыя основанія входятъ въ составъ многихъ пищевыхъ веществъ, но особенно ихъ много въ такъ называемыхъ вкусовыхъ: чаѣ, кофе, какао, шоколадѣ (*теоброминъ, теофиллинъ, кофеинъ*). Эти три пуриновыя основанія являются производными ксантина, образуясь изъ него замѣной на метиловую группу водорода въ группѣ NH въ положеніи 1, 3 и 7: а) 1,3—диметилксантинъ (*теофиллинъ*); б) 3,7—диметилксантинъ (*теоброминъ*); в) 1,3,7—триметилксантинъ (*кофеинъ*).

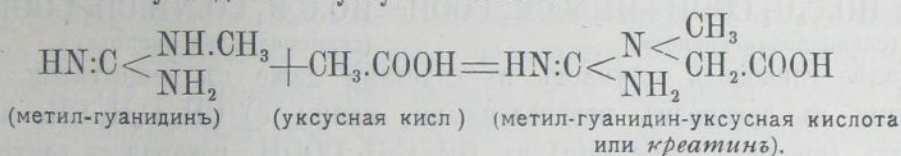
Эти вещества въ животномъ организмѣ претерпѣваютъ измѣненія, и послѣ ихъ пріема въ мочѣ находятъ два монометилксантина: 1—монометилксантинъ и 7-монометилксантинъ; кромѣ нихъ, въ мочѣ встрѣчается также 1,7-диметилксантинъ.

Въ сравнительно большихъ количествахъ, чѣмъ въ мочѣ, пуриновыя основанія содержатся въ кишечныхъ изверженіяхъ. Изслѣдованіе мочи и фекальныхъ массъ мальчика 16 лѣтъ дало слѣдующіе результаты: азотъ пуриновыхъ тѣлъ въ мочѣ равняется 6,6 mlgr., въ кишечныхъ же изверженіяхъ—53 mlgr. Пуриновыя основанія въ кишечныхъ изверженіяхъ не представляютъ продукта азотистаго метаморфоза,

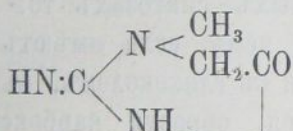
но составляются из остатковъ невсосанныхъ пищевыхъ веществъ, а также происходятъ изъ клѣтокъ кишечнаго эпителия, который постоянно слущивается и, подвергаясь распаду, служить источникомъ происхожденія пуриновыхъ основаній.

Креатининъ.

Онъ происходитъ изъ *креатина*, который является продуктомъ сочетанія метилгуанидина и уксусной кислоты:



Креатининъ разсматривается, какъ ангидридъ креатина:



Креатинъ встрѣчается въ большихъ количествахъ въ мышцахъ и нервной ткани. Въ мышцахъ его отъ 0,2—0,3% всей массы ихъ, и, такъ какъ мышцы составляютъ 40% всего тѣла (вѣсъ нормальнаго чело-вѣка въ среднемъ 60 *kilo*), то креатина во всемъ организмѣ по вѣсу около 60 гр. Въ мочѣ креатинъ содержится въ видѣ *креатинина*, котораго выдѣляется за сутки около 0,5—1,5 гр.

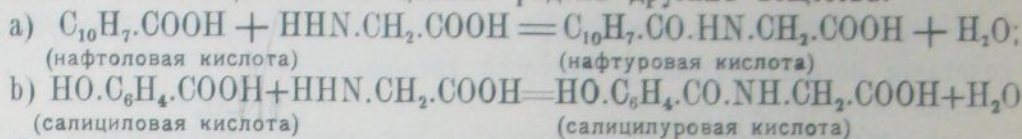
Креатининъ можно получить лабораторно при кипяченіи креатина съ кислотами, при этомъ отщепляется частица воды. Положеніе, занимаемое креатининомъ въ обмѣнѣ веществъ, представляется неяснымъ. Неизвѣстно даже, гдѣ онъ образуется. Наблюдается зависимость выдѣленія креатинина отъ пищи. При усиленной мышечной работѣ повышается въ мочѣ выдѣленіе креатинина, особенно при голоданіи.

Гиппуровая кислота.

Гиппуровая *гесп.* бензоил-амино-уксусная кислота есть продуктъ замѣщенія въ *гликоколь* одного водорода amino-группы на радикаль *бензойной кислоты* (бензоиль): $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{COOH} +$
 $+ \text{HNN} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$. Количество гиппуровой кислоты въ мочѣ увеличивается, если въ кровь животного вводить бензойную кислоту; послѣ перевязки почечныхъ артерій въ крови не наступаетъ увеличенія гиппуровой кислоты; это обстоятельство указываетъ на то, что послѣдняя синтезируется въ почкахъ изъ бензойной кислоты и гликоколя, что доказывается также наблюденіями надъ вырѣзанными почками. Мѣстомъ синтеза бензойной кислоты и гликоколя у травоядныхъ, повидимому, могутъ быть, кромѣ почекъ, и другіе органы

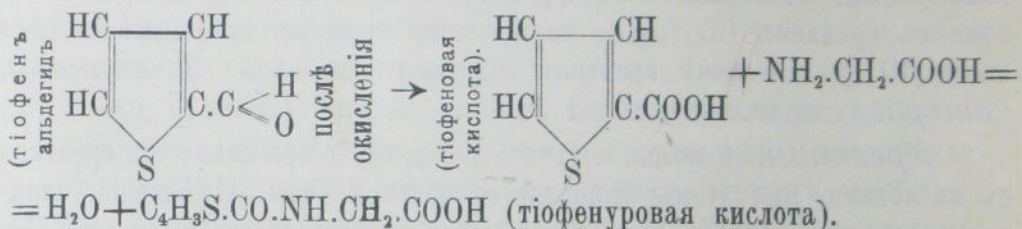
(печень не участвует въ синтезѣ гипшуровой кислоты). При этихъ синтезахъ гипшуровой кислоты существенное значеніе принадлежитъ краснымъ кровянымъ тѣлцамъ и живымъ клѣткамъ; вѣроятно, что этотъ синтезъ обусловливается спеціальнымъ ферментомъ.

Гликоколь входитъ въ парныя соединенія не только съ бензойной кислотой, но и съ цѣлымъ рядомъ другихъ веществъ:



Далѣе гликоколь вступаетъ въ сочетаніе даже съ веществами, вводимыми въ организмъ неокисленными, напр.: с) $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot CH_3$ переходить (процессъ окисленія) въ $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot COOH$, которая съ гликоколемъ образуетъ $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot CO \cdot NH \cdot CH_2 \cdot COOH$ (толуилуровую кислоту).

Общее въ приведенныхъ синтезахъ то, что всѣ эти вещества—производныя бензола, при чемъ, если имѣютъ готовую группу $COOH$, непосредственно сочетаются съ гликоколемъ, въ противномъ случаѣ предварительно приспособляются, образуя карбоксильную группу. Способность организма образовывать парныя соединенія съ гликоколемъ распространяется, помимо бензойной кислоты и ея производныхъ, на карбоновые кислоты фурановаго, тиофеноваго и пиридиноваго ядра, напр.:



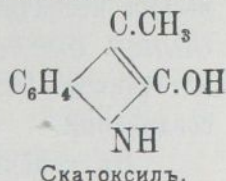
Если бы въ организмѣ не существовало ароматическихъ соединеній, то весь гликоколь превращался бы въ мочевины. Такимъ образомъ, и относительно гликоколя наблюдается то же явленіе, что при амміакѣ: часть гликоколя не употребляется организмомъ для образованія мочевины только потому, что онъ входитъ въ парныя сочетанія съ различными веществами и въ видѣ ихъ покидаетъ организмъ.

Кромѣ гликоколя, и другія аминокислоты въ организмѣ фиксируются кислотами: для нейтрализаціи бензойной кислоты организмъ птицъ пользуется орнитинномъ и образуетъ орнитуровую кислоту.

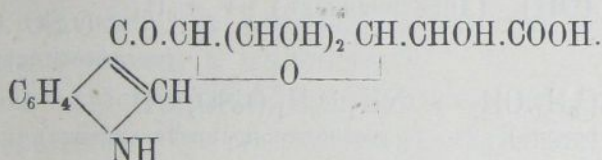
Триптофанъ.

Къ числу продуктовъ азотистаго метаморфоза, являющихся въ результатъ не отправленій животнаго организма, а жизнедѣятельности преимущественно кишечныхъ микроорганизмовъ, относятся главнымъ образомъ тѣ, которые образуются изъ *триптофана* (индолъ, скатоль). При гніеніи изъ триптофана или отщепляется весь комплексъ

аминопропионовой кислоты и получается *индолъ* или же отщепляется часть съ образованіемъ *скатола*. Индолъ и скатоль подвергаются въ дальнѣйшемъ окисленію, образуя *индоксилъ* (стр. 87) и *скатоксилъ*. Но и эти соединенія въ животномъ организмѣ никогда не встрѣчаются въ свободномъ видѣ и, какъ ядовитыя, они обезвреживаются путемъ образованія (синтетически) парныхъ соединеній или съ сѣрной или съ

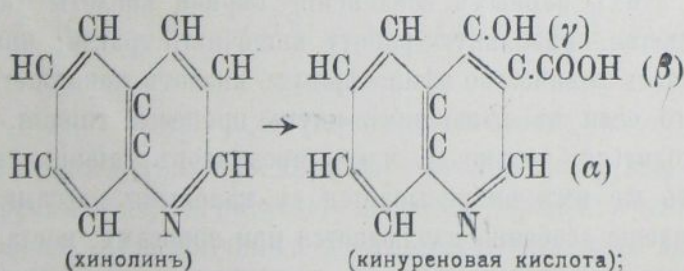


глюкуроновой кислотой. Парное соединеніе индоксила съ сѣрной кислотой (по типу образованія эфировъ) называется *индоксилосѣрная кислота* или *индиканъ*. Эта кислота (т. е. калийная ея соль) является постоянной составной частью мочи. Съ глюкуроновой кислотой индоксилъ образуетъ также парное сочетаніе такого вида:



Кинуреновая кислота.

Въ качествѣ дополненія къ обзору азотистаго метаморфоза слѣдуетъ упомянуть о *кинуреновой кислотѣ*, которая не встрѣчается въ мочѣ человѣка, но была найдена въ мочѣ собаки и нѣкоторыхъ другихъ животныхъ. Кинуреновая кислота есть производное *хинолина*, въ которомъ Н въ положеніи γ (относительно N) замѣщенъ OH, а въ β —карбокисильной группой:



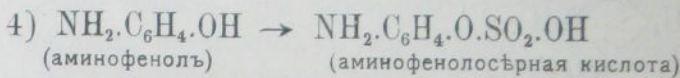
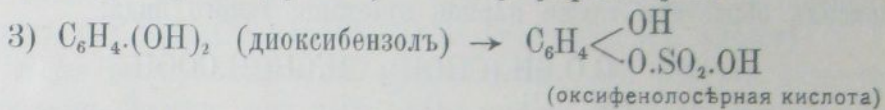
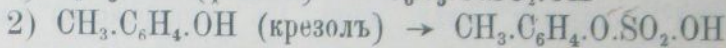
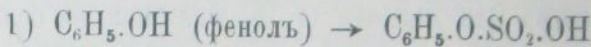
такимъ образомъ кинуреновая кислота носить названіе γ -окси- β -хинолинкарбоновая кислота. Кормленіе собакъ триптофаномъ сопровождается значительнымъ увеличеніемъ въ мочѣ кинуреновой кислоты. У кроликовъ въ мочѣ, нормально не содержащей этой кислоты, послѣдняя появляется послѣ кормленія триптофаномъ.

Въ организмѣ собаки матеріаломъ для образованія этой кислоты служитъ *триптофанъ*, имѣющій одно шестичленное кольцо и другое пятичленное, въ ядрѣ котораго какъ бы предобразовано хинолиновое ядро. При образованіи изъ триптофана кинуреновой кислоты изъ него удаляется атомъ N въ видѣ NH₃, атомъ C въ видѣ CO₂ и вода.

Судьба сѣры въ животномъ организмѣ.

Окисленная сѣра. Солей сѣрной кислоты съ пищей вводится весьма незначительное количество, между тѣмъ съ мочей ея выводится около 2,0—2,5 gr. за сутки. Эта сѣра имѣетъ своимъ источникомъ бѣлковыя вещества, при разрушеніи которыхъ она даетъ рядъ соединений.

Въ конечномъ результатѣ промежуточныхъ превращеній сѣры образуется сѣрная кислота, которая нейтрализуется основаніями и амміакомъ или же идетъ на образованіе эфиросѣрныхъ кислотъ:

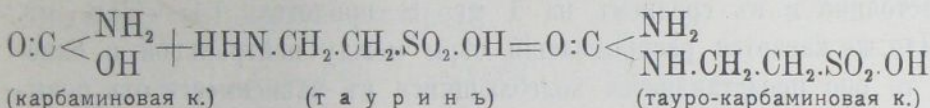


Но организмъ превращаетъ въ фенолосѣрную кислоту не только вещества, имѣющія гидроксильную группу, но и неокисленные; такъ введенный въ организмъ бензолъ выдѣляется въ видѣ фенолосѣрной кислоты. Слѣдовательно, въ организмѣ онъ предварительно окисляется, получая HO , а затѣмъ связывается съ H_2SO_4 .

Количество въ мочѣ сѣрной кислоты, связанной съ ароматическими соединениями, т. н. эфиросѣрныхъ кислотъ, невелико и колеблется въ предѣлахъ 0,25—0,5 gr. въ сутки. Количество этихъ парныхъ соединений сѣрной кислоты указываетъ на болѣе или менѣе правильную работу кишечнаго тракта; при задержаніи каловыхъ массъ количество эфиросѣрныхъ кислотъ повышается. Но дѣло въ томъ, что если въ кишечникѣ идутъ процессы гніенія, то въ мочѣ можетъ находиться только та часть продуктовъ гніенія, которая всосалась, часть же ихъ выбрасывается съ каловыми массами, не всосавшись: это явленіе особенно наблюдается при поносахъ, когда экскременты очень короткое время остаются въ кишечникѣ; въ такомъ случаѣ въ мочѣ мы находимъ лишь небольшую часть эфиросѣрныхъ кислотъ. Слѣдовательно, для опредѣленія интенсивности гніенія надо принимать во вниманіе всѣ условія. Опыты съ искусственнымъ кровообращеніемъ и кормленіемъ показываютъ, что мѣстомъ, гдѣ происходитъ обезвреживаніе продуктовъ гніенія и образуются эфиросѣрныя кислоты, является *печень*.

Нейтральная сѣра. Оказывается, что въ мочѣ кромѣ окисленной сѣры $SO_2(OH)_2$ существуетъ еще сѣра не вполне окисленная, входящая въ составъ другихъ веществъ. Для опредѣленія всей сѣры нейтральную часть ея окисляютъ сплавленіемъ съ селитрой и содой. По отношенію къ мочѣ поступаютъ такъ: сначала опредѣляютъ количество

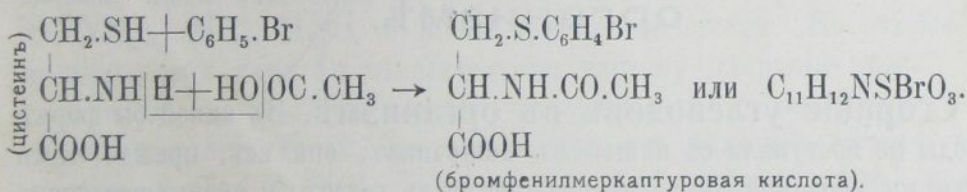
сѣрной кислоты послѣ предварительнаго сплавленія съ KNO_3 и Na_2CO_3 (а), въ другой такой же порціи той же мочи опредѣляютъ всю сѣрную кислоту безъ предварительнаго окисленія (в); оказывается, что $a > b$. Опытъ показалъ, что количество нейтральной сѣры не велико, всего 15—20% всей сѣры мочи. Эта сѣра входитъ въ составъ HCNS , таурина. Если послѣдній вводить въ организмъ, то онъ выдѣляется въ видѣ таурокарбаминовой кислоты:



Хотя въ послѣднемъ соединеніи и имѣется кислородъ, соединенный съ сѣрой, но послѣдняя является не вполне окисленной.

Къ числу соединений, въ которыхъ содержится не вполне окисленная сѣра, можно отнести и *цистеинъ*.

Что цистеинъ дѣйствительно является однимъ изъ промежуточныхъ продуктовъ превращенія сѣры въ животномъ тѣлѣ, доказывается фиксированіемъ его при помощи галоидо-замѣщенныхъ бензола. При введеніи въ организмъ, напр., бромбензола $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{Br}$, въ мочѣ появляется бромфенилмеркаптуровая кислота $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{NSBrO}_3$. При гидролизѣ этого вещества получается уксусная кислота и вещество состава $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{NSBrO}_2$, соответственно своему эмпирическому составу являющееся бромфенилцистеиномъ. Это обстоятельство позволяетъ представить ходъ реакціи въ слѣдующемъ видѣ:



Въ какомъ то органѣ тѣла происходитъ сочетаніе тио-группы съ бромбензоломъ, а группы NH_2 съ уксусной кислотой: продуктъ этого синтеза и выдѣляется мочей. При обычныхъ же условіяхъ цистеинъ претерпѣваетъ дальнѣйшія измѣненія и появляется въ мочѣ въ другой формѣ. Экспериментальная цистеинурия получается, когда цистеинъ искусственно фиксируется бромбензоломъ.

Наконецъ, доказательствомъ, что цистеинъ является промежуточнымъ продуктомъ превращенія сѣры бѣлка, представляется патологическое состояніе организма, называемое *цистинурией*, при которой въ мочѣ появляется цистинъ, и такъ какъ онъ трудно растворяется въ водѣ, то образуетъ камни въ почкахъ или мочевомъ пузырьѣ. Причины цистинурии до сихъ поръ въ точности неизвѣстны.

Заключеніе. Въ какомъ бы состояніи сѣра не выдѣлялась мочей, количество ея можетъ служить такой же мѣрой бѣлковаго мета-

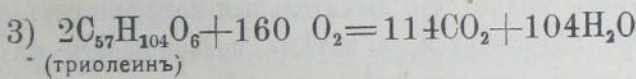
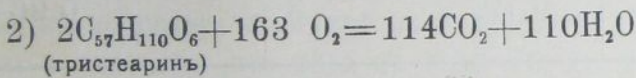
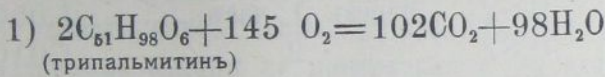
морфоза, какъ и азотъ, вмѣстѣ съ которымъ сѣра заключается въ бѣлкѣ. Поэтому между азотомъ и сѣрой мочи должно существовать определенное отношеніе, но полного параллелизма наблюдать не удавалось, такъ какъ сѣра въ различныхъ бѣлкахъ содержится въ различныхъ количествахъ: 0,3—2,4%, въ то время какъ колебанія азота значительно меньшія: 15—17,5%. Если организмъ будетъ находиться на постоянной, определенной діетѣ, то отношеніе между сѣрой и азотомъ постоянно и въ среднемъ на 1 гт. S придется 14—16 гт. азота. Что же касается распредѣленія сѣры между нейтральной и окисленной, то оно представляется колеблющимся въ зависимости отъ повышения или пониженія процессовъ окисленія: въ первомъ случаѣ мы въ мочѣ находимъ небольшое количество нейтральной сѣры, при отравленіи же хлоралгидратомъ или хлороформомъ, когда угнетается функція окисленія, повышается содержаніе нейтральной сѣры въ мочѣ. При нормальныхъ же условіяхъ на долю нейтральной сѣры приходится 0,2 гр. или 20%, а окисленной 0,8 гр. или 80% всей сѣры мочи. Нѣчто аналогичное наблюдается относительно азота, котораго въ видѣ мочевины выдѣляется около 90% суточного количества азота мочи, а въ видѣ другихъ тѣлъ около 10%; при пониженіи процессовъ окисленія количество азота въ послѣднихъ увеличивается.

Судьба углеводовъ въ животномъ организмѣ.

Сгораніе углеводовъ въ организмѣ. Въ какой бы формѣ углеводы не поступали съ пищей въ кишечникъ, они всѣ, прежде чѣмъ попасть въ кровяной токъ, превращаются въ гексозы и преимущественно въ виноградный сахаръ. Попадая съ кровью въ разные органы и ткани, углеводы испытываютъ въ дальнѣйшемъ различную судьбу. Прежде всего сахаръ, окисляясь, превращаетъ запасы химической энергіи въ новыя формы, напр., въ работу какъ гладкихъ, такъ и поперечнополосатыхъ мышць, въ теплоту и др. Такъ какъ въ организмѣ происходитъ почти одновременное сгораніе не только углеводовъ, но жировъ и бѣлковъ, то прямымъ путемъ невозможно точно опредѣлить количество сгораемыхъ углеводовъ. Но изъ соотношенія между CO_2 , образующейся изъ этихъ веществъ, и O , идущимъ на окисленіе, можно при извѣстныхъ условіяхъ найти величину сгоранія каждаго въ отдѣльности. Сахаръ, поступая въ организмъ, сгораетъ (окисляется) въ CO_2 и H_2O , при чемъ эмпирическая формула показываетъ, что для этого процесса необходимо шесть молекулъ кислорода: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 = 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$. Такъ какъ, согласно закону Авогадро, объемъ шести граммъ-молекулъ кислорода равенъ объему

шести граммъ-молекулъ углекислоты, то $\frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}} = 1$, т. е. отношеніе выдыхаемой углекислоты къ вдыхаемому кислороду, т. н. *дыхательный коэффициентъ*, равно для углеводовъ *единиць*.

Жиръ въ организмѣ также сгораетъ въ CO_2 и H_2O , и чисто математическія вычисленія говорятъ, что для окисленія жировъ нужны слѣдующія количества кислорода:



Дыхательные коэффициенты этихъ жировъ будутъ: $\frac{102}{145} = 0,7$ для пальмитинового жира, $\frac{114}{163} = 0,69$ для стеаринового жира, $\frac{114}{160} = 0,71$ для олеинового жира. Такъ какъ пищевой жиръ является смѣшаннымъ, то средній дыхательный коэффициентъ такой смѣси равенъ: $2C_{55}H_{104}O_6 + 156 O_2 = 110 CO_2 + 104 H_2O$ или $\frac{110}{156}$, т. е. около 0,7.

Наконецъ, въ случаѣ *бѣлковъ* точнаго расчета произвести нельзя, такъ какъ при окисленіи послѣднихъ получается CO_2 , H_2O , $CO(NH_2)_2$, NH_3 , H_2SO_4 и много другихъ веществъ. Но, чтобы представить себѣ хотя бы относительную картину сгорания бѣлка, можно предположить, что онъ всецѣло превращается въ мочевины, а S въ сѣрную кислоту. Тогда, предположивши, что бѣлковая частица имѣетъ составъ $C_{292}H_{480}N_{90}O_{83}S_2$, для сгорания понадобится 306 молекулъ кислорода и изъ уравненія: $C_{292}H_{480}N_{90}O_{83}S_2 + 306 O_2 = 45CO(NH_2)_2 + 2H_2SO_4 + 148 H_2O + 247CO_2$, — дыхательный коэффициентъ $= \frac{247}{306} = 0,8$.

Опытъ показываетъ, что дыхательный коэффициентъ при обычныхъ условіяхъ колеблется 0,75—0,85, но бываютъ случаи, когда дыхательный коэффициентъ оказывается меньше, чѣмъ 0,65. На короткое же время можно организмъ заставить пользоваться исключительно сахаромъ, что повышаетъ дыхательный коэффициентъ. Такъ, чловѣку, предварительнo голодавшему, дали 155 gr. тростниковаго сахара и наблюдали ежечасно газовый обмѣнъ; второй опытъ произведенъ надъ собакой, которая въ теченіе 48 часовъ голодала: ей дали въ пищу 600 gr. сахара въ литрѣ молока, и также опредѣляли дыхательный

коэффициентъ; въ обоихъ случаяхъ наблюденія дали слѣдующіе результаты:

Опытъ съ человѣкомъ.		Опытъ съ собакой.	
	Дыхательн. коэффиц.		Дыхательн. коэффиц.
Черезъ 1 часъ . .	1,01	До дачи пищи . .	0,791
” 2 ” . .	0,89	Послѣ дачи пищи	
” 3 ” . .	0,89	черезъ 1 часъ . .	1,050
” 4 ” . .	0,92	” 2 ” . .	1,010
” 5 ” . .	0,82	” 3 ” . .	0,964
” 6 ” . .	0,79		

Изъ этихъ двухъ опытовъ видно, что дыхательный коэффициентъ послѣ пріема углеводовъ быстро поднимается, а затѣмъ возвращается къ нормальному уровню. Повышеніе дыхательнаго коэффициента наступаетъ, очевидно, потому, что сахаръ утилизируется (окисляется) организмомъ.

Отложеніе винограднаго сахара въ видѣ гликогена.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда сахаръ организму не нуженъ въ данный моментъ, онъ откладывается, какъ показываютъ опыты, въ мышцахъ и, главнымъ образомъ, въ печени въ видѣ гликогена. а) *Острый опытъ*: животное заставляютъ голодать, чтобы израсходовать весь запасъ сахара въ печени, затѣмъ вводятъ определенное количество сахара и черезъ нѣсколько часовъ убиваютъ. Въ вынутой печени обнаруживается большое количество гликогена. б) *Хроническій опытъ*: голодавшему животному, у котораго количество гликогена въ печени могло быть 1—3%, даютъ крахмалъ долгое время; оказывается, что количество гликогена въ печени поднимается до 15—18%, а во всемъ организмѣ до 3,5%. Распределеніе гликогена во всемъ тѣлѣ иллюстрируетъ слѣдующій опытъ: въ печени (вѣсомъ въ 210 гр.) птицы содержалось гликогена 10,5% вѣса ея, т. е. 21,0 гр., въ мускулахъ 17 гр., и во всемъ остальномъ тѣлѣ 5 гр. Слѣдовательно, въ печени этой птицы было столько гликогена, сколько во всемъ остальномъ ея тѣлѣ.

На основаніи этихъ опытныхъ данныхъ можно сдѣлать нѣкоторыя приблизительныя заключенія относительно количества гликогена въ организмѣ человѣка. Такъ какъ печень нормальнаго взрослого человѣка вѣситъ 1500 гр., и если предположить содержаніе гликогена въ печени равнымъ 10%, то по вѣсу въ печени его будетъ 150 гр., на основаніи послѣдняго опыта съ птицей въ остальныхъ частяхъ тѣла (кости, мышцы, связки и т. д.) также 150 гр., итого—300 гр.; по многое заставляетъ думать, что въ организмѣ человѣка гликогена больше.

Образованіе гликогена въ печени изъ винограднаго сахара—просто, такъ какъ гликогенъ есть конденсированный виноградный сахаръ. Что же

касается плодового сахара и галактозы, то здѣсь происходитъ очень сложный процессъ, воспроизвести который химически невозможно. Печеночная клѣтка въ послѣднихъ сахарахъ производитъ внутримолекулярное перемѣщеніе, превращая ихъ предварительно въ виноградный сахаръ, который затѣмъ переходитъ въ гликогенъ: такъ, напр., въ проекціонной формулѣ галактозы ОН и Н при третьемъ углеродѣ, считая снизу, должны перемѣститься, и въ такомъ случаѣ мы получаемъ формулу винограднаго сахара. Что такія превращенія совершаются легко, видно изъ слѣдующаго случая. При *діабетъ* или *гликозурии* (его можно вызвать искусственно, удаляя *Pancreas* или отравляя организмъ флоридзиномъ) сахаръ не превращается въ гликогенъ. Галактоза, введенная въ организмъ діабетика въ количествѣ 100 gr., не утилизируется, а удаляется изъ тѣла въ видѣ 70 gr. винограднаго сахара и 30 gr. галактозы.

Содержаніе гликогена въ печени зависитъ отъ цѣлаго ряда условій: а) при голоданіи гликогена либо совсѣмъ нѣтъ, либо онъ тамъ обнаруживается въ очень небольшихъ количествахъ; б) вторымъ факторомъ уменьшенія гликогена въ печени является мышечная работа, что вполне понятно, такъ какъ мышечная работа производится насчетъ сгоранія сахара мышцъ, приносимаго сюда кровью изъ запасовъ гликогена въ печени; в) охлажденіе тѣла также вызываетъ уменьшеніе количества гликогена въ печени. Для опыта кролика, кормленнаго углеводами, погружаютъ на нѣсколько минутъ въ холодную воду и затѣмъ оставляютъ на нѣсколько часовъ въ воздухѣ съ невысокой температурой. Въ печени такого животнаго содержится очень малое количество гликогена: организмъ для поддержанія своей температуры въ нормѣ воспользовался гликогеномъ печени, который, сгорая, освобождаетъ химическую энергію въ видѣ теплоты.

Сахарообразовательная функція печени. Виноградный сахаръ составляетъ постоянную составную часть крови, и количество его въ послѣдней держится въ строго опредѣленныхъ предѣлахъ, мало поддающихся вліяніямъ различныхъ условій. Какъ было упомянуто выше, въ 1000 gr. *человѣческой крови сахара заключается 0,5—2,0 gr.* Такое постоянство въ содержаніи сахара крови можно понять при предположеніи, что, во-первыхъ, существуетъ мѣсто, въ которомъ сахаръ образуется; во-вторыхъ, въ организмѣ долженъ быть матеріалъ для образованія сахара; въ-третьихъ, долженъ существовать агентъ, способствующій этому образованію и, въ-четвертыхъ, организмъ долженъ располагать регуляторнымъ аппаратомъ, поддерживающимъ количество сахара въ крови на опредѣленной постоянной высотѣ.

1) Въ животномъ организмѣ *мѣстомъ образованія сахара служитъ печень.* Это положеніе можно доказать, если бы удалось сдѣлать сравнительное опредѣленіе количества сахара въ крови *Vena porta*

съ одной стороны и какой-нибудь артеріи съ другой. Но такой путь доказательства оказывается невозможнымъ вслѣдствіе того, что раненія брюшины и вообще брюшной полости вызываютъ значительныя колебанія количества сахара въ крови. Вслѣдствіе этого приходится получать кровь изъ Vena hepatica (въ мѣстѣ впаденія ея въ Vena cava inferior) при помощи вводимаго черезъ Vena jugularis зонда; одновременно у того же самаго животнаго берутъ кровь изъ артеріи, напр., бедренной. Результаты такихъ сравнительныхъ опредѣленій сахара въ крови сопоставлены въ слѣдующей таблицѣ:

V. hepatica.	Art. femoralis.
1,59 gr. въ 1000 gr. крови.	1,46 gr. въ 1000 gr. крови.
1,57 " " " " "	1,47 " " " " "
1,55 " " " " "	1,41 " " " " "
1,31 " " " " "	1,21 " " " " "

Здѣсь бросается въ глаза хотя незначительная, но, именно, *постоянная разница* въ количествѣ сахара въ крови печеночной вены и крови артеріальной; печеночная вена непрерывно обогащаетъ кровь сахаромъ, доставляя организму за сутки количество сахара въ нѣсколько сотъ граммъ, до килограмма. Приведенный опытъ съ наглядностью доказываетъ, что печень является мѣстомъ, откуда сахаръ непрерывно поступаетъ въ остальную кровяную массу, болѣе бѣдную имъ сравнительно съ венозной кровью печени.

Новое доказательство того, что въ печени образуется сахаръ, представляетъ слѣдующій опытъ. Вынутая изъ тѣла печень промывается физиологическимъ растворомъ NaCl до полного исчезанія сахара въ промывной жидкости. Затѣмъ даютъ печени полежать нѣкоторое время; новыя промыванія обнаруживаютъ присутствіе сахара, напр., въ кроличьей печени вѣсомъ въ 1000 gr.:

черезъ 2 минуты выдѣлилось всего	0,56 gr.
" 30 " "	1,21 "
" 1 часъ " "	1,41 "
" 24 " "	2,1 "

Можно было бы предположить, что вновь образующееся количество сахара есть результатъ посмертныхъ измѣненій; но въ такомъ случаѣ количество сахара по мѣрѣ увеличенія степени умиранія печени увеличивалось бы, чего на самомъ дѣлѣ не наблюдается въ разсматриваемомъ опытѣ. Такъ, въ каждую минуту перваго промежутка (отъ 2 мин. до 30 мин.) образовывалось въ печени около 0,025 gr. сахара, въ каждую минуту втораго промежутка (отъ 30 мин.—1 час.)—около 0,003 и,

наконецъ, въ каждую минуту третьяго промежутка (отъ 1 час.—24 час.) образовывалось сахара менѣе всего—0,0005 гр.

2) Матеріаломъ, изъ котораго печень вырабатываетъ сахаръ, служить *гликогенъ*. Вынутая печень дѣлится на 2 куска: въ одномъ кускѣ тотчасъ же опредѣляется содержаніе сахара и гликогена, въ другомъ—послѣ лежанія. Результаты представлены слѣдующей таблицей:

	Въ первомъ кускѣ	Во второмъ кускѣ
О П Ы Т Ь I.	сахара найдено . . 0,825 gr. гликогена 8,455 gr., что соотвѣтствуетъ сахару 9,435 „	сахара найдено . . 1,600 gr. гликогена 7,965 gr., что соотвѣтствуетъ сахару 8,850 „
	Всего сахара. 10,26 gr.	Всего сахара. 10,45 gr.
О П Ы Т Ь II.	сахара 0,99 gr. гликогена 3,44 gr., что соотвѣтствуетъ сахару 3,82 „	сахара 1,72 gr. гликогена 2,72 gr., что соотвѣтствуетъ сахару 3,06 „
	Всего сахара . 4,81 gr.	Всего сахара . 4,78 gr.

Гликогену всегда соотвѣтствуетъ большее количество сахара, т. к. послѣдній образуется изъ перваго съ присоединеніемъ воды: $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = (C_6H_{12}O_6)_n$. Изъ этихъ опытовъ видно, что, по мѣрѣ лежанія выдѣленной изъ тѣла печени, количество сахара увеличивается, а гликогена уменьшается, но общая сумма того и другого остается постоянной.

3) Это образованіе въ печени гликогена совершается подъ вѣдѣніемъ *особаго фермента*, заключающагося въ печеночныхъ клѣткахъ и обладающаго свойствами діастазы и мальтазы.

4) Остается рѣшить вопросъ о томъ, какимъ аппаратомъ регулируется дѣятельность печени, ведущая къ поддержанію постоянного опредѣленнаго количества сахара въ крови организма. *Claude Bernard* показалъ, что уколъ въ опредѣленномъ мѣстѣ на днѣ четвертаго мозгового желудочка (мѣсто это ограничено вверху началомъ Nerv. acustici, внизу же линіей, соединяющей мѣста выходной Nerv. Vagi) вызываетъ *гипергликемію* (увеличеніе сахара въ крови выше нормы) и *гликозурию* (выдѣленіе сахара мочей). Если перерѣзать у животнаго спинной мозгъ выше отхожденія Nn. splanchnicorum, то означеннаго эффекта не получается. Можно было бы думать, что обогащеніе крови сахаромъ

происходить отъ расширения сосудовъ брюшной полости подъ вліяніемъ раздраженія продолговатаго мозга. Но тотъ фактъ, что раздраженіе *N. splanchnicus* вызываетъ гипергликемію при задушеніи, когда сосуды сужены, доказываетъ, что расширеніе сосудовъ вообще и печени въ частности не играетъ первенствующаго значенія. Очевидно, что печень находится подъ вліяніемъ нервной системы, которая заставляетъ печеночныя клѣтки образовывать изъ гликогена опредѣленное необходимое для даннаго индивидуума количество сахара.

Превращеніе углеводовъ въ жиры. Въ томъ случаѣ, когда углеводы доставляются организму въ избыткѣ, они начинаютъ превращаться въ жиръ. Это явленіе наблюдается при откармливаніи животныхъ, также у людей, имѣющихъ наклонность къ отложенію жира въ подкожной клѣтчаткѣ и другихъ мѣстахъ тѣла. Чтобы доказать, что углеводы въ организмѣ при извѣстныхъ условіяхъ превращаются въ жиръ, опытъ производятъ слѣдующимъ образомъ. Берутъ двухъ животныхъ одной породы и вѣса и держатъ ихъ въ одинаковыхъ условіяхъ. Спустя нѣкоторое время одно животное убиваютъ и опредѣляютъ количество жира во всемъ его тѣлѣ. Другому же животному даютъ пищу, бѣдную жирами и бѣлками, но богатую углеводами; черезъ нѣкоторое время также убиваютъ и опредѣляютъ количество жира во всемъ тѣлѣ. Въ результатѣ опыта оказывается, что второе животное обладаетъ большимъ количествомъ жира, чѣмъ первое. Такіе опыты производятся надъ животными, обладающими способностью быстро и въ большомъ количествѣ накапливать жиръ (птица, свинья).

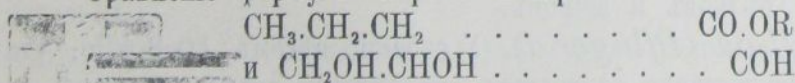
Опытъ I. Двухъ гусей заставили голодать въ продолженіе 5 дней, послѣ чего вѣсъ перваго равнялся 2838 gr., второго 3007 gr. Въ первомъ убитомъ гусѣ количество жира оказалось равнымъ 92,41 gr., у второго, оставленнаго для опыта, соотвѣтственно вѣсу оно должно равняться 97,72 gr. Въ продолженіе 10 дней второму гусю дали въ пищу 1200 gr. ячменя и 2820 gr. рису, въ которыхъ содержалось жира всего 28,8 gr. Опредѣливши количество жира въ экскрементахъ этого гуся,—а именно 15,92 gr., мы должны заключить, что изъ 28,8 gr. введеннаго съ пищей за опытный періодъ жира всосалось организмомъ всего 8,68 gr. Затѣмъ убиваютъ и этого гуся, опредѣленіе всего жира даетъ величину 542,76 gr. Мы видимъ здѣсь огромное увеличеніе жира (сравнительно съ 97,72 gr.).

Относительно вновь образовавшагося жира можетъ быть нѣсколько предположеній: а) этотъ жиръ могъ образоваться изъ жировъ и бѣлковъ пищи; но жировъ усвоено организмомъ, какъ вычислено выше, всего 8,68 gr., что же касается возможности образованія жира изъ бѣлковъ, то въ настоящее время такой переходъ не признается, по крайней мѣрѣ при физиологическихъ условіяхъ. Но если даже предположить, что въ этомъ случаѣ жиръ образовался изъ бѣлковъ, то и

последнихъ недостаточно для образованія такого большого количества жира: принятая пища содержала 15,98 gr. азота, значить бѣлка было 99,87 [15,98×6,25 (1 gr. азота соотвѣтствуетъ 6,25 gr. бѣлка, потому что въ среднемъ 100 gr. бѣлка содержатъ 16% азота)]; такъ какъ изъ 100 gr. бѣлка могло бы образоваться 60 gr. жира, то 99,87 gr. бѣлка могутъ дать жира 59,64 gr. Если теперь опредѣлить всю сумму жира, т. е. бывшаго въ самомъ животномъ 97,72, прибавивъ къ этому индивидуальную разницу максимумъ 30% вѣса, т. е. еще 29 gr., затѣмъ вѣсъ усвоеннаго жира пищи 8,68 gr. и жира изъ бѣлка 59,64 gr., то всего будемъ имѣть 195,94 gr. Остальные 347,72 gr. жира (542,76—195,04) должны были образоваться изъ другого источника, каковымъ могутъ быть только углеводы.

Опытъ II. Свинья вѣсила 140 kilo. Ей дали въ пищу 14 kilo риса, въ которомъ было углерода 5273,59 gr. и азота 115,78 gr. Затѣмъ опредѣлили количество С и N, выдѣленное черезъ легкія и въ видѣ мочи и экскрементовъ— всего оказалось С=3333,05 gr., N=73,22 gr. Слѣдовательно въ тѣлѣ свиньи задержалось углерода 1940,54 gr., азота же—42,56 gr. Несомнѣнно, что часть С задержалась въ видѣ бѣлка, такъ какъ азотъ можетъ остаться въ тѣлѣ только въ видѣ бѣлка: 42,56 gr. азота соотвѣтствуетъ 264,72 gr. бѣлка, въ которомъ углерода 140,9 gr. Другая часть углерода вошла въ составъ жира пищи: въ 14 kilo риса заключается 55,58 gr. жира, не усвоено же его, какъ было найдено, 18,62 gr., слѣдовательно всосалось жира 36,96 gr., въ которыхъ углерода 28,42 gr. Далѣе можно предположить, что углеродъ вошелъ въ составъ гликогена организма. Мы знаемъ, что въ тѣлѣ гликогена содержится 1—2% вѣса тѣла. Возьмемъ максимумъ гликогена, тогда его будетъ: $140 \cdot \frac{2}{100} = 2800$ gr., въ которыхъ углерода около 1000 gr. Въ общемъ углерода будетъ (140,9+28,42+1000) 1169,32, остается (1940,54—1169,32) 771,22 gr. углерода, которые, не найдя себѣ немедленнаго примѣненія, могли отложиться только въ видѣ жира.

Сравненіе формулъ жира и сахара



наглядно показываетъ, что послѣдній богаче кислородомъ. Отношеніе элементовъ того и другого представлено въ слѣдующей таблицѣ:

	С	Н	О
въ 100 gr. жира .	76,5 gr.	11,9 gr.	11,6 gr.
„ 100 „ сахара	40,0 „	6,7 „	53,3 „
„ 191,3 „ „	76,5 „	12,7 „	102,05 „

Для того, чтобы получить 76.5 gr. углерода жира, мы должны взять 191.3 gr. сахара, в которыхъ будетъ заключаться огромное по сравнениюъ съ жиромъ количество кислорода. Конечно, при переходѣ углеводовъ въ жиръ этотъ излишекъ кислорода долженъ выдѣлиться въ видѣ H_2O и CO_2 , такъ какъ и С берется въ избыткѣ. Чтобы выразить этотъ процессъ химической формулой, было предложено нѣсколько схемъ, изъ которыхъ типичной является: $13C_6H_{12}O_6 = C_{55}H_{104}O_6$ (частица жира) $+ 23CO_2 + 26H_2O$. Происходящая при превращеніяхъ углеводовъ угольная кислота выдѣляется легкими; это иллюстрируется слѣдующимъ опытомъ: собакѣ, вѣсомъ 15 kilo, было введено подъ кожу 50 gr. сахара; до опыта дыхательный коэффициентъ собаки равнялся 0,681, послѣ введенія сахара черезъ $\frac{3}{4}$ часа дыхательный коэффициентъ ея былъ 0,972, а черезъ $1\frac{3}{4}$ часа поднялся до 1,05—выше нормального дыхательнаго коэффициента.

Итакъ, вводимые въ организмъ въ избыточныхъ количествахъ углеводы могутъ *откладываться въ тѣль животнаго въ видѣ жира*.

Образованіе углеводовъ изъ жира и бѣлка. Слѣдующіе два опыта наглядно показываютъ, что сахаръ образуется не только изъ гликогена, но и изъ бѣлка и жира.

Опытъ I. Берутъ двухъ собакъ одного возраста, вѣса, питанія, такъ что можно предположить, что онѣ обладаютъ одинаковымъ запасомъ гликогена. Одну изъ собакъ убиваютъ, и опредѣленіе количества гликогена въ ней даетъ 100 gr. Вторая голодала въ теченіе 12 дней, а затѣмъ ей ввели въ организмъ флоридзинъ, чѣмъ вызвана была искусственная гликозурия (диабетъ), давшая 286 gr. сахара. Затѣмъ собака была тоже убита, и количество гликогена въ ней было найдено равнымъ 25 gr.; предположивъ, что первоначально она содержала столько же (100 gr.) гликогена, какъ и первая, мы находимъ израсходованное ею количество гликогена равнымъ 75 gr. Изъ этого количества могло образоваться сахара maximum 83,3 gr.; слѣдовательно, остальные (286—83,3) 202,7 gr. сахара образовались изъ другихъ веществъ, т. е. бѣлковъ и жировъ.

Опытъ II-ой (Pflüger'a). У собаки, вѣсомъ 10,3 kilo, удаленіемъ Рансгаса вызвана гликозурия; въ теченіе двухъ мѣсяцевъ она выдѣлила 3097,1 gr. сахара. Изъ гликогена (принявъ его количество maximum въ 4% на килограммъ, получимъ 400 gr.) этотъ сахаръ могъ образоваться всего только въ количествѣ 422 gr.; остаются еще (3097,1—422) 2675,1 gr. сахара, происхожденіе котораго приходится отнести на счетъ бѣлковъ и жировъ.

Химическія заключенія говорятъ, что сахаръ скорѣе можетъ образоваться изъ бѣлковъ, чѣмъ изъ жировъ, хотя несомнѣнно, что составная часть жира—глицеринъ, конденсируясь, можетъ перейти въ сахаръ,

какъ видно изъ сравненія формулъ ихъ: $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2$ (глицеринъ), $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (сахаръ). Опытъ также подтверждаетъ это предположеніе: у собаки, вѣсомъ 15 kilo, удалена была Pancreas, послѣ чего ей ежедневно вводили 360 gr. глицерина; въ теченіе опытного времени собака выдѣлила 1408,4 gr. сахара; изъ этого количества на долю гликогена собаки приходится 664 gr. сахара (если предположить даже 4% содержаніе гликогена), на долю бѣлка—600 gr. сахара (во время опыта излѣдывался также азотистый обмѣнъ), а оставшіеся 124,4 gr. могли образоваться исключительно изъ глицерина.

Итакъ, въ организмъ углеводы могутъ переходить въ жиры и въ свою очередь могутъ образовываться изъ бѣлковъ и жировъ.

Судьба жировъ въ животномъ организмѣ.

Отложеніе жира въ организмъ. Жиръ, поступившій въ кровяной токъ изъ кишечнаго тракта, въ дальнѣйшемъ или отлагается въ такъ называемомъ депо жира или же, подобно углеводамъ, сгораетъ до CO_2 и H_2O . Что касается отложеній жира въ животномъ организмѣ, то прямыхъ доказательствъ этого привести нельзя, и только косвенныя заключенія даютъ возможность обосновать это положеніе. Жиръ, какъ таковой, представляетъ собою смѣсь триглицеридовъ жирныхъ кислотъ, преимущественно стеариновой, пальмитиновой и олеиновой, и у различныхъ видовъ животныхъ отличается особенностями въ консистенціи, точкѣ плавленія и относительнымъ количествомъ жирныхъ кислотъ. Такъ, напр., жиръ собаки имѣетъ точку плавленія при 20°C . и состоитъ изъ 70% олеиновой и 30% пальмитиновой и стеариновой кислотъ. Этой особенностью жира каждаго вида животныхъ и воспользовались для доказательства того, что жиры могутъ въ организмѣ отлагаться.

Опытъ I. Заставляли двухъ собакъ голодать до потери 40% всего тѣла, что сопровождается расходомъ почти всего запаса собственнаго жира. Послѣ этого одной собакѣ давали тощее мясо (почти не содержащее жира) и бараній жиръ (точка плавленія $46-51^\circ$), а другой—тощее мясо и льняное масло (точка плавленія 0°) до тѣхъ поръ, пока собаки постепенно не достигли своего первоначальнаго вѣса. Убивши собакъ, нашли, что у нихъ отложился жиръ, у одной съ точкой плавленія 50° , а другой съ точкой плавленія 0° .

Опытъ II заключается въ томъ, что собакѣ, во время голоданія истратившей всѣ запасы собственнаго жира, даютъ въ пищу паль-

митиновый жиръ; при изслѣдованіи жира ея оказалось, что онъ теперь имѣеть иной составъ, а именно: олеиновой кислоты 40⁰/₀, стеариновой кислоты 10⁰/₀ и пальмитиновой кислоты 50⁰/₀.

Итакъ, жиры, подобно углеводамъ, въ животномъ организмѣ не только служатъ для цѣлей питанія, сгорая въ CO_2 и H_2O , но и могутъ откладываться въ видѣ запасовъ въ различныхъ мѣстахъ тѣла.

Отношеніе бѣлковъ къ жирамъ. Способны ли бѣлки въ животномъ организмѣ превращаться въ жиры? А ригіи такой переходъ не исключается. Извѣстно, что азотъ мочевины уносить съ собою только часть углеродныхъ атомовъ бѣлковой молекулы, а остальная часть ихъ претерпѣваетъ въ организмѣ другія превращенія. Возможно, что эта остающаяся послѣ дезамидированія бѣлка углеродная цѣпь превращается въ жиръ. И долгое время такое превращеніе бѣлка въ жиръ считалось доказаннымъ фактомъ, пока *Ed. Pflüger* своими изслѣдованіями и критическимъ разборомъ работъ *M. Pettenkofer'a* и *C. Voit'a* не поколебалъ ихъ выводовъ о возможности образованія жировъ изъ бѣлковыхъ веществъ. И всѣ новѣйшія изслѣдованія изъ области экспериментовъ физиологическаго и патологическаго образованія жира изъ бѣлка заставляютъ признать, что до настоящаго момента не имѣется ни одного опыта, который заставилъ бы признать превращеніе бѣлка въ жиръ.

П и т а н і е.

Всякій организмъ въ продолженіи всей своей жизни непрерывно совершаетъ работу видимую (физическая и т. п.) и скрытую отъ глазъ (дѣятельность сердца, кишечника и др.). Эта дѣятельность сопровождается также постоянной тратой энергіи, и, несмотря на это, организмъ не только сохраняетъ постоянство въ вѣсѣ и составѣ своихъ частей, но даже въ извѣстные періоды своей жизни растетъ. Причина этого лежитъ въ томъ, что траты энергіи возмещаются пищей, состоящей изъ бѣлковъ, жировъ, углеводовъ. Въ видѣ этихъ трехъ питательныхъ началъ организмъ съ пищей получаетъ необходимую ему сумму химической энергіи, которую онъ потомъ превращаетъ въ разнообразныя формы. При выборѣ количества и качества пищи человѣкъ и высшія животныя руководствуются почти исключительно инстинктомъ, слагающимся изъ чувствъ зрѣнія, вкуса, жажды, голода и т. д.

Различные сорта пищи обладаютъ разнымъ составомъ: въ *мясной пищѣ*—большое количество бѣлка и жира и ничтожное количество углеводовъ, въ *хлѣбѣ* же наоборотъ—мало бѣлка и жира, но много углеводовъ. И однако существуетъ группа людей, которая вслѣдствіе своего экономическаго положенія принуждена питаться преимущественно хлѣбомъ и все-таки поддерживаетъ свой организмъ въ состояніи работоспособности. Наоборотъ, существуютъ и такія категоріи людей, которые въ большемъ количествѣ питаются мясной пищей. Слѣдовательно, одни пищевыя вещества могутъ замѣщать другъ друга.

Обмѣнъ веществъ при голоданіи. Если упитанное животное заставить голодать, то въ организмѣ такого животного начинаютъ непрерывно совершаться разложенія веществъ самого организма; отъ состоянія упитанности зависитъ ранняя или поздняя смерть.

Опытъ. Одну собаку (А) кормили усиленно мясомъ, двухъ другихъ (В и С) пищей, бѣдной бѣлками, и затѣмъ всѣхъ трехъ заставили голодать; *ежедневныя выдѣленія азота* въ граммахъ представлены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Изъ этой таблицы видно, что въ первые дни голоданія количество выдѣляющагося азота рѣзко уменьшается, но, начиная съ пятаго дня, устанавливается приблизительно постоянная потеря азота.

Дни голоданія	А	В	С
1	30,1	13,3	6,9
2	12,5	9,3	5,8
3	9,6	7,9	6,0
4	8,7	7,4	5,9
5	6,6	7,4	5,8
6	6,7	6,4	5,6
7	6,3	6,4	5,4
8	6,2	6,1	5,3
9	6,3	5,9	5,3
10	6,1	5,8	5,1

Въ послѣднее время производились опыты надъ итальянцами Cetti и Succì, результатъ которыхъ тотъ же, что и въ первомъ опытѣ.

	C e t t i.	S u c c i.
Дни голоданія.	Выдѣленный азотъ.	
1	15,2 gr.	16,6 gr.
5	10,7 „	16,6 „
10	9,6 „	8,1 „
20	9,6 „	5,2 „
29	9,6 „	4,9 „

Разрушеніе бѣлковыхъ веществъ, весьма энергичное въ первые дни голоданія, постепенно ослабѣваетъ по мѣрѣ того, какъ организмъ бѣднѣетъ бѣлками, которыми могъ бы пользоваться. Уменьшеніе выдѣляющагося азота можетъ быть постепеннымъ до самой смерти животнаго или же въ послѣдніе дни можетъ повыситься, какъ это иллюстрируютъ слѣдующіе опыты. Наблюденіе производилось надъ голодающимъ животнымъ, начиная съ 30 дня голоданія, когда потери азота сдѣлались болѣе или менѣе равномерными.

Въ опытѣ надъ первой собакой (А) передъ смертью, на 35-й день голоданія ея, наступило рѣзкое повышеніе количества выдѣляющагося азота, продолжающееся и на слѣдующій день, до самой смерти; у второй же собаки (В) постепенное уменьшеніе количества азота наблюдается до самой смерти. Эти факты объясняются слѣдующимъ образомъ. Первая собака была неупитанной, худой. Для своихъ жизненныхъ функцій она въ началѣ голоданія пользовалась запасами углеводовъ, а

Собака (А).		Собака (В).	
Дни голоданія.	Потеря азота.	Дни голоданія.	Потеря азота.
30	1,8 гр.	53	2,3 гр.
31	1,7 "	54	2,4 "
32	1,6 "	55	2,2 "
33	1,6 "	56	2,4 "
34	1,8 "	57	2,1 "
35	2,8 "	58	2,0 "
36	3,2 "	59	1,7 "
37	смерть	60	смерть

затѣмъ жирами своего организма, разложеніе которыхъ доставляло ей нѣкоторую сумму тепловой энергіи; но когда изсякъ и запасъ жира, собака должна была пользоваться только своимъ бѣлкомъ. И этотъ переходъ отъ жира къ пользованію бѣлкомъ и обнаруживается рѣзкимъ повышеніемъ количества выдѣляющагося азота. Вторая собака была жирной, и такъ какъ количество жира хватило до самаго конца, то упомянутого повышенія не могло наблюдаться. Эти опыты также показываютъ, что до нѣкотораго момента жиръ способенъ замѣнить бѣлокъ, но эта замѣна *динамическая*, а не химическая.

Рационъ азотистаго равновѣсія Если животное тратитъ, напр., А гр. собственного бѣлка въ сутки, то можно было бы думать, что при введеніи въ организмъ А гр. бѣлка должно разложиться на слѣдующій день лишь введенное количество бѣлка; опытъ же показываетъ, что тратится также часть собственного бѣлка животного.

Опытъ I. Животное заставили голодать до наступленія азотистаго равновѣсія. Затѣмъ его стали кормить мясомъ, даваемымъ въ

Количество даваемого мяса.	Количество мяса, эквивалентное выдѣленному азоту.	— Потеря собственнаго мяса.
		+ Отложеніе мяса въ гр.
0 гр.	190 гр.	— 190 гр.
300 "	379 "	— 79 "
600 "	665 "	— 65 "
900 "	941 "	— 41 "
1110 "	1113 "	— 3 "
1200 "	1180 "	+ 20 "
1500 "	1446 "	+ 54 "

различныхъ количествахъ, и опредѣлили количество всего выдѣляющагося азота.

Опытъ II. Собака въсомъ 10 kilo голодала и на 5-й день выдѣлила 5 gr. азота. Послѣ дачи 150 gr. мяса, въ которыхъ 5 gr. азота, собака на слѣдующій день выдѣлила 8 gr. N; слѣдовательно, она потратила введенный азотъ и 3 gr. изъ своего тѣла, но въ этомъ случаѣ трата собственнаго азота (бѣлка) ограничивается.

Итакъ, при кормленіи 1200 и 1500 gr. получается избытокъ бѣлка, который и откладывается въ организмъ, пока не наступитъ новое азотистое равновѣсіе. То количество бѣлка, которое необходимо для того, чтобы держать животное въ состояніи азотистаго равновѣсія, называется *раціономъ азотистаго равновѣсія*. Раціонъ—величина непостоянная и колеблется въ зависимости отъ условій питанія.

Опытъ III. У собаки установлено азотистое равновѣсіе при раціонѣ 500 gr.; послѣ этого ей стали ежедневно давать по 1500 gr. мяса.

Дни дачи.	Разложене мяса.	Отложено.
1	1222 gr.	+ 278 gr.
2	1310 "	+ 190 "
3	1390 "	+ 110 "
4	1410 "	+ 90 "
5	1450 "	+ 50 "
6	1500 "	+ 0 "
7	1500 "	+ 0 "

Опытъ IV-й. Собакъ съ раціономъ въ 1500 gr. стали давать по 1000 gr. мяса.

Дни дачи.	Разложене мяса.	Потеря.
1	1153 gr.	— 153 gr.
2	1086 "	— 86 "
3	1080 "	— 80 "
4	1050 "	— 50 "
5	1027 "	— 27 "
6	1000 "	— 0 "
7	1000 "	— 0 "

Мы видимъ изъ 3-го опыта, что введеніе увеличеннаго количества бѣлковъ при установившемся азотистомъ равновѣсіи влечетъ за со-

бою откладывание ихъ въ организмъ; величина бѣлковой экономіи постепенно все падаетъ и черезъ нѣсколько дней становится равною 0, т. е. устанавливается опять азотистое равновѣсіе при новомъ рационѣ въ 1500 gr. мяса. Можно, наоборотъ, отъ большаго рациона у одного и того же животнаго перейти къ меньшему.

Изъ 4-го опыта видно, что животное, поставленное въ новыя условія поступления пищевыхъ веществъ, теряетъ извѣстное количество бѣлка своего тѣла, съ каждымъ днемъ уменьшая эту потерю, пока не приспособитъ свой организмъ къ новымъ условіямъ питанія.

Вліяніе жировъ и углеводовъ на азотистый обменъ. Цѣлый рядъ опытовъ показываетъ, что жиры и углеводы, хотя и не могутъ совершенно замѣнять бѣлковыя вещества, но способны ограничивать трату послѣднихъ. Во всѣхъ опытахъ собаки были приведены въ состояніе, близкое къ азотистому равновѣсію. Эти опыты наглядно показываютъ, что прибавка углеводовъ и жировъ способствуетъ не только уменьшенію траты собственныхъ бѣлковыхъ веществъ, но можетъ повести къ накопленію ихъ въ нѣкоторомъ количествѣ—къ отложенію внутри клѣтокъ организма.

	Количество пищевого мяса.	Прибавка жира или углевода	Количество мяса эквивалентное разрушенному бѣлку.	Количество мяса, эквива- лентное разрушенному (— или отложенному (+) тка- невому бѣлку.
Опытъ 1-й	1500 gr.	—	1512 gr.	— 12 gr. —
	1500 „	150 gr. жира	1474 „	— + 26 gr.
Опытъ 2-й	500 „	—	556 „	— 56 „ —
	500 „	100 „	520 „	— 20 „ —
Опытъ 3-й	500 „	—	522 „	— 22 „ —
	500 „	300 „	456 „	— + 44 „
Опытъ 4-й	500 „	—	546 „	— 46 „ —
	500 „	250 gr. углев	475 „	— + 25 „
Опытъ 5-й	1500 „	—	1599 „	— 99 „ —
	1500 „	250 „	1454 „	— + 46 „
Опытъ 6-й	2000 „	—	1991 „	— + 9 „
	2000 „	250 „	1792 „	— + 208 „

Не всё бѣлки способны устанавливать азотистое равновѣсіе тѣла. Такъ, если кормить животное желатиною, то оно черезъ нѣкоторое время погибаетъ. Но желатина способна сберегать траты тканевого бѣлка тѣла, какъ это доказываетъ слѣдующій опытъ:

	Собака получила мяса	Прибавка желатины.	Колич. мяса, эквивалентн. разрушенному бѣлку	Количество мяса, эквивалентное разрушенному (—) или отложенному (+) тканевому бѣлку.
Опытъ 1-й	500 gr.	—	522 gr.	— 22 gr. —
	500 "	200 gr.	446 "	— + 54 gr.
Опытъ 2-й	2000 "	—	1970 "	— + 30 "
	2000 "	200 "	1624 "	— + 376 "

Изъ этого опыта видно, что желатина въ сбереженіи тратъ бѣлковыхъ веществъ организма играетъ одинаковую съ углеводами и жирами роль.

Заключеніе. Является вопросъ, сколь велико количество бѣлка, при которомъ организмъ можетъ жить. Установить *maximim* количества бѣлка для организма невозможно, ибо оно подвержено вліянію очень многихъ обстоятельствъ у одного и того же индивидуума. Такъ, при введеніи въ организмъ слишкомъ большого количества бѣлка, иногда наступаетъ расстройство пищеваренія. Человѣкъ сравнительно съ другими животными (собака) не выносивъ къ принятію большого количества бѣлка, вслѣдствіе чего онъ долженъ вмѣстѣ съ послѣдними принимать въ пищу и углеводы. Что же касается *minimim'a* бѣлка для организма, то мы видимъ, что у различныхъ расъ и народовъ онъ различенъ. Большую роль играетъ индивидуальность: одни довольствуются 80—90 gr. бѣлка, другимъ же недостаточно и 150 gr. Въ общемъ же организмъ руководствуется инстинктомъ, подсказывающимъ то количество бѣлка, которое нужно для пластическихъ цѣлей и для возмѣщенія постоянной траты тканевого бѣлка.

Потенціальная энергія пищевыхъ веществъ. Организмъ теряетъ большія количества тепла съ выдыхаемымъ воздухомъ, при испареніи воды съ поверхности кожи, съ различными экскретамъ и т. п. Въ общемъ оказывается, что человѣкъ теряетъ за сутки около 2000—3000 большихъ калорій. Для пополненія этихъ потерь организмъ получаетъ въ видѣ пищи запасъ химической энергіи, которую затѣмъ и превращаетъ въ теплоту (механическую и др. работу). Количество энергіи различныхъ пищевыхъ веществъ можетъ быть выражено количествомъ тепла, выдѣляющагося при ихъ сгораніи. Единицей тепла считается большая или малая калорія. Чтобы вычислить сумму потенциальной энергіи, принимаемой организмомъ въ видѣ пищи, нужно

знать количество бѣлковъ, жировъ и углеводовъ послѣдней. *Количество бѣлка* опредѣляется по количеству азота, предполагая, что послѣдній принадлежитъ только бѣлковымъ веществамъ. *Количество жировъ* опредѣляется экстрагированіемъ (при помощи к. н. растворителя жировъ—хлороформа, эфира, петролейнаго эфира и друг.) опредѣленнаго количества высушенной пищи. *Количество углеводовъ* опредѣляется косвеннымъ путемъ, именно, изъ разности вѣса взятаго вещества и вѣса бѣлковъ, жировъ, воды и золы. Послѣдняя опредѣляется въ опредѣленномъ количествѣ высушеннаго вещества, которое прокаливается въ фарфоровомъ или платиновомъ тиглѣ. Опредѣлить прямымъ путемъ количество углеводовъ въ пищевыхъ веществахъ невозможно, почему и пользуются нахожденіемъ вышеупомянутой разницы. Окончательные продукты горѣнія пищевыхъ началъ, за исключеніемъ бѣлковъ, въ организмѣ тѣ же, что при сжиганіи ихъ въ калориметрѣ; къ нимъ примѣнимъ основной законъ *термодинамики*: количество энергіи не зависитъ отъ пути, по которому происходитъ разрушеніе тѣла, а отъ начальнаго и конечнаго его состоянія.

Въ послѣдующихъ опредѣленіяхъ количества энергіи нами принята *тепловая единица*, такъ какъ организмъ теряетъ главнымъ образомъ тепло, а механическая работа органовъ тѣла, преодолевая рядъ сопротивленій, въ концѣ концовъ также превращается въ тепло. Въ среднемъ принимается, что *одинъ граммъ углеводовъ, сгорая, даетъ 4,1 Cal.* *Жиръ, сгорая, въ среднемъ даетъ 9,3 Cal.* Съ бѣлковыми веществами дѣло обстоитъ сложнѣе. *Бѣлокъ*, сгорая, даетъ CO_2 , H_2O и N . Прототипомъ этого разложенія служить разложеніе мочевины бромноватистокислымъ Na : $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 3\text{NaBrO} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + \text{CO}_2 + 3\text{NaBr}$. Перенести данныя, полученныя при сгораніи бѣлка въ калориметрѣ, на сгораніе его въ организмѣ нельзя, такъ какъ азотъ въ послѣднемъ случаѣ не выдѣляется въ газообразномъ видѣ. Поэтому надо вычислить потенциальную энергію въ бѣлкѣ пищи, затѣмъ ту энергію, которая находится въ несгорѣвшей части, и вычесть количество послѣдней изъ первой. Въ среднемъ получается, что *1 gr. бѣлка, сгорая въ организмѣ, даетъ 4,1 Cal.*

Итакъ если человѣкъ съѣдаетъ въ день 100 gr. бѣлка, 60 gr. жира и 500 gr. углеводовъ, то, чтобы опредѣлить количество тепла въ такой порціи пищи, очевидно, нужно помножить эти количества на соотвѣтствующія калориметрическія данныя; тогда получимъ сумму, равную 3018 Cal. Но такъ какъ 8—10% всей пищи остается неусвоенной, то изъ найденнаго количества надо вычесть $\frac{3018.8}{100} = 241,44$ Cal., въ результатѣ будемъ имѣть 2776,56 Cal.

Законъ изодинаміи. Въ предыдущемъ изложеніи было указано, что въ организмѣ одни пищевыя вещества могутъ до нѣкоторой

степени замѣщать другія; такъ, напр., жиры и углеводы, а также желатина въ значительной степени могутъ, введенные въ организмъ, уменьшать разрушеніе бѣлка и даже экономить нѣкоторое его количество. *Оказалось, что при такихъ взаимныхъ замѣщеніяхъ въ организмъ требуются количества питательныхъ веществъ, соотвѣтствующія величинѣ теплоты сгоранія.* Этотъ фактъ и составляетъ содержаніе *закона изодинаміи*. Слѣдующая таблица Rubner'a иллюстрируетъ этотъ законъ.

100 гт. жира равнозначащи и изодинамичны съ количествами			
	По опытамъ надъ животными	По теплотѣ сгоранія	Разность (въ процен- тахъ)
Синтонина	225 гт.	213 гт.	+ 5,6
Мышечнаго мяса (сухого) .	243 "	235 "	+ 4,3
Крахмала	232 "	229 "	+ 1,3
Тростниковаго сахара. . .	234 "	235 "	— 0
Винограднаго сахара . . .	256 "	253 "	— 0

Другими словами, для организма 243 гт. мышечнаго бѣлка, 234 гт. тростниковаго сахара и 100 гт. жира равнозначащи, потому что они *изодинамичны*, держа въ себѣ всѣ запасы потенциальной энергіи въ 930 Cal. Во всей полнотѣ законъ изодинаміи примѣнимъ только къ жирамъ и углеводамъ, такъ какъ бѣлковыя вещества, въ определенныхъ количествахъ безусловно необходимыя организму, не могутъ быть ничѣмъ замѣщены.

Законъ изодинаміи позволяетъ разсматривать процессы вещественнаго обмѣна, какъ процессы превращенія энергіи: содержаніе энергіи въ разложенныхъ пищевыхъ веществахъ можно считать мѣрою общихъ затратъ энергіи, и основаніемъ для вычисленія потребляемой человѣкомъ пищи при различныхъ условіяхъ должно быть опредѣленіе количества энергіи въ пищѣ. Имѣя эти данныя, мы можемъ рѣшить вопросъ, какое количество энергіи расходуется изслѣдуемымъ организмомъ.

Установленіе фактическаго расхода организмомъ энергіи.

Тотъ путь, какой ведетъ къ установленію фактическаго расхода организмомъ энергіи, иллюстрируютъ слѣдующія наблюденія.

Опытъ 1-й. Опытный субъектъ принимаетъ пищу въ слѣдующемъ количествѣ:

Составъ пищи.	Азота.	Углерода.	Потенціальная энергія.
100 гр. бѣлка . .	16 гр.	53,6 гр.	410 Cal.
60 " жира . .	—	45,9 "	558 "
500 " углеводовъ	—	200,0 "	2500 "
Всего въ организмъ поступило . . .	16 "	299,5 "	3018 "

Послѣднія цифры выражаютъ тотъ валовой доходъ организма, который онъ получаетъ въ видѣ пищи, расходъ же данного организма представленъ въ слѣдующей таблицѣ:

В ы д ѣ л и л о с ь.	Азота.	Углерода.
Мочей	13,8 гр.	8,0 гр.
Кишечными экскрементами.	1,2 "	5,0 "
Дыханіемъ.	—	256,5 "
Всего	15 "	269,5 "

При сравненіи этихъ двухъ таблицъ находимъ, что организмомъ задержанъ одинъ гр. *азота*, соответствующій 6,25 гр. бѣлка, въ которыхъ заключается 3,35 гр. углерода; *углеродъ* задержанъ организмомъ въ количествѣ 30,0 гр., изъ которыхъ 3,35 гр. отложены въ формѣ бѣлка, а остальные 26,65 гр. приходятся на долю другихъ веществъ. Есть много оснований предполагать, что задержанный организмомъ въ количествѣ 26,65 гр. углеродъ всецѣло превращается въ жиръ, образуя 34,83 гр. послѣдняго (въ жирѣ 76,5% С.) Резюмируя результаты опытовъ, мы находимъ, что организмъ не только покрылъ всѣ свои расходы, но и отложилъ нѣкоторый запасъ бѣлка и жира, въ которыхъ содержится 349,2 Cal (6,25 гр. бѣлка=25,6 Cal, 34,83 гр. жира=323,6 Cal). Вычитая эту экономію изъ общей суммы введенной съ пищей энергіи (3018—349,2), мы находимъ, что организмъ для своихъ жизненныхъ отправленій потратилъ 2668,8 Cal. Такой же ходъ расчета продѣлывается и при опытахъ съ голоданіемъ.

Опытъ 2-й. Человѣкъ вѣсомъ 69,6 kilo голодаетъ въ теченіе двухъ сутокъ; анализъ выдѣленій произведенъ за вторые сутки. Имъ выдѣлено: 8,024 гр. N и 184,5 гр. С. Азотъ является результатомъ

разрушенія бѣлковъ, каковыхъ должно было быть (8,024.6,25) 50,15 г. съ содержаніемъ 26,88 г. углерода. Изъ общаго количества углерода на долю жировъ приходится (184,5—26,88) 157,62 г., что соответствуетъ (157,62.76,5/100) 206 г. жира. Расходъ энергіи выразится въ слѣдующихъ цифрахъ: въ видѣ бѣлка 240,7 Cal. (50,15.4,1), жира 1915,8 Cal. (206.9,3), всего—2156,5 Cal., т. е. на одинъ килограммъ тѣла приходится 31,1 Cal. (2156,5:69). Другими словами, человѣкъ средняго вѣса для поддержанія отправленій своего тѣла долженъ ежедневно получать извнѣ 31,1 Cal. на килограммъ своего вѣса, чтобы избѣжать тратъ веществъ собственного тѣла.

Расходъ вещества и энергіи при различныхъ условіяхъ.

Распределение энергіи между пищевыми веществами.

Что касается распределенія энергіи между различными пищевыми веществами при различныхъ состояніяхъ организма, то результаты наблюденій въ этомъ направленіи изображены въ приводимой таблицѣ.

При покоѣ.				При работѣ.		
Составъ пищи.	Количество пищи (въ гр.).	Потенц. энергія этой пищи.	Энергія въ процентахъ	Количество пищи (въ гр.).	Потенц. энергія этой пищи	Энергія въ процентахъ.
бѣлокъ . .	108	442,8 Cal	17,4	150	615 Cal.	17,6
жиръ . . .	49	455,7 „	17,8	60,0	558	16,0
углеводы .	403	1652,3 „	64,8	503	2308	66,4

Изъ этой таблицы видно, что $\frac{2}{3}$ всей энергіи доставляется углеводами и $\frac{1}{3}$ бѣлками и жирами вмѣстѣ. Тотъ же опытъ показываетъ, что хотя абсолютныя количества энергіи отдѣльных веществъ во время работы увеличились, но процентныя отношенія энергіи различныхъ пищевыхъ веществъ остались безъ измѣненія.

Теперь посмотримъ, какъ распределяется энергія, когда организмъ живетъ на свой счетъ, во время голоданія. Эти опыты добыты на профессиональныхъ голодальщикахъ (надъ итальянцами Cetti и Succì). Уменьшеніе расхода общей энергіи въ послѣдніе дни голоданія указываетъ на то, что организмъ безсознательно стремится уменьшить свои потери (собака при голоданіи свертывается въ клубокъ, чтобы уменьшить поверхность теплоотдачи, помѣщается въ теплое мѣстѣ, чтобы, получая тепло извнѣ, сохранять свою и т. д.). Далѣе, здѣсь мы замѣчаемъ, что въ послѣдующіе дни голоданія расходъ жира увеличивается и понижается разрушеніе бѣлка; такимъ образомъ организмъ, разрушая большее количество жира, старается сохранять бѣлокъ для того, чтобы насколько возможно дольше продлить свою жизнь.

		Разрушено въ организмѣ.	Расходъ энергіи (общій).	Расходъ энергіи (въ процентахъ).
1-й день голоданія.	бѣлокъ . . .	95 gr.	} 1970,5 Cal.	19,8
	жиръ	170 "		80,2
5-й день голоданія.	бѣлокъ . . .	67 gr.	} 1818,4 "	15,2
	жиръ	166 "		84,8
10-й день голоданія.	бѣлокъ . . .	60 gr.	} 1780,5 "	13,8
	жиръ	165 "		86,2

Вліяніе возраста на распределение энергии между пищевыми веществами представлено въ нижепомѣщаемой таблицѣ:

	Количество энергии, эквивалентное		
	бѣлку въ %.	углеводамъ въ %.	жирамъ въ %.
Грудн. ребенокъ	18,7	28,4	52,0
Дѣти	16,6	51,5	31,7
Взрослый . . .	16,7	66,9	16,3
Старикъ . . .	14,7	60,7	21,8

У ребенка энергія, доставляемая жиромъ, составляетъ половину всей энергіи, въ то время какъ у взрослого наибольшая часть энергіи получается организмомъ въ видѣ углеводовъ. Это объясняется тѣмъ, что расходованіе организмомъ энергіи зависитъ отъ величины поверхности его тѣла: малые организмы обладаютъ по отношенію къ вѣсу большей поверхностью тѣла и теряютъ больше тепла, чѣмъ большія животныя. Эти соотношенія видны изъ нижеслѣдующей таблицы, въ которой приведенъ примѣръ выработки энергіи и распределенія ея на единицу поверхности у людей различнаго вѣса.

Здѣсь видна разница въ расходѣ энергіи на килограммъ вѣса и квадратный метръ поверхности; въ послѣднемъ отношеніи трата энергіи для различныхъ животныхъ остается почти одинаковой, между тѣмъ по отношенію къ единицѣ вѣса существуетъ громадная разница.

Вѣсъ человѣка.	Общій расходъ энергіи.	Расходъ энергіи на 1 kilo вѣса.	Распределение энергіи на квадратный метръ.
4,03 kilo	368 Cal.	91,3 Cal.	1221 Cal.
11,8 "	966 "	81,5 "	1343 "
16,4 "	1213 "	73,9 "	1599 "
23,7 "	1411 "	59,5 "	1389 "
40,4 "	2106 "	52,1 "	1452 "
67,0 "	2843 "	42,4 "	1399 "

Вліяніе профессіи. Пищевой раціонъ представляется въ высокой степени непостояннымъ, ибо различіе вѣшнихъ условій жизни вліяетъ на потребность въ пищевыхъ веществахъ. Приводимая таблица группируетъ данныя о питаніи лицъ различныхъ профессій:

	Бѣлокъ.	Жиры.	Углеводы.	Потенціал. энергія.
Рабочій.	118 gr.	56 gr.	500 gr.	3091 Cal.
	при усиленной работѣ 137 gr.	173 "	352 "	3678 "
Врачъ.	127 "	89 "	362 "	2890 "
Юристъ.	80 "	125 "	222 "	2437 "
Французскій рабочий.	138 "	80 "	502 "	3419 "
Рабочій централ. Россіи.	132 "	80 "	584 "	3708 "

Но и эти цифры не являются постоянными, такъ какъ количества потребляемой пищи и выдѣленной энергіи находятся въ зависимости отъ индивидуальныхъ особенностей.

Вліяніе мышечной работы. Потребность организма въ пищу resp. въ заключающейся въ ней энергіи зависитъ отъ многочисленныхъ причинъ и, прежде всего, отъ состоянія организма—въ покоѣ или работѣ. Мышечная работа оказываетъ громадное вліяніе на разложеніе вещества въ тѣлѣ. Слѣдующая таблица представляетъ ре-

зультатъ опытовъ надъ однимъ и тѣмъ же субъектомъ при различныхъ состояніяхъ:

	Общій расходъ.	На 1 kilo вѣса.	Увеличеніе расхода (въ процентахъ).
покой	2303 Cal.	32,9 Cal.	—
легкая работа	2445 „	34,9 „	+ 6
усиленная работа	2864 „	41 „	+ 24
очень усиленная работа	3362 „	48 „	+ 45

Можно сказать, что при покоѣ для здороваго, нормальнаго человѣка необходимо 30—32 Cal. на 1 kilo вѣса. Подъ покоемъ, конечно, нельзя разумѣть абсолютнаго покоя, такъ какъ даже во снѣ совершается работа мышцъ сердца, кишекъ, дыхательныхъ органовъ и т. д. Но опыты надъ дѣвушкой, находившейся въ летаргическомъ снѣ, показали, что во снѣ тратится меньшее количество энергіи: расходъ ея запасовъ энергіи выразился въ 24,69 Cal. на 1 kilogramm (наблюденіе продолжалось 24 часа въ дыхательномъ калориметрѣ). Слѣдовательно, въ большемъ количествѣ энергіи организмъ нуждается при усиленной работѣ, въ меньшемъ во время покоя и въ наименьшемъ во время сна.

Физиологическая утилизація вводимыхъ запасовъ энергіи. Въ послѣднее время былъ поставленъ вопросъ: примѣнимъ ли законъ сохраненія энергіи и къ организму, т. е. дѣйствительно ли человѣкъ представляетъ собою механизмъ, черезъ который энергія протекаетъ и покидаетъ его въ томъ же количествѣ, въ какомъ и поступила.

Для рѣшенія этого вопроса необходимо сравнить количества энергіи, вводимой въ организмъ и покидающей его. Впервые *Rubner* сравнилъ количества потенциальной энергіи, принятой организмомъ, и тепла, которое онъ отдавалъ. Въ болѣе грандіозныхъ размѣрахъ подобные опыты были повторены въ Америкѣ: аппаратами въ этихъ опытахъ явля-

Состояніе		Энергія введенной пищи.	Выдѣленная организмомъ энергія.	Дефицитъ.	Дефицитъ (въ процентахъ).
покоя	1-й опытъ.	2268 Cal.	2259 Cal.	— 9 Cal.	— 0,4
	2-й „	2304 „	2279 „	— 25 „	— 1,1
	3-й „	2118 „	2136 „	+ 18 „	+ 0,8
При работѣ.	1-й „	3865 „	3829 „	— 36 Cal.	— 0,9
	2-й „	3539 „	3540 „	— 1 „	0
	3-й „	5120 „	5120 „	0 „	0

лись дыхательные калориметры; во время опыта измѣрялась какъ энергія, поступающая въ организмъ, такъ и выдѣленная въ видѣ тепла и механической работы. Были получены слѣдующіе результаты: (см. таблицу). При этихъ опредѣленіяхъ принимались во вниманіе всѣ условія, но погрѣшности, даже при такой идеальной постановкѣ опыта, оказались неизбѣжны. На основаніи этихъ цифръ можно заключить, что введенная въ организмъ энергія покидаетъ его въ томъ же самомъ количествѣ.

Какое же количество энергіи *утилизируется* организмомъ? Мы знаемъ, что тепловая энергія угля только частью утилизируется машиной для полезной работы, большая же часть теряется бесполезно. Лучшія машины утилизируютъ 10—15% всей тепловой энергіи. То же происходитъ въ организмѣ. слѣдующіе опыты наглядно показываютъ, какъ опредѣлить *коэффициентъ полезной работы* организма.

Опытъ I. Нѣкій субъектъ выдѣлилъ при покоѣ 2119 Cal., при работѣ же 3559 Cal.; слѣдовательно, расходъ энергіи при работѣ былъ болѣе на 1440 Cal. При помощи особаго механизма опредѣлялось количество работы, совершенной этимъ субъектомъ, въ тепловыхъ единицахъ; оно составило 233 Cal. Итакъ, на производство 233 Cal. въ общемъ ушло 1440 Cal., откуда полезный коэффициентъ работы = **16,2%**. Эта утилизація запасовъ энергіи въ высокой степени зависитъ отъ упражненій и ловкости, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ равняться больше, чѣмъ 16%.

Опытъ II. При покоѣ субъектомъ потрачено 2359 Cal., при двухъ разныхъ работахъ: 1) 5056 Cal., 2) 5332 Cal.; слѣдовательно, на производство работы потрачено въ 1) 2699 Cal., во 2) 2975 Cal. Въ первомъ случаѣ работа равнялась 529 Cal., т. е. *полезный коэффициентъ* **19,6%**, во второмъ работа составляла 601 Cal. или *полезный коэффициентъ* **20,2%**. Такимъ образомъ, организмъ человека представляетъ совершеннаго устройства живую машину, въ которой утилизація запасовъ энергіи происходитъ въ высшихъ предѣлахъ, чѣмъ въ самыхъ лучшихъ искусственныхъ механизмахъ.

Молоко *).

Общія свойства. Молоко, назначеніе котораго служит новорожденному пищей, принадлежит къ числу *эскретовъ*, отличающійся тѣмъ, что, не представляя собою конечнаго продукта животнаго обмѣна, способно поддерживать этотъ обмѣнъ у воспринимающаго его организма. Оно представляет собою непрозрачную жидкость бѣло желтаго или синеватаго цвѣта съ удѣльнымъ вѣсомъ 1,025—1,034, въ зависимости отъ содержанія въ немъ жира. Непрозрачность молока объясняется тѣмъ, что оно является не растворомъ, а *эмульсіей*. Суточное количество молока колеблется у различныхъ видовъ млекопитающихъ въ значительныхъ границахъ: нѣкоторыя породы коровъ даютъ въ сутки около 24 литровъ.

Въ послѣдніе дни беременности и въ первые дни послѣ родовъ грудныя железы женщинъ выдѣляютъ т. н. *молозиво*, рѣзко отличающееся отъ настоящаго молока какъ по морфологическимъ, такъ и по химическимъ свойствамъ. Оно характеризуется содержаніемъ *молозивныхъ тѣлецъ*, представляющих собою эпителиальныя клѣтки грудной железы, болѣе высокимъ содержаніемъ лактальбумина, казеина и глобулина и меньшимъ количествомъ молочнаго сахара и жира.

Составъ молока. Составныя части молока образуются не путемъ фильтраціи и диффузіи: онѣ отдѣляются вслѣдствіе специфической дѣятельности клѣтокъ железы. Количественный составъ молока различныхъ животныхъ слѣдующій:

Въ молокѣ	Воды	Бѣлковыхъ веществъ	Жировъ	Углевода	Солей
Женщины .	88,0%	2,03%	3,7 %	6,2%	0,21%
Коровы . .	87,1 „	3,55 „	3,69 „	4,88 „	0,71 „
Кобылицы .	90,78 „	1,95 „	1,21 „	5,67 „	0,37 „
Ослицы . .	89,6 „	1,57 „	1,21 „	6,2 „	—

Бѣлковыя вещества представлены казеиномъ, лакто-глобулиномъ и лакт-альбуминомъ. *Казеинъ* является преобладающимъ бѣлкомъ молока и содержится въ немъ въ видѣ нейтральнаго известковаго соединенія. При дѣйствіи желудочнаго сока (въ присутствіи известко-

*) Добываніе.

выхъ солей) казеинъ выпадаетъ въ видѣ параказеина или сыра; остающаяся жидкая часть называется *молочной сывороткой*. *Лактоглобулинъ* обладаетъ свойствами параглобулина крови и изъ раствора выпадаетъ послѣ насыщенья его сѣрно-магніевой солью. *Лактальбуминъ* по своимъ свойствамъ сходенъ съ альбуминами крови. Послѣдніе два бѣлка находятся въ молокѣ въ растворенномъ состояніи и при фильтрованіи молока черезъ пористую глиняную трубку переходятъ въ молочную сыворотку.

Жиры въ молокѣ находятся въ видѣ микроскопическихъ шариковъ, которые можно извлечь изъ молока. Въ составъ молочныхъ жировъ входятъ глицериды олеиновой, пальмитиновой, стеариновой, бутириновой, капроновой, каприловой, масляной и др. кислотъ. Количество жира въ молокѣ у разныхъ животныхъ колеблется отъ 3,6% (у коровы) до 46% (у дельфина). Въ молокѣ содержатся лецитинъ, холестеринъ и желтое красящее вещество—липохромъ.

Изъ *углеводовъ* специфическимъ для молока является молочный сахаръ или *лактоза*; кромѣ молока, этотъ сахаръ находили въ мочѣ рожениць при задерживаніи молока, а также въ мочѣ послѣ привятія его въ большомъ количествѣ. Съ дрожжами лактоза не бродитъ, но нѣкоторыя бактеріи способны въ его растворахъ вызывать алкогольное броженіе, на чемъ и основано приготовленіе *кумыса* (изъ кобыльаго) и *кефира* (изъ коровьяго молока).

Кромѣ упомянутыхъ веществъ въ молокѣ открытъ еще рядъ *органическихъ* составныхъ частей, какъ лимонная кислота (лимонно-кальціевая соль), а изъ *экстрактивныхъ*—мочевина, креатинъ, гипоксантинъ и другіе.

Неорганическія вещества находятся въ молокѣ въ видѣ калийныхъ и известковыхъ солей (въ значительномъ количествѣ), хлоридовъ, фосфатовъ и солей желѣза. Вообще въ молокѣ найдены всѣ соли животнаго организма: эти соли не всѣ находятся въ немъ въ растворенномъ состояніи: около 36—56% фосфорной кислоты и 53—73% извести находятся въ видѣ коллоидныхъ дву- или трехосновной фосфорно-кальціевой соли или казеиновой извести.

Въ молокѣ найдены *ферменты*: липаза, сходный съ трипсиномъ ферментъ, тромбинъ, оксидазы и др.

Газы молока состоятъ изъ CO_2 (2,6—7,5% по объему) и небольшихъ количествъ N и O.

Краткое руководство

для практических занятий по качественному

и количественному

анализу мочи.

Моча*).

Въ предыдущемъ изложеніи отмѣчено, что кровь, спеціально плазма герр. сыворотка ея, обладаетъ удивительно постояннымъ составомъ, конечно, относительно, а не абсолютно, потому что въ различные моменты, во время дѣятельности того или другого органа, кровь воспринимаетъ продукты обмѣна веществъ въ органѣ, снабжая его въ то же время необходимыми питательными веществами. Но вызываемая этимъ обстоятельствомъ колебанія въ составѣ крови такъ незамѣтны, малы, что покрываются неточностью примѣняемыхъ методовъ изслѣдованія.

Само собою понятно, что въ организмѣ должны существовать могутственные регуляторы, которые способны поддерживать постоянство состава крови. Такихъ регуляторовъ, не единичныхъ, а нѣсколько — дѣйствительно имѣется въ живомъ организмѣ. Прежде всего отъ проникновенія въ кровь чуждыхъ организму веществъ, введенныхъ съ пищевыми веществами, защищаетъ физиологическая *дѣятельность кишечника*. Разнообразнѣйшія пищевыя вещества дѣйствіемъ пищеварительныхъ ферментовъ расщепляются на простѣйшія составныя части, изъ которыхъ эпителиальныя клѣтки слизистой оболочки кишки (а можетъ быть и печеночныя клѣтки) синтезируютъ собственныя вещества организма. Въ этомъ отношеніи кишечникъ занимаетъ совершенно особенное положеніе: онъ доставляетъ клѣткамъ тѣла всегда одинъ и тотъ же питательный матеріалъ, несмотря на разнообразіе и различіе вводимой пищи. Не будетъ ошибкою приписать кишечнику важную роль въ сохраненіи видовыхъ признаковъ (*Em. Abderhalden*). Вторымъ регуляторнымъ аппаратомъ для сохранения постоянства крови является *лимфа*, обслуживающая обмѣнъ веществъ между клѣтками тѣла и кровью. Но самымъ важнымъ аппаратомъ, удаляющимъ изъ крови продукты обмѣна веществъ и ненужныя организму вещества, являются *почки*, гарантирующія одинаковый составъ жидкой питательной ткани — крови, и при нормальныхъ условіяхъ осуществляющія эту задачу благодаря своему анатомическому строенію. Почечная артерія, развѣтвляясь на меньшія и меньшія вѣточки, образуетъ т. н. *Мальпигіевъ клубочекъ*, по выходѣ изъ котораго она, называясь *Vas efferens*, превращается въ капиллярную сѣть, окутывающую мочевые каналы. Всѣ тончайшіе сосуды соединяются потомъ въ почечныя вены, уносящія къ тѣлу освобожденную отъ продуктовъ обмѣна и постороннихъ веществъ кровь. Слѣдуетъ отмѣтить, что *Vas efferens* значительно уже

*) Добавленіе.

Vas afferens. Не входя въ разсмотрѣніе существующихъ теорій мочеотдѣленія, приведемъ здѣсь данныя о составѣ мочи въ цѣломъ.

Составъ мочи прежде всего зависитъ отъ рода вводимой пищи и затѣмъ отъ интенсивности клѣточного обмѣна веществъ.

Вслѣдствіе постоянныхъ колебаній того и другого фактора, само собою понятно, представляется невозможнымъ привести что-нибудь определенное о количествѣ выдѣляемой человѣкомъ за сутки мочи, о ея реакціи, о количествѣ ея составныхъ частей. Въ соответствующихъ мѣстахъ предыдущаго изложенія уже была рѣчь объ источникахъ отдѣльныхъ продуктовъ, выдѣляемыхъ мочей изъ организма. Продукты обмѣна веществъ удаляются изъ организма частью въ видѣ *солей*, образующихся при самомъ разрушеніи веществъ въ тѣлѣ.

Можно думать, что одинъ и тотъ же нормальный индивидуумъ при одинаковыхъ условіяхъ и при одинаковой качественно и количественно пищѣ станетъ выдѣлять мочу съ постояннымъ составомъ въ узкихъ предѣлахъ. Это и подтверждается точными изслѣдованіями (*Otto Folin*); нѣкоторыя данныя приводятся въ нижепомѣщаемыхъ таблицахъ (нормальный субъектъ, вѣсомъ въ 70,8 klgr., принимавшій ежедневно 119 gr. бѣлковъ, 148 gr. жировъ и 225 gr. углеводовъ):

Количество мочи	А З О Т Ъ						С Ы Р А				Фосфоръ въ видѣ P ₂ O ₅	Хлоръ въ gr.
	Общее количество	Мочевины	Амміака	Креатинина	Мочевой кислоты	Другихъ соединен.	Общее количество	Неорганическая	Эфиросѣрн. к.	Нейтральная		
1520 к. с.	15,9	13,7	0,64	0,61	0,08	0,81	3,31	2,85	0,25	0,21	3,98 gr.	6,3
1530 "	16,6	14,5	0,72	0,58	0,10	0,80	—	3,00	0,25	—	4,16 "	5,7
1460 "	16,6	14,4	0,73	0,56	0,11	0,83	3,35	2,89	0,28	0,18	3,84 "	5,8
1430 "	16,5	14,2	0,75	0,52	0,12	0,90	3,20	2,73	0,24	0,13	3,68 "	5,7
1380 "	16,6	14,5	0,85	0,54	0,11	0,85	3,25	2,92	0,21	0,12	3,85 "	5,2

Количество мочи	на 100 gr. вещества всего N						въ процентахъ къ общему количеству сѣры			
	Общее количество	Мочевины	Амміака	Креатинина	Мочевой кислоты	Другихъ соединен.	Общее количество	Неорганической	Эфиросѣрн. к.	Нейтральной
1520 к. с.	—	85,9	4,1	3,8	0,5	5,7	—	86,1	7,6	6,3
1530 "	—	86,9	4,3	3,6	0,6	4,6	—	—	—	—
1460 "	—	86,5	4,4	3,4	0,7	5,0	—	86,3	8,3	5,4
1430 "	—	86,1	4,5	3,2	0,7	5,5	—	85,3	7,5	4,1
1380 "	—	85,7	5,2	3,3	0,7	5,1	—	89,8	6,5	3,7

Въ слѣдующей таблицѣ представлень *средній суточный составъ нормальной мочи человека*, количество которой равно 1500 кб. с. съ содержаніемъ 42 гт. органическихъ, 24 гт. неорганическихъ веществъ и 1434 кб. с. воды.

Составныя части.	Количество за сутки (въ гт.)
Мочевины	25—30
Мочевой кислоты	0,5—0,75
Ксантиновыхъ (пуриновыхъ) тѣлъ	0,01—0,8
Креатинина	0,5—1,5
Амміака	0,5—1,0
Хлоридовъ	15,0
Фосфорнокислыхъ солей (P_2O_5)	2,5
Сѣрнокислыхъ солей (всѣхъ) (SO_3)	2,5
Изъ нихъ солей	Сѣрной кислоты . . .
	Эфиросѣрныхъ кислотъ.



Общіе химическіе приемы *).

Химическій анализъ мочи ставитъ себѣ двѣ задачи. Первая заключается въ томъ, чтобы открыть (качественно и количественно) въ мочѣ присутствіе веществъ, нормально въ ней отсутствующихъ, такъ какъ они задерживаются почками: установленіе простого выдѣленія патологическихъ составныхъ частей (напр., бѣлокъ, сахаръ, гемоглобинъ и др.) даетъ важное доказательство, что организмъ пораженъ и нуждается въ леченіи. Вторая задача направляется къ рѣшенію вопроса о томъ, въ нормальномъ ли количествѣ выдѣляются мочей тѣ ея составныя части, которыя нормально уносятся мочей: увеличенное или рѣзко уменьшенное сравнительно съ нормою выдѣленіе извѣстной составной части, напр., мочевой кислоты, тоже даетъ врачу важныя указанія объ уклоненіяхъ въ отправленіяхъ организма.

Кипяченіе и выпариваніе жидкостей. *Кипяченіе* жидкостей можно производить въ пробиркѣ, химическомъ стаканѣ (*тонкостѣнно*), въ колбѣ, въ фарфоровой чашкѣ; *выпариваніе* же водныхъ растворовъ только въ фарфоровыхъ чашкахъ. Алкогольные растворы можно выпаривать только *на водяной банѣ, но не на свободномъ огнѣ*; эфирные же растворы тоже на водяной банѣ, но съ потушенной горѣлкой, во избѣжаніе воспламененія эфира. Стеклянный сосудъ, подвергаемый нагрѣванію, долженъ быть совершенно *сухъ снаружи*; для этого лучше всего провести его нѣсколько разъ надъ пламенемъ газовой горѣлки. Нагрѣвать слѣдуетъ на треножникахъ *съ сѣткою* и, во избѣжаніе сильнаго вскипанія и выбрасыванія жидкости изъ сосуда, рекомендуется помѣшивать ее стекляною палочкою.

Способы раздѣленія веществъ. Отдѣлить одно вещество отъ другихъ можно слѣдующими способами: 1) *дестилляціей*, 2) *фильтрованіемъ*, 3) *экстрагированіемъ*, 4) *діализированіемъ* и 5) *центрифугированіемъ*.

Дестилляція. Этимъ способомъ вещества летучія отдѣляются отъ неспособныхъ улетучиваться. Растворъ вещества наливается въ дестилляціонную колбу (равныя по объему, въ зависимости отъ количества), которая ставится на треножникъ съ сѣткою; при помощи изогнутой подъ прямымъ угломъ трубки съ шарообразнымъ расширеніемъ

*) Добавленіе.

на одномъ концѣ дестилляціонная колба соединяется съ заранѣе прилаженнымъ холодильникомъ *Liebig'a*, соединеннымъ въ нижней части съ водопроводнымъ краномъ, а въ верхней имѣющемъ трубку для вытекания воды въ отливъ. Циркуляція воды въ холодильникѣ поддерживается слабою струей. Для собиранія летучихъ при нагрѣваніи веществъ, ступающихся въ холодильникъ въ жидкость, служитъ пріемникъ—или химическій стаканчикъ или колба соответственныхъ размѣровъ; если при перегонкѣ получаютъ вещества, которыя должны связываться, наприм., кислотою или щелочью, то въ пріемникъ наливается поглощающая жидкость, напр., HN_3 поглощаютъ растворомъ H_2SO_4 определенной крѣпости. По окончаніи перегона разнимаютъ соединительную трубку пріемника, которую снаружи и внутри промываютъ дестиллированной водою въ пріемникъ же, и потомъ уже закрываютъ газовый и водопроводный краны.

Фильтрованіе. Фильтрованіе производятъ черезъ шведскую фильтровальную бумагу. Фильтръ долженъ всегда быть нѣсколько меньше воронки и не слѣдуетъ дѣлать его выше краевъ ея, ибо въ этомъ случаѣ не удастся послѣдующее полное промываніе фильтра. Фильтръ вкладываютъ въ воронку и, приладивши гладко къ стѣнкамъ, смачиваютъ дестиллированной водою—если это не вредитъ анализу; жидкость наливаютъ на фильтръ по стекляной палочкѣ, чтобы не было потерь отъ разливанія раствора по наружной стѣнкѣ сосуда. Если нуженъ только фильтратъ, то дѣлаютъ складчатый фильтръ; для полученія большихъ количествъ фильтрата, конечно, употребляютъ большія воронки.

Экстрагированіе основано на извлеченіи вещества изъ твердыхъ массъ или возможно концентрированныхъ спиртовыхъ или водныхъ растворовъ при помощи растворяющей его жидкости; напр., для извлеченія жировъ пользуются эфиромъ или хлороформомъ.

Діализированіе съ помощью пергаментной бумаги или животной перепонки отдѣляетъ кристаллоиды отъ коллоидовъ.

Центрифугированіе выдѣляетъ изъ жидкости взвѣшенные въ послѣдней тѣла съ большимъ уд. вѣсомъ, осѣдающія на дно пробирокъ, напр., клѣточные элементы или соли въ мочѣ.

Промываніе осадковъ. Осадки, собранные на фильтрѣ изъ стаканчиковъ тщательнымъ смываніемъ дестиллированной водою, иногда требуется промыть. Это производится или дестиллированной водою (иногда нагрѣтою) или соответствующей промывной жидкостью. Лучше всего въ этихъ случаяхъ давать осадку собираться какъ можно больше на днѣ фильтра; для этого даютъ осадку осѣсть на днѣ стакана (что быстрѣе всего происходитъ въ теплѣ, напр., на кипящей водяной банѣ) и, профильтровавши верхній слой жидкости, переводятъ остальную вмѣстѣ съ осадкомъ на фильтръ. Остающіяся въ стаканѣ части осадка смываются на фильтръ промывною жидкостью или фильтратомъ. Нали-

ваніе воды или соотвѣтственной промывной жидкости на фильтръ должно производить не быстро и не сильно, во избѣжаніе какъ разрыва самаго фильтра, такъ и разбрызгиванія осадка. Части осадка на краяхъ фильтра струей воды изъ промывалки смываются въ глубь фильтра туда же смываются и слѣды осадка со стекляной палочки.

Высушиваніе. Съ веществами, которыя трудно разлагаются, эта операція продѣлывается въ т. н. *сушильномъ шкафу* съ температурой 105—120°C.; съ помощью терморегулятора, заранѣе установленнаго на извѣстную температуру, поддерживается постоянно съ незначительными колебаніями необходимая температура. Для ускоренія высушиванія осадковъ иногда они на фильтрѣ промываются спиртомъ и эфиромъ (если это допустимо ходомъ анализа). Вещества, легко разрушающіяся при высокихъ температурахъ, высушиваются въ *эксикаторъ* надъ сѣрною кислотой.

Прокаливаніе. Предварительно вещество слѣдуетъ хорошенько *высушить*; прокаливаніе производится или въ фарфоровомъ или платиновомъ тиглѣ. Если нужно прокалить осадокъ, собранный на фильтръ, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ: сыпаютъ часть осадка съ фильтра въ тигель, поставленный на черную глянцевитую бумагу (чтобы можно было собрать выпавшія части осадка), свертываютъ фильтръ нѣсколько разъ и, обвивши платиною проволокою, сжигаютъ надъ тиглемъ, куда падаетъ и зола и уголь фильтра: собравши въ тигель тѣ частицы, которыя могли упасть помимо него на черную глянцевитую бумагу, ставятъ на фарфоровый трехугольникъ, помѣщенный на треножникъ безъ сѣтки. Подъ него подставляется газовая горѣлка, и постепенно повышаютъ пламя, слѣдя при этомъ, чтобы тигель накаливался верхней частью пламени Бунзеновской горѣлки, а не внутреннимъ его конусомъ, температура котораго незначительна. Накрывать тигля крышечкой цѣлесообразно въ началѣ и концѣ прокаливанія; въ первомъ случаѣ для предохраненія разбрасыванія сильно нагрѣваемаго вещества, а во второмъ для повышенія температуры—чтобы сжечь уголь, приставшій къ стѣнкамъ тигля. Озоленіе считается оконченнымъ, если въ тиглѣ нѣтъ больше угля. Послѣ окончанія прокаливанія, если зола должна быть взвѣшена, даютъ тиглю нѣсколько охладиться на треножникѣ и еще теплымъ помѣщаютъ въ эксикаторъ для полнаго охлажденія, послѣ чего производятъ самое взвѣшиваніе золы вмѣстѣ съ тиглемъ.

Методы количественнаго анализа.

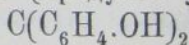
1. Вѣсовой анализъ. При вѣсовомъ анализѣ прежде всего должно быть изолировано вещество, количество котораго требуется опредѣлить взвѣшиваніемъ. Изолированіе въ различныхъ случаяхъ оказывается различнымъ: то вещество *экстрагируется*, какъ напр., жиры эфиромъ, то вещество *осаждается* изъ раствора въ видѣ нерастворимой

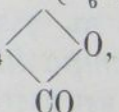
формы, какъ напр., сѣрная кислота въ видѣ $BaSO_4$, при прибавленіи раствора $BaCl_2$, то вещество непосредственно *переводится въ нерастворимое состояніе*, какъ напр., бѣлокъ нагрѣваніемъ. Если осадокъ долженъ передъ взвѣшиваніемъ прокаливаться, то фильтрованіе производятъ черезъ т. н. *беззольный фильтръ* (съ опредѣленнымъ весьма незначительнымъ количествомъ золы), и промываютъ до тѣхъ поръ, пока въ промывныхъ водахъ не будетъ ни слѣда вещества, которымъ осаждали. Тигель передъ прокаливаніемъ долженъ быть вычищенъ и взвѣшенъ на аналитическихъ вѣсахъ.

Взвѣшиваніе. Относительно взвѣшиванія на *аналитическихъ вѣсахъ* слѣдуетъ замѣтить слѣдующее. *Навѣска* помѣщается на лѣвую чашку, *разновѣски* на правую. *Арретирный винтъ* долженъ быть закрытъ передъ накладываніемъ и передъ сниманіемъ разновѣсокъ. Послѣднія берутся, начиная съ большихъ, по порядку въ нисходящей степени; миллиграммы взвѣшиваются при помощи платинового *рейтера*, помѣщаемого на правое коромысло вѣсовъ. При взвѣшиваніи миллиграммами крышка вѣсовъ должна быть закрыта. *Взвѣшиваніе считается оконченнымъ, если отклоненіе стрѣлки происходитъ въ обѣ стороны отъ нуля на одинаковое число дѣленій при 2—3 слѣдующихъ другъ за другомъ колебаніяхъ.* По окончаніи взвѣшиванія опредѣляется вѣсъ по отсутствующимъ разновѣскамъ, которыя потомъ обратно снимаются въ томъ же порядкѣ, какъ и ставились, начиная съ большихъ; при этомъ проверяется ранѣе записанный вѣсъ. Класть и снимать разновѣски должно только *пинцетомъ*.

2. Объемный анализъ (методъ титрованія). Объемный анализъ основанъ на нахожденіи количества вещества въ данномъ растворѣ путемъ опредѣленія объема другого вещества опредѣленной концентрации, вступающаго въ химическую реакцію съ опредѣляемымъ до полной нейтрализаціи или полного обмѣннаго разложенія. Такъ какъ извѣстно, сколькимъ вѣсовымъ единицамъ опредѣляемаго вещества соотвѣтствуетъ объемная единица употребляемаго титрованнаго раствора, то изъ количества кб. с., истраченныхъ для наступленія конца реакціи, можно вычислить результаты анализа, т. е. вѣсовое количество перваго на основаніи формулы, выражающей ходъ реакціи. Конецъ реакціи между веществами узнается при помощи *индикаторовъ*, которые переменною цвѣта указываютъ на наступленіе конца химической реакціи. Изъ индикаторовъ можно упомянуть о слѣдующихъ.

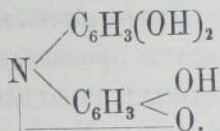
Феноль-фталенинъ (продуктъ уплотненія фенола и ангидрида



фталевой кислоты) — C_6H_4  O, который отъ самаго незначительнаго

количества свободныхъ щелочей окрашивается въ *интенсивно-красный цвѣтъ*, отъ кислоты же совершенно не измѣняется.

Лакмоидъ окрашивается отъ кислотъ въ *красный цвѣтъ*, отъ *щелочей*—въ *синій*, въ нейтральной реакціи фіолетоваго цвѣта. Строеніе этого индикатора, недостаточно еще изученное, схематично можетъ быть представлено въ такомъ видѣ:



Настойка кошенили. Кошениль добывается изъ высушенныхъ женскихъ особей червеца *Coccus cacti coccinellifera*, живущаго на многихъ сортахъ кактуса. Красящая способность кошенили обуславливается глюкозидомъ—*карминовой кислотой* $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{O}_{10}$. Въ качествѣ индикатора кошениль настаивается со спиртомъ (25%), и такая настойка даетъ со щелочами *фіолетовую окраску*, съ кислотами же—*красновато-желтую*. Съ азотнокислымъ ураниломъ настойка кошенили даетъ *зеленую окраску*.

Жельзо-амміачные квасцы $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 5\text{H}_2\text{O}]$, окрашивающіе свободный роданистый аммоній въ *оранжевый цвѣтъ*.

Титрованные растворы. Тотъ растворъ вещества опредѣленной концентраціи, которымъ пользуются для опредѣленія количества вещества, находящагося въ другомъ растворѣ и вступающаго съ первымъ въ химическую реакцію, называется *титрованнымъ растворомъ*, а опредѣленное количество дѣйствующаго вещества назыв. *титромъ*. Различаютъ *нормальный, эмпирической и молекулярный* титрованные растворы.

Нормальными растворами называются такіе, которые въ каждомъ литрѣ дистиллированной воды содержатъ граммъ-эквивалентъ вещества—кислоты, основанія или соли (*граммъ-молекула* данного соединенія есть молекулярный вѣсъ въ граммахъ, *граммъ-эквивалентъ* к. н. вещества есть вѣсъ вещества въ граммахъ, эквивалентный одному грамму водорода). Граммъ-эквивалентъ у одноосновныхъ кислотъ и основаній (какъ, напр., NaOH , HCl) совпадаетъ съ молекулярнымъ вѣсомъ, у многоосновныхъ кислотъ и основаній [напр., H_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$] онъ получается дѣленіемъ молекулярнаго вѣса на степень основности. Такъ, напр., *молекула* H_2SO_4 содержитъ въ себѣ два атома водорода, способныхъ къ обмѣну съ основаніемъ: слѣдовательно, для полученія нормальнаго раствора сѣрной кислоты отвѣшивается *половина* молекулярнаго вѣса H_2SO_4 , т. е. $\frac{98}{2} = 49$ гр. и разводится до литра. Напротивъ, *молекула* NaOH заключаетъ одинъ одноосновной атомъ Na , способный къ обмѣну съ однимъ H кислоты, почему нормальный растворъ его получается раствореніемъ

грамм-молекулы, т. е. 40 gr., въ литрѣ дистиллированной воды. При анализахъ часто пользуются менѣе крѣпкими нормальными растворами, напр., децинормальнымъ ($\frac{n}{10}$), получаемыми изъ первыхъ разведеніемъ въ 10 и т. д. разъ.

Молекулярный растворъ содержитъ въ каждомъ литрѣ воды грамм-молекулу вещества.

Эмпирическими титрованными растворами называются такіе, которые содержатъ произвольно опредѣленное количество вещества специально для извѣстныхъ опредѣленій, напр., растворъ AgNO_3 , котораго 1 кб. с. осаждаетъ 0,01 NaCl.

Необходимо замѣтить, что для полученія титрованного раствора вещество растворяется въ небольшомъ количествѣ воды и затѣмъ растворъ *доводится до литра*.

Производство титрованія. При объемныхъ анализахъ нужно соблюдать слѣдующее: 1) точно отмѣривать растворы *только* съ помощью *измѣрительныхъ колбъ, бюретокъ и пипетокъ*; измѣрительные цилиндры этой цѣли удовлетворить не могутъ; 2) всѣ эти измѣрительные приборы должны быть *сухими*; 3) при наполненіи бюретокъ, измѣрительныхъ колбъ и пр. *менискъ жидкости и глазъ изслѣдователя должны находиться на одномъ уровнѣ*, бюретки и пипетки должны стоять вертикально; 4) при наполненіи бюретокъ необходимо слѣдить, чтобы ни въ одной соединительной трубкѣ ихъ не остались пузырьки воздуха.

Бюретка наполняется до опредѣленной высоты титрованнымъ растворомъ, сохраняемымъ въ специальныхъ бутылкахъ; въ химическій стаканъ точно отмѣривается изслѣдуемый растворъ, прибавляется нѣсколько капель индикатора и затѣмъ приливаютъ изъ бюретки титрованный растворъ до тѣхъ поръ, пока съ одною-двумя каплями его получаютъ характерное окрашиваніе, не исчезающее въ теченіе 2—5 минутъ.

При титрованіи рекомендуется соблюдать слѣдующія указанія:

1) Для рѣзкаго опредѣленія измѣненія перехода цвѣтовъ слѣдуетъ подкладывать подъ стаканъ бѣлую бумагу или фарфоровую пластинку. Самый стаканчикъ долженъ быть такимъ, чтобы слой титруемой жидкости былъ въ немъ насколько возможно толще—для чего нужно брать узкіе и высокіе химическіе стаканы.

2) Не безразлично—при проходящемъ или отраженномъ свѣтѣ наблюдать переходъ одной окраски въ другую, особенно въ случаяхъ, гдѣ этотъ переходъ совершается постепенно.

3) Въ началѣ титрованія титрованный растворъ приливается быстро, къ концу же титрованія медленно, осторожно, по каплямъ.

Примѣръ опредѣленія титрованіемъ количества H_2SO_4 въ растворѣ неизвѣстной концентраціи. Въ химическій стаканъ берутъ точно отмѣренное количество 5 кб. с. изслѣдуе-

Аналитическая часть.

Качественный анализ мочи.

Предварительныя замѣчанія. Непосредственно послѣ мочеиспусканія моча представляется *чистой и прозрачной*. Окраска мочи нормально свѣтло-желтая и колеблется отъ блѣдно-соломенно-желтой (при меньшей концентраціи) до темно-красно-желтой (при большей концентраціи). *Реакція* мочи зависитъ отъ свойства пищи. Плотоядные отдѣляютъ кислую, травоядные нейтральную или щелочную мочу. При смѣшанной пищѣ моча здороваго человѣка имѣетъ *кислую реакцію*. Реакція опредѣляется красной и синей лакмусовой бумагой.

Удѣльный вѣсъ зависитъ отъ того отношенія, въ какомъ находится въ мочѣ между собою вода и плотныя вещества (главнымъ образомъ мочевины и NaCl); обыкновенно онъ бываетъ равенъ 1,015—1,020 (уд. вѣсъ воды принимается за единицу). Такъ какъ удѣльный вѣсъ мочи значительно колеблется въ зависимости отъ тѣхъ или другихъ условій (послѣ обильнаго принятія воды онъ можетъ упасть до 1,002, а послѣ сильнаго потѣнія или малаго приема воды поднимается до 1,035—1,040), то опредѣленіе его производится во всемъ суточномъ количествѣ мочи.

Опредѣленіе удѣльнаго вѣса осуществляется при помощи особаго ареометра, называемаго *урометромъ*, слѣдующимъ образомъ. Въ стеклянный цилиндръ наливаютъ столько мочи, чтобы погруженный въ нее урометръ могъ свободно плавать; пѣну на поверхности мочи удаляютъ пропускною бумагою. Когда урометръ перестанетъ двигаться, опредѣляютъ, съ какимъ дѣленіемъ его скалы совпадаетъ нижній менискъ жидкости въ цилиндрѣ, при чемъ глазъ долженъ находиться на одной горизонтальной плоскости съ линіей нижняго мениска. Кромѣ того, отмѣчается и температура, при которой производится опредѣленіе удѣльнаго вѣса мочи.

Отношеніе мочи къ реактивамъ. 1) Въ пробирку наливаютъ 5 куб. см. профильтрованной мочи и 1—2 куб. см. какой-нибудь щелочи; при этомъ въ мочѣ появляется осадокъ щелочноземельныхъ фосфатовъ, отъ нагрѣванія собирающихся въ хлопья. Такое

явление объясняется тѣмъ, что въ мочѣ находятся соли H_3PO_4 ; послѣдняя даетъ три типа солей щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ Na, K, Ca, Mg, NH_4 , напр.: однометалльные— NaH_2PO_4 , $CaHPO_4$; двуметалльные— Na_2HPO_4 , $Ca_2H_2(PO_4)_2$ и трехметалльные Na_3PO_4 , $Ca_3(PO_4)_2$. Слабокислую реакцію даютъ первыя, а щелочную вторыя соли. При прибавленіи къ мочѣ NaOH происходитъ замѣщеніе H основаніемъ и образованіе нерастворимой соли, напр., Na_3PO_4 .

2) Отъ нагрѣванія съ HCl моча бурѣетъ, при этомъ происходитъ разрушеніе эфиросѣрныхъ кислотъ съ выдѣленіемъ соединений ароматическаго ряда, какъ феноль, крезоль и др.

3) Отъ дѣйствія $AgNO_3$ въ мочѣ получается осадокъ бѣлаго цвѣта серебряныхъ солей фосфорной (Ag_3PO_4) и соляной (AgCl) кислотъ, нерастворимыхъ въ водѣ, но растворимыхъ отъ прибавленія амміака. Изъ этихъ двухъ осадковъ первый растворяется въ HNO_3 , второй нѣтъ.

4) При прибавленіи къ мочѣ $BaCl_2$ получается осадокъ $BaSO_4$ и $Ba_3(PO_4)_2$; первая соль не растворяется ни въ кислотахъ, ни въ горячей водѣ, вторая растворима въ соляной кислотѣ.

5) Основной уксусно-кислый свинецъ (свинцовый уксусъ) даетъ въ мочѣ осадокъ хлористаго, фосфорнокислаго и сѣрнокислаго свинца; эти осадки увлекаютъ съ собою и пигменты мочи, послѣ чего моча обезцвѣчивается. Этимъ пользуются при опредѣленіи въ мочѣ сахара поляриметрическимъ способомъ.

Открытіе бѣлка. Различныя реакціи на бѣлокъ по окрашиванію (см. стр. 89) вообще не употребляются для открытія бѣлка въ мочѣ. При изслѣдованіи мочи на бѣлокъ необходимо продѣлать по крайней мѣрѣ двѣ изъ слѣдующихъ реакцій.

Проба съ кипяченіемъ. Профильтрованная моча кипятится, затѣмъ прибавляется 2—3 капли 30% уксусной кислоты (чтобы реакція была слабо-кислой); въ присутствіи бѣлка появляется замѣтное помутнѣніе или же образуются хлопья свернувшася бѣлка.

Проба Heller'a. Въ пробирку наливается 1—2 кб. с. крѣпкой азотной кислоты (уд. вѣса 1,2) и по стѣнкѣ пробирки осторожно приливается изъ пипетки или прямо нафильтровывается осторожно, чтобы жидкости не смѣшались, около 2—3 кб. см. мочи: въ присутствіи бѣлка на границѣ мочи и азотной кислоты появляется бѣлое кольцо свернувшася бѣлка.

Проба съ желѣзисто-синеродистымъ калиемъ. Мочу подкисляютъ уксусной кислотой (до 2%) и прибавляютъ по каплямъ желѣзисто-синеродистаго калия (1:20): въ присутствіи бѣлка появляется муть или хлопья его.

Открытие крови и кровяного пигмента.

Проба Heller'a. При кипячении мочи с небольшим количеством ѣдкаго натра получается осадокъ, въ присутвіи крови, краснаго цвѣта; состоитъ онъ изъ щелочноземельныхъ фосфатовъ и гематина. Изъ собраннаго на фильтрѣ осадка дѣлаютъ пробу на кристаллы гемина (*проба Teichmann'a*), какъ она описана въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ курса (стр. 158).

Проба Almen'a. Къ мочѣ прибавляютъ спиртового раствора гваяковой настойки до образования исчезающаго осадка; затѣмъ приливаютъ немного терпентиннаго масла (*стоявшаго открытымъ на свѣту*) и хорошо перемѣшиваютъ смѣсь. Въ присутствіи гемоглобина смѣсь окрашивается въ синій цвѣтъ.

Микроскопическое изслѣдованіе осадка, полученнаго послѣ тщательнаго центрифугирования, обнаруживаетъ ненормальное количество или неизмѣненныхъ или же выщелоченныхъ красныхъ кровяныхъ шариковъ.

Спектроскопическое изслѣдованіе также даетъ цѣнные результаты для разрѣшенія вопроса о присутствіи въ мочѣ кровяного пигмента (объ этомъ см. выше стр. 157).

Открытие желчныхъ кислотъ. *Реакція Petenkoffer'a* (см. въ главѣ о желчи стр. 126).

Открытие желчныхъ пигментовъ. 1) *Реакція Gmelin'a* (см. стр. 127). 2) *Реакція Hammarsten'a* (см. стр. 127).

Открытие ацетона ($\text{CH}_3\text{CO.CH}_3$). Перегоняютъ 250 кб. см. слабо подкисленной сѣрною кислотою мочи (при хорошемъ охлажденіи); первые 10—20 кб. см. перегона уже содержатъ въ себѣ весь *ацетонъ*, но лучше отогнать $\frac{1}{10}$ всего объема. Съ перегонномъ производятъ слѣдующія реакціи.

1) **Иодоформная проба Lieben'a.** Смѣшиваютъ перегонъ со щелочью и небольшимъ количествомъ раствора іода въ іодистомъ кали (растворъ *Lugol'я*) и умѣренно нагрѣваютъ: получается желтый осадокъ іодоформа. Эта реакція очень чувствительна, но не характерна для ацетона.

2) **Проба Legal'я съ нитропруссиднатріемъ.** Прибавляютъ къ раствору ацетона нѣсколько капель свѣжеприготовленнаго насыщеннаго воднаго раствора нитропруссиднатрія и затѣмъ немного ѣдкаго натра или калия: жидкость окрашивается въ рубиновокрасный цвѣтъ. *Креатининъ* также даетъ эту окраску; для отличія прибавляютъ избытокъ ледяной уксусной кислоты: отъ креатинина прежняя окраска переходитъ въ желтый, а отъ ацетона—въ пурпурово-красный цвѣтъ.

Открытие сахара производится при помощи реакцій, описанныхъ въ главѣ объ углеводахъ (открытие пентозъ стр. 34, гексозъ стр. 35 при помощи пробъ съ мѣдью, съ висмутомъ и съ фенильгидразиномъ).

Количественный анализ мочи.

Опредѣленіе бѣлка. Точное опредѣленіе бѣлка возможно только взвѣшиваніемъ. Для клиническихъ же цѣлей можно удовлетвориться и приблизительными анализами по способу Эссбаха и Брандберга.

Способъ Essbach'a основывается на осажденіи бѣлка пикриновой кислотой и опредѣленіи процентнаго содержанія по высотѣ осадка въ такъ называемомъ *альбуминометрѣ*. Приборъ этотъ состоитъ изъ толстой пробирки, на стѣнкѣ которой, въ нижней ея части, нанесены дѣленія, обозначенныя цифрами. Эти дѣленія показываютъ количество граммовъ бѣлка въ литрѣ мочи. Выше этихъ дѣленій находится черта, обозначенная буквою U (urina), до которой наливается моча; надъ этой чертой находится еще черта, обозначенная буквою R (reagentum), до которой наливается реактивъ, осаждающій бѣлокъ. *Реактивъ* этотъ состоитъ изъ 10 ч. пикриновой и 20 ч. лимонной кислотъ, растворенныхъ въ 900 кб. с. горячей воды, объемъ которой послѣ охлажденія доводится до литра.

Производство опредѣленія. Наливаютъ профильтрованной мочи до черты U, а реактива до черты R; затѣмъ закрываютъ пробирку пробкой, перевертываютъ ее нѣсколько разъ до полного смѣшенія жидкостей и, наконецъ, ставятъ пробирку въ вертикальномъ положеніи на 24 часа. Уровень собравшагося на днѣ пробирки бѣлка покажетъ содержаніе бѣлка въ граммахъ на литрѣ мочи.

Способъ Essbach'a *даетъ весьма неточные результаты*, всегда меньше дѣйствительнаго количества (раза въ два).

Способъ Brandberg'a. Наливаютъ въ рядъ пробирокъ азотной кислоты уд. вѣса 1,2 по 1—1,5 кб. см. и затѣмъ производятъ пробу *Heller'a* съ разведеніемъ въ нѣсколько разъ профильтрованной мочей такъ, чтобы бѣлое кольцо появилось не раньше, какъ черезъ $2\frac{1}{2}$ —3 минуты. Достигнувши такого разведенія, опредѣляютъ количество бѣлка помноженіемъ степени разведенія мочи на постоянную величину 0,033 (растворъ бѣлка 0,033‰ даетъ ясное кольцо съ азотной кислотой черезъ $2\frac{1}{2}$ —3 мин.); полученное число будетъ обозначать количество граммовъ бѣлка въ литрѣ мочи.

Опредѣленіе сахара. Сахаръ встрѣчается въ мочѣ обыкновенно въ видѣ *винограднаго* (глюкоза); въ рѣдкихъ случаяхъ въ мочѣ наблюдается *фруктовый* (левулеза) и *молочный* сахара. Количественное опредѣленіе см. стр. 36—45).

Опредѣленіе общаго количества азота по способу Kjeldahl'я.

Принципъ способа. Всѣ азотосодержащія составныя части мочи разрушаются продолжительнымъ кипяченіемъ съ крѣпкой сѣрной

кислотой до перехода N въ NH_3 , послѣдній отгоняется изъ щелочной жидкости и поглощается $\frac{n}{10}$ растворомъ H_2SO_4 [въ видѣ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], по измѣненію титра которой можно судить о количествѣ выдѣлившагося изъ азотистыхъ веществъ мочи амміака.

Производство опредѣленія. 5 кб. см. профильтрованной мочи пипеткой отмѣривается въ специальную (Кьельдалевскую) колбу съ круглымъ дномъ и длинной шейкой. Сюда же осторожно приливается по стѣнкѣ шейки 10 куб. см. крѣпкой сѣрной кислоты (содержащей также P_2O_5 или SO_3) и 0,5 гр. истертаго въ порошокъ CuSO_4 въ качествѣ катализатора. Уже безъ нагрѣванія на огнѣ жидкость бурбеть вслѣдствіе обугливанія органическихъ составныхъ частей. Для полного же ихъ разрушенія колба ставится (подъ угломъ въ 45° , чтобы брызги не вылетали изъ колбы) *подъ тягой* на особыя сѣтки и нагрѣвается сначала умѣренно, а потомъ энергично газовой горѣлкой около 1—1½ ч. Во время этого процесса C сгораетъ въ CO_2 , H—въ воду, S—въ сѣрную кислоту, O идетъ на окисленіе, N превращается въ NH_3 , который и соединяется съ сѣрной кислотой въ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, остающійся въ жидкости. Процессъ разрушенія органическихъ веществъ *окончится* тогда, когда жидкость станетъ прозрачной съ синимъ оттѣнкомъ отъ CuSO_4 . Послѣ окончанія разрушенія даютъ жидкости охладиться на сѣткѣ же.

Теперь нужно опредѣлить количество образовавшагося NH_3 , который находится въ видѣ сѣрнокислаго аммонія: $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Съ этою цѣлью освобождаютъ амміакъ посредствомъ щелочи: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$. Вся эта операція въ послѣдовательности продѣлываютъ такъ. Заранѣ готовится *Либиховскій* холодильникъ (пустить воду), приспособляется перегонная колба и горѣлка (зажигается), а также приѣмникъ, въ который наливается 50 кб. см. $\frac{n}{10}\text{H}_2\text{SO}_4$ и опускается отводящая трубка (изогнутая подъ прямымъ угломъ) такъ, чтобы конецъ ея былъ обязательно погруженъ въ кислоту. Когда все это готово, содержимое остывшей уже Кьельдалевской колбы осторожно разводится на половину дистиллированной водой и сливается въ перегонную колбу; это повторяется еще 5—6 разъ до полного переведенія содержимаго колбы. Затѣмъ къ содержимому въ перегонной колбѣ прибавляется одна ложечка талька для умѣренного кипѣнія жидкости, имѣющей высокій удѣльный вѣсъ. Смывая порошокъ со стѣнокъ перегонной колбы дистиллированной водой, доводятъ объемъ въ ней жидкости до $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ всей вмѣстимости колбы. Послѣ этого отмѣривается 50 кб. см. крѣпкаго NaOH (40%), достаточныхъ не только для нейтрализаціи сѣрной кислоты, но дѣлающихъ жидкость щелочной (это количество NaOH заранѣе опредѣлено). Тогда быстро ставятъ на сѣтку перегонную колбу, которую соединяютъ трубкою съ холодильникомъ, и подставляютъ зажженную горѣлку.

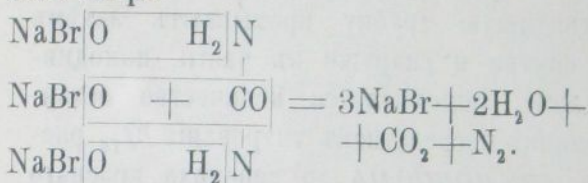
въ литръ будетъ $X = \frac{34.4,9.38,5.1000}{98.1000 \cdot 5}$; для вычисленія количества

N, послѣднее число нужно умножить на $\frac{14}{17}$ (17—молекулярный вѣсъ NH_3), такъ какъ азотъ составляетъ $\frac{14}{17}$ вѣсовыхъ частей аміака; слѣдовательно, количество азота выразится:

$$X = \frac{34.4,9.38,5.1000.14}{98.1000.5.17} = 10,78 \text{ gr.}$$

Опредѣленіе мочевины по способу проф. Бородина.

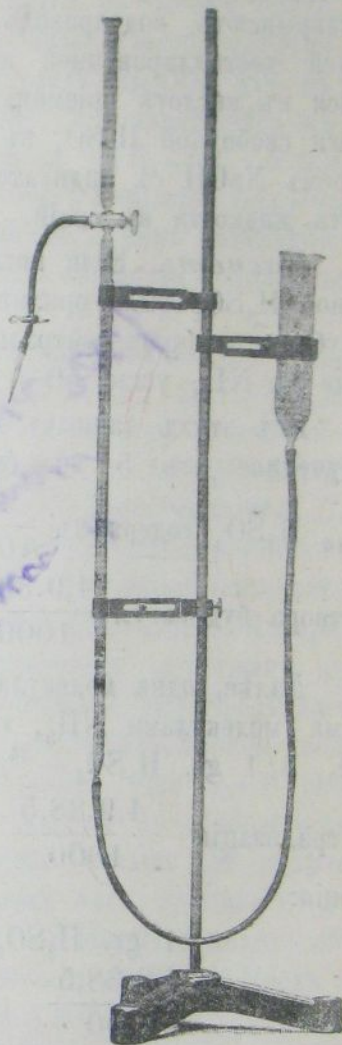
Принципъ опредѣленія. Мочевина разлагается на $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ и газообразный N при дѣйствіи щелочнаго раствора бромноватистокислаго натра:



По объему же выдѣлившагося азота опредѣляется его вѣсъ, а по послѣднему и количество мочевины. Объемъ азота опредѣляется приборомъ проф. Бородина.

Приборъ Бородина состоитъ изъ градуированной бюретки (установленной вертикально), верхняя часть которой превращена въ измѣрительную же трубку. Эти двѣ части сообщаются между собою при помощи особаго крана. Послѣдній, благодаря своимъ двумъ ходамъ, можетъ соединять верхнюю часть съ нижней, верхнюю или нижнюю части съ наружнымъ пространствомъ или, наконецъ, обособлять обѣ части бюретки. Отъ нижней части бюретки идетъ резиновая трубка съ широкимъ стекляннымъ цилиндромъ на другомъ своемъ концѣ. Этотъ цилиндръ вертикально укрѣпляется въ особомъ зажимѣ на томъ же самомъ штативѣ, на которомъ укрѣплена и бюретка, и можетъ передвигаться вверхъ и внизъ.

Производство опредѣленія. Черезъ широкій цилиндръ, поднятый до уровня верхняго конца прибора, бюретка наполняется насыщеннымъ растворомъ NaCl. Берется этотъ растворъ высокаго уд. вѣса, чтобы надъ нимъ произвести разложеніе мочевины. Наполнивши бюретку



Рисунокъ 12.
Приборъ проф. Бородина.

и закрывъ кранъ, опускаютъ широкій цилиндръ какъ можно ниже. Затѣмъ въ верхнюю, изъ которой выпущенъ растворъ NaCl, промытую дистиллированной водой и затѣмъ разведенной мочей. измѣрительную трубку наливаютъ въ 5 разъ разведенной мочи и, доведя выпусканіемъ наружу уровень жидкости до 0, соответственнымъ поворотомъ крана переводятъ въ нижнюю трубку ровно 5 куб. см. мочи, а остальную часть выпускаютъ наружу. Промывъ снова верхнюю трубку дистиллированной водой, наполняютъ ее щелочнымъ растворомъ бромноватистокислаго натра, который небольшими порціями быстро приливаютъ въ нижнюю трубку. Имѣющій высокій удѣльный вѣсъ растворъ бромноватистокислаго натра проходитъ черезъ мочу до нижнихъ ея слоевъ и разлагаетъ ее съ выдѣленіемъ газообразнаго азота, собирающагося въ части бюретки подь краномъ, CO_2 же поглощается ѣдкимъ натромъ. Приливаніе реактива продолжается до тѣхъ поръ, пока прекратится выдѣленіе пузырьковъ азота (во время реакціи необходимо осторожно постукивать по прибору, такъ какъ пузырьки газа пристають къ стѣнкѣ).

Послѣ выдѣленія всего азота (что опредѣляется по прекращенію образованія пузырьковъ), измѣряютъ объемъ послѣдняго. Для этого широкій цилиндръ устанавливается такъ, чтобы жидкость въ немъ была на одномъ уровнѣ съ жидкостью въ бюреткѣ. Это дѣлается съ тою цѣлью, чтобы привести давленіе газообразнаго азота къ атмосферному. Послѣ этого отсчитываютъ объемъ азота (допустимъ, онъ равенъ 19,2 куб. см.). Такъ какъ часть бюретки, заполненная азотомъ, къ тому же насыщена водяными парами, то давленіе азота будетъ меньше атмосфернаго на величину напряженія водяныхъ паровъ при температурѣ во время опыта. Если температура окружающаго воздуха 17° , то давленіе пара при этой температурѣ 14,409 мм. (опредѣляется по таблицѣ); атмосферное давленіе во время опыта 764,8 мм., слѣдовательно, азотъ находился подь давленіемъ $764,8 - 14,4 = 750,4$ мм.

Далѣе приводится найденный объемъ азота къ тому объему, какой занялъ бы газъ при температурѣ 0° и нормальномъ давленіи 760 мм.

По закону Мариотта-Гэ-Люссака произведение объема газа V на давленіе P , дѣленное на биномъ расширения газа $1 + \alpha t$, равняется объему того же количества газа, взятаго при температурѣ 0° и давленіи 760 мм. (или остается постояннымъ, какъ бы ни мѣнялись температура и давленіе газа). Это положеніе выражается формулой Клапейрона:

$$\frac{V \cdot P}{1 + \alpha t} = P^0 \cdot V^0$$
, гдѣ V = найденному объему газа (19,2), P = давленію газа (750,4), α = коэффициенту расширения газовъ (0,00367), t = температурѣ во время опыта (17°), P^0 = атмосферному давленію при 0° (760), V^0 = объему газа при 0° и 760 мм.

Изъ этой формулы и опредѣляется $V^0 = \frac{V \cdot P}{P^0 \cdot (1 + at)}$; под-
ставивъ соотвѣтственныя величины, получимъ:

$$V^0 = \frac{19,2.750,4}{760(1 + 0,00367.17)} = \text{п куб. см.}$$

Расчетъ. Извѣстно, что одинъ куб. см. сухого азота при 0° и 760 мм. давленія вѣситъ 0,0012562 гр.; слѣдовательно, п куб. с. азота будутъ вѣситъ п.0,0012562 гр. Такое количество азота выдѣлилось изъ 5 куб. см. пятикратно разведенной мочи, т. е. изъ 1 куб. см. чистой мочи, а изъ литра неразведенной п.0,0012562.1000. Молекулярный вѣсъ мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 60[12 + 16 + 28 + 4]$, при чемъ 28 вѣсовыхъ частей приходится на долю азота, т. е. 1 гр. N соотвѣтствуетъ $\frac{60}{28}$ мочевины. Слѣдовательно, мочевины будетъ п.0,0012562.1000. $\frac{60}{28}$. Вычисленіе сокращается посредствомъ таблицъ

Опредѣленіе мочевой кислоты.

Предварительныя замѣчанія. Мочевая кислота большею частью находится въ мочѣ въ видѣ солей; но малая часть ея бываетъ и въ свободномъ видѣ (свободная мочевая кислота трудно растворима въ водѣ: 1 часть—въ 39500 частяхъ холодной воды). *Среднія соли* ея $\text{C}_5\text{H}_2\text{Na}_2\text{N}_4\text{O}_3$ хорошо растворимы, а *кислая* $\text{C}_5\text{H}_3\text{NaN}_4\text{O}_3$ —очень трудно (1 гр. требуетъ для растворенія 1150 холодной или 120 гр. теплой воды). Въ мочѣ находится, какъ прочная соль, кислый моче-кислый натръ; средней же соли не бываетъ, ибо она, какъ непрочная, разлагается угольной кислотой: $\text{C}_5\text{H}_2\text{Na}_2\text{N}_4\text{O}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaNCO}_3 + \text{C}_5\text{H}_3\text{NaN}_4\text{O}_3$.

Принципъ опредѣленія. Мочевая кислота осаждается хлористымъ аммоніемъ въ видѣ кислаго мочекислаго аммонія, трудно растворимаго въ водѣ и совершенно нерастворимаго въ крѣпкихъ растворахъ NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Эта соль переводится раствореніемъ въ ѣдкомъ натрѣ въ натровую, въ которой опредѣляется азотъ по способу Kjeldahl'я. По количеству азота можно узнать вѣсъ мочевой кислоты.

Производство опредѣленія. Въ 100 куб. см. отфильтрованной мочи растворяется 30 гр. истертаго въ порошокъ NH_4Cl ; получается муть отъ осадка мочекислаго аммонія: $\text{C}_5\text{H}_3\text{NaN}_4\text{O}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} = \text{NaCl} + \text{C}_5\text{H}_3(\text{NH}_4)\text{N}_4\text{O}_3$. Для ускоренія растворенія NH_4Cl можно мочу осторожно нагрѣть (или на сѣткѣ или лучше на водяной банѣ). Послѣ растворенія жидкость оставляется на 24 часа для осажденія $\text{C}_5\text{H}_3(\text{NH}_4)\text{N}_4\text{O}_3$. Черезъ сутки (можно и черезъ 2—3 часа) жидкость надъ осадкомъ осторожно профильтровывается черезъ небольшой фильтръ, на который тщательно переводится и самый осадокъ мочекислаго аммонія; стаканъ нѣсколько разъ смываютъ 30% растворомъ NH_4Cl , который выливаютъ на фильтръ же.

Собранный и промытый 30% раствором NH_4Cl на фильтр осадок переводится растворениемъ въ 20—25 кб. см. нагрѣтаго 1% NaOH въ средній мочекислый натръ: $\text{C}_5\text{H}_3(\text{NH}_4)\text{N}_4\text{O}_3 + 2\text{NaOH} = \text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{C}_5\text{H}_2\text{Na}_2\text{N}_4\text{O}_3$. Для достиженія этого на фильтр по палочкѣ приливаютъ горячій NaOH , направляя его на части фильтра, покрытыя мочекислымъ аммоніемъ.

Такъ какъ въ фильтратѣ имѣется еще NH_3 , то его удаляютъ осторожнымъ кипяченіемъ (подъ тягой), лучше на водяной банѣ, въ фарфоровой чашкѣ (NH_3 улетучивается); въ случаѣ значительнаго сгущенія раствора къ нему добавляется немного дистиллированной воды. Красной лакмусовой бумажкой устанавливается удаление всего амміака.

Послѣ этого остается только опредѣлить N въ растворѣ $\text{C}_5\text{H}_2\text{Na}_2\text{N}_4\text{O}_3$, что производится по способу Kjeldahl'я (см. выше опредѣленіе азота). По количеству же азота узнается и вѣсъ мочевоы кислоты. Такъ какъ по вѣсу азотъ ($\text{N}_4 = 14.4$) составляетъ $\frac{1}{3}$ молекулярнаго вѣса мочевоы кислоты (мол. в. 168), то для полученія вѣса послѣдней азотъ натровой ея соли умножаютъ на 3.

Расчетъ. Если азота оказалось въ количествѣ 0,21 гр. на литръ, то мочевоы кислоты будетъ: $0,21 \cdot 3 = 0,63$ гр.

Опредѣленіе сѣрной кислоты неорганическихъ солей и эфиросѣрныхъ кислотъ.

Принципъ опредѣленія. Сѣрная кислота осаждается изъ мочи BaCl_2 въ видѣ нерастворимаго BaSO_4 .

Производство опредѣленія. Отмѣриваютъ въ химическій стаканъ 100 кб. см. профильтрованной мочи и предварительно разрушаютъ эфиросѣрныя кислоты съ тѣмъ, чтобы выдѣлить изъ нихъ H_2SO_4 . Для расщепленія эфиросѣрныхъ кислотъ къ мочѣ приливаютъ 3—5 кб. см. крѣпкой соляной кислоты и на треножникѣ съ сѣткой кипятятъ (подъ тягой) въ продолженіе 10—15 минутъ до интенсивнаго побурѣнія мочи.

Послѣ этого расщепленія сѣрная кислота осаждается 10—15 кб. см. нагрѣтаго до кипѣнія BaCl_2 . Для уплотненія кристалловъ (чтобы они не проходили впослѣдствіи черезъ поры фильтра) получающагося бѣлаго осадка BaSO_4 химическій стаканъ помѣщается на нагрѣтую до кипѣнія водяную баню, на которой осадокъ остается въ продолженіи 1—1½ часовъ (все время *подъ тягой*).

Послѣ этого слѣдуетъ отфильтровать по стекляной палочкѣ верхній слой жидкости, не взмучивая осадка BaSO_4 , черезъ т. н. *беззольный фильтръ* (съ опредѣленнымъ количествомъ неорганическихъ солей), который плотно прилаживается къ воронкѣ (смачиваютъ водой). На остающійся же въ стаканѣ осадокъ BaSO_4 нужно налить 60—80 кб. см. горячей воды и дать взмученному осадку собраться на дно.

Тогда отфильтровывают жидкость, не взмучивая пока осадка, через прежний беззольный фильтр и, когда останется жидкости мало, взбалтывают осадок и переводят его по стеклянной палочкѣ на фильтр. Остающіяся части тщательно смываются горячей водой нѣсколько разъ. Послѣ этого собранный на фильтрѣ весь $BaSO_4$ тщательно промывается горячей водой для удаленія избытка $BaCl_2$; это продолжается до тѣхъ поръ, пока промывная вода (фильтратъ) перестанетъ давать въ пробиркѣ муть съ растворомъ $AgNO_3$. По достиженіи этого осадокъ на фильтрѣ, состоящій изъ $BaSO_4$ (окрашенный продуктами разрушенія пигментовъ мочи), промывается нѣсколько разъ спиртомъ, извлекающимъ воду и растворяющимъ пигменты. Для полного высушиванія передъ послѣдующимъ сжиганіемъ фильтръ вмѣстѣ съ воронкой помѣщается въ сушильный шкафъ съ температурой $105-110^{\circ}C$.

Послѣ высушиванія фильтръ вынимается изъ воронки, слегка сдавливается между пальцами, и отставшій $BaSO_4$ пересыпается въ заранее взвѣшанный на аналитическихъ вѣсахъ фарфоровый съ крышечкой тигель, помѣщенный на глянцевитую черную бумагу. Вмѣстѣ съ остающимся осадкомъ фильтръ осторожно надъ тиглемъ свертывается, обертывается нѣсколько разъ платиновой проволокой и сжигается надъ тиглемъ, поддерживаемый щипцами за платиновую проволоку. Теперь нужно прокалить обуглившіяся части фильтра и самый осадокъ, помѣщая тигель вмѣстѣ съ фарфоровымъ трехугольникомъ на треножникъ безъ сѣтки. Когда прокаливаніе закончится, что видно по побѣлѣнію содержимаго въ тиглѣ, послѣдній охлаждается въ эксикаторѣ и взвѣшивается. Разница въ вѣсѣ до и послѣ прокаливанія тигля покажетъ количество $BaSO_4$.

Расчетъ. Положимъ, что вѣсъ тигля съ крышкой $28,0734$ gr., съ золой— $28,6771$ gr., отсюда вѣсъ $BaSO_4=0,6037$. Частицу $BaSO_4$ даетъ одна частица H_2SO_4 , или 233 вѣсовыхъ частей $BaSO_4$ соответствуютъ 98 вѣсовымъ частямъ H_2SO_4 (233 и 98-молекулярный вѣсъ $BaSO_4$ и H_2SO_4), слѣдовательно, одна в. ч. $BaSO_4$ даетъ $\frac{98}{233}$ в. ч. H_2SO_4 . Количество H_2SO_4 вычисляется по слѣдующей пропорціи:

1 вѣс. ч. $BaSO_4$ даетъ $\frac{98}{233}$ вѣс. частей H_2SO_4
$0,6037$ " " X " " "

$$X \cdot \frac{98}{233} = 0,6037 : 1, \text{ откуда } X = \frac{98 \cdot 0,6037}{233} = 0,253.$$

Такое количество H_2SO_4 оказалось въ 100 кб. см. мочи, а въ литрѣ будетъ въ 10 разъ больше: $X=0,253 \cdot 10 = 2,53$.

Опредѣленіе эфиросѣрныхъ кислотъ.

Принципъ опредѣленія. Неорганическія соли H_2SO_4 осаждаются изъ мочи баритовой смѣсью, въ фильтратѣ же опредѣляются остающіяся неосажденными парныя соединенія сѣрной кислоты.

Производство опредѣленія. 100 кб. см. профильтрованной мочи осаждаютъ избыткомъ баритовой смѣси $[\text{BaCl}_2 \text{ и } \text{Ba}(\text{OH})_2]$ на холоду. Въ осадкѣ получатся соли H_2SO_4 и H_3PO_4 ; H_2SO_4 же въ видѣ парныхъ соединеній останется неосажденной. Отфильтровавъ осадокъ, опредѣляютъ въ фильтратѣ, послѣ предварительнаго кипяченія съ HCl (чтобы выдѣлить сѣрную к.), количество H_2SO_4 , сочетанной въ т. н. парныхъ соединеніяхъ, по принципу опредѣленія всей сѣрной кислоты.

Опредѣленіе фосфорной кислоты.

Предварительныя замѣчанія. Въ мочѣ H_3PO_4 даетъ два ряда солей: *однометалльную* NaH_2PO_4 и *двуметалльную* — Na_2HPO_4 ; первая соль имѣетъ кислую реакцію, вторая — щелочную. Между этими двумя солями существуетъ подвижное равновѣсіе, и моча даетъ слабокислую-слабощелочную реакцію (называетъ *амфотерной*). Всего H_3PO_4 въ мочѣ 2—2,5 gr., причемъ большее количество ея въ видѣ однометалльной соли, а меньшее — двуметалльной.

Принципъ опредѣленія. Фосфорная кислота осаждается изъ мочи въ видѣ фосфорнокислаго уранила: $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 = \text{NaNO}_3 + \text{HNO}_3 + \text{UO}_2\text{HPO}_4$. Азотнокислый ураниль готовится такой концентраціи, чтобы 1 кб. см. его осаждалъ $0,005\text{P}_2\text{O}_5$ (фосфорный ангидридъ). Полнота осажденія указываетъ индикаторомъ — настойкой кошенили, который даетъ съ солями урана зеленую окраску.

Производство опредѣленія. Въ химической стаканчикъ наливается точно 50 кб. см. профильтрованной мочи, 10 кб. см. уксуснокислой смѣси (состоящей изъ уксусной кислоты и уксуснокислаго натра) и 5—10 капель кошенильной настойки; вся смѣсь нагревается на треножникѣ съ сѣткой до кипѣнія и титруется азотнокислымъ ураниломъ (при постоянномъ нагреваніи жидкости на сѣткѣ) до появленія зеленой окраски. Уксуснокислая смѣсь переводитъ двуметалльныя соли въ однометалльныя (уксусная кислота отнимаетъ Na) и связываетъ свободную HNO_3 , которая растворяетъ фосфорнокислый ураниль.

Расчетъ. 1 кб. см. $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ осаждаетъ $0,005\text{P}_2\text{O}_5$; если потрачено на осажденіе 16 куб. см. $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, то количество всей P_2O_5 въ 50 куб. см. мочи будетъ $0,005 \cdot 16 = 0,08$, въ литрѣ же — $0,08 \cdot 20 = 1,6$ gr.

Опредѣленіе хлоридовъ.

Предварительныя замѣчанія. Свободной HCl въ мочѣ нѣтъ (только въ желудочномъ сокѣ содержится нѣкоторое количество ея), а почти вся въ видѣ NaCl , который съ AgNO_3 даетъ нерастворимый ни въ водѣ, ни въ азотной кислотѣ осадокъ хлористаго серебра: $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$. Находящаяся въ мочѣ H_3PO_4 также даетъ съ AgNO_3 осадокъ соли, нерастворимый въ водѣ, но растворимый въ азотной кислотѣ: $\text{Me}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{MeNO}_3$.

Принципъ опредѣленія. Соляная кислота осаждается азотно-кислымъ серебромъ въ видѣ AgCl , и по количеству потраченного AgNO_3 высчитываютъ количество HCl . Приготавливается такой растворъ AgNO_3 , 1 кб. см. котораго осаждаетъ 0,01 NaCl . Для полного замѣщенія надо взять по молекулѣ: $\text{NaCl}=58,5$; $\text{AgNO}_3=170$. Количество AgNO_3 , необходимое для осажденія одного сантиграмма NaCl , опредѣляется изъ уравненія:

$$\begin{array}{ccccccc} 58,5 & \text{gr. NaCl} & \text{осаждаются} & 170 & \text{gr. AgNO}_3 \\ 0,01 & \text{''} & \text{''} & \text{X} & \text{''} & \text{''} \\ \hline \text{X:170} & = & 0,01:58,5; & \text{X} & = & \frac{170 \cdot 0,01}{58,5} = 0,029075 \text{ gr.} \end{array}$$

Одинъ кб. см. раствора, содержащаго въ литрѣ 29,075 gr. AgNO_3 осаждаетъ, именно, 0,01 gr. NaCl .

Производство опредѣленія. Берется 10 кб. см. мочи въ измѣрительную колбу емкостью 100 кб. см. и точно изъ бюретки 20 кб. см. AgNO_3 вышесказанной концентраціи; предварительно въ мочу прибавляется 5 куб. см. HNO_3 удѣльнаго вѣса 1,2 для отдѣленія AgCl отъ растворимаго въ азотной кислотѣ Ag_3PO_4 . Въ калиброванной колбѣ вся эта смѣсь разводится водой до 100 кб. см. и взбалтывается, послѣ чего даютъ осадку собраться на дно.

Чтобы узнать, сколько изъ 20 куб. см. титрованного раствора AgNO_3 ушло на осажденіе NaCl и сколько осталось въ жидкости свободнымъ, отфильтровываютъ 50 кб. с. смѣси, соответствующей 5 кб. с. взятой для анализа мочи. Количество свободной AgNO_3 въ этихъ 50 кб. с. фильтрата опредѣляется титрованіемъ роданистымъ аммоніемъ при индикаторѣ-желѣзоамміачныхъ квасцахъ. Роданистый аммоній осаждаетъ серебро въ видѣ бѣлыхъ хлопьевъ роданистаго серебра, а свободный роданистый аммоній окрашивается желѣзоамміачными квасцами въ интенсивно оранжевый цвѣтъ. Реакція протекаетъ по уравненію: $\text{AgNO}_3 + (\text{NH}_4)\text{CNS} = \text{AgCNS} + (\text{NH}_4)\text{NO}_3$. Растворъ $(\text{NH}_4)\text{CNS}$ употребляется такой концентраціи, чтобы 1 кб. с. его соответствовалъ бы 1 кб. с. AgNO_3 . Отсчитавши на бюреткѣ израсходованное количество кб. см. роданистаго аммонія для осажденія свободного AgNO_3 въ 50 кб. см. фильтрата, остается только сдѣлать соответствующія вычисленія. Если, наприм., для осажденія AgNO_3 пошло 4 куб. см. роданистаго аммонія, то на всю смѣсь (100 кб. с.) потребовалось въ два раза больше, т. е. 8 кб. с. Слѣдовательно, для осажденія NaCl понадобилось 20 кб. с. — 8 кб. с. = 12 кб. с. AgNO_3 .

Расчетъ. Если 1 кб. с. раствора AgNO_3 осаждаетъ 0,01 NaCl , то 12 кб. с. AgNO_3 осадятъ $0,01 \cdot 12 = 0,12$ gr. NaCl ; это въ 10 кб. см. мочи, въ литрѣ будетъ въ 100 разъ больше, т. е. 12 gr.

Алфавитный указатель.

А.

Аденаза 188.
Аденинъ 96.
Азотистое равновѣсіе 176.
Азотъ 5, 239.
Аланинъ 72, 138.
Алкалоидные реактивы 89.
Аллантоинъ 190.
Аллоксанъ 189.
Альбуминоиды 100.
Альбумины 91.
Альбуминометръ 239.
Альбумозы 94.
Альдогексоза 15.
Альдоза 15.
Алюминій 7.
Амигдалинъ 108.
Амидулинъ 54.
Амилаза 105, 122.
Амилодекстринъ 54.
Амилоидъ 100.
Аминофеноль 196.
Аминокислоты 70.
Анализаторъ 41.
Антиальбумозы 138.
Антипептоны 138.
Аппаратъ Вескманна 17.
Арабиноза 15, 28, 34, 33.
Аргиназа 123.
Аргининъ 74, 85.
Аспарагинъ 73.
Ахроодекстринъ 54.
Ацетиль хлористый 19.

Б.

Бензоиль хлористый 19.
Бетаинъ 66.
Биогенные элементы 3.
Биливердинъ 126.

Билирубинъ 126, 160.
Биозы 15, 48.
Биуретъ 90.
Броженіе 1
Броженіе спиртовое 112.
 » молочнокислое 112.
Броженіе маслянокислое 113.
Бромъ 7.
Бромфенилцистеинъ 197.

В.

Валинъ 72.
Взвѣшиваніе 232.
Вителлинъ 93.
Вода 8.
Водородъ 4.
Воскъ 60.

Г.

Галактоза 21, 31, 35.
Гексобиозы 49.
Гексозы 15, 26, 29, 34.
Гексоновыя основанія 73
Гематинъ 128, 158.
Гематогенъ 93.
Гематокритъ 12.
Гематопорфиринъ 159
Гемиальбумозы 138.
Геминъ 158.
Гемипептоны 138.
Гемоглобинъ 128, 154.
Гемолизъ 154.
Гемолитическій агентъ 154.
Гемопирроль 160.
Гемохромогенъ 158,
Гидразонъ 20.
Гипергликемія 203.
Гипоксантинъ 96.
Гистидинъ 75.
Гистонъ 94.

Гликогенъ 54.
Гликозурия 203.
Гликоколь 72, 85, 193.
Глицеринъ 57.
Глициль-глицинъ 184.
Глицинъ 72.
Глобинъ 128.
Глобулинъ 91.
Глюкоза 15, 21, 22, 26.
Глюкозозонъ 21.
Глюкозаминъ 47, 99.
Глюкозиды 49, 115.
Глюкопротеиды 99.
Глютаминъ 73.
Глютинъ 100.
Гніеніе 83.
Гуаназа 188.
Гуанидинъ 74.
Гуанинъ 96.
Гулоза 29, 30, 35.
Гуминовыя вещества 35.

Д.

Дезамидированіе 179.
Декстрины 54.
Денатурированіе бѣлковъ 91.
Дестилляція 229.
Дефибринированіе 146.
Діабетъ 201.
Діализированіе 230.
Діастаза 105.
Дикетопиперацидъ 183.
Диокситолуоль 34.
Дипальмитиновый эфиръ 59.
Дипептиды 138.
Дисахариды 15, 48.
Дыхательный коэффиц. 199.

Ж.

Желатина 72, 100, 214.
Желтуха 127.
Желчные камни 129.
Желѣзо 6.
Желѣзо-амміачн. квасцы 233.
Жидкость Fehling'a 37.
» Lugol'я 100.
» Stokes'a 158.
Жиры 57.

З.

Законъ Henry 163.
» изодинаміи 215.
» термодинамики 215.

Зимаза 103.
Зиминъ 103.
Зимогенъ фибр.-ферм. 153.

И.

Изолейцинъ 73.
Изомальтоза 53.
Изомерія оптическая 23.
Изотоническіе растворы 10.
Инверсія 51.
Инвертаза 107, 122.
Индиканъ 195.
Индикаторы 232.
Индоксилъ 87.
Индоль 86.
Инулиназа 107.
Инулинъ 54.
Ихтулинъ 93.

І.

Іодъ 7.

К.

Казеинъ 92.
Калій 6.
Кальцій 6.
Камедь 99.
Камни холестериновые 129.
» пигментные 129.
» кальціевые 129.
Карбоксигемоглобинъ 156.
Катализъ 103.
Кератинъ 101.
Кетогексозы 15.
Кетоза 15, 25.
Кислородъ 5.
Кислота аллоксановая 189.
» аминофеносѣрная 196.
» аспарагиновая 73.
» ацетопропіоновая 33.
» бензойная 74.
» бромфенилмеркаптуро-
вая 197.
» винная 24.
» гематиновая 160.
» гиппуровая 193.
» гликохолевая 125.
» глюконовая 27, 30, 50.
» глюкуроновая 30, 46,
84, 99.
» глютаминовая 73.

Кислота гулоновая 30.
» діалуровая 187.
» индоксилосѣрная 195.
» карбаминовая 181.
» карминовая 233.
» кинуреновая 195.
» ксилоновая 31.
» левулиновая 33, 35.
» ликсоновая 31.
» льняномасляная 58.
» малеиновая 22.
» манноновая 27.
» масляная 113.
» мезоксаливая 189.
» метиль-изобутиль-уксус-
ная 32.
» молочная 23, 113.
» мочева 184, 244.
» муравьиная 35.
» нафтоловая 194.
» нафтуровая 194.
» нуклеиновая 95.
» оксалуровая 189.
» оксифенолосѣрная 196.
» олеиновая 58.
» орнитуровая 74, 178.
» пальмитиновая 58.
» парабановая 189.
» салициловая 194.
» салицилуровая 194.
» сахарная 30.
» слизевая 31.
» стеариновая 58.
» сѣрная 245.
» таурокарбаминовая 197.
» таурохолевая 125.
» тартроновая 187.
» тіофеновая 194.
» тіофенуровая 194.
» толуилуровая 194.
» триоксиглутаровая 28.
» феллиновая 125.
» фенологлюкуроновая 47.
» фосфорная 247.
» фумаровая 22.
» холевая 125.
» холеиновая 125.
» хондроитиносѣрная 99.
» щавелевая 189.
» эфиросѣрная 246.

Клеевой сахаръ 72.

Клѣтчатка 48, 55.

Коллагенъ 100.
Коллоиды 70.
Конхіолинъ 101.
Константа 17.
Копростеринъ 144.
Кофеинъ 97.
Кошениль 233.
Козѣфициентъ растворимости газа
163.
Крахмалъ 53.
Кремній 7.
Кріоскопія 12, 16.
Креатинъ 193.
Креатининъ 193, 238.
Кристаллинъ 92.
Кристаллоиды 69.
Кровь 145.
Кровяная сыворотка 146.
Ксилоза 28, 33, 34, 98.
Ксантинъ 96.

Л.

Labferment 93.
Лакказа 7.
Лакмоидъ 233.
Лактаза 2, 107, 122.
Лактальбуминъ 92, 224.
Лактоглобулинъ 224.
Лактоза 13, 48, 224.
Лактонъ 26.
Ланолинъ 137.
Левулоза 46.
Лейцинъ 72, 138.
Лецитинъ 63.
Лизинъ 73, 141.
Ликсоза 28, 31.
Лимфа 172.
Липаза 109.
Липохромъ 224
Лютеинъ 148.

М.

Магній 6.
Мальтаза 107, 122.
Мальтоза 15, 48.
Манноза 22, 26, 29, 35.
Марганецъ 7.
Мезопорфиринъ 160.
Мелибиоза 51, 116.
Метгемоглобинъ 156.
Метилгуанидинъ 193.

Міозинъ 93.
Мирозинъ 109.
Молекулярн. концентрація 148.
Молозиво 223.
Молозивныя тѣльца 223.
Молоко 223.
Молочная сыворотка 224.
Монозы 15, 33.
Монопальмитинов. эфиръ 59.
Моносахариды 15, 33.
Моча 226.
Мочевина 85, 177, 242.
Мукоиды 99.
Мускаринъ 66.
Мускулинъ 92.
Муциноиды 99.
Муцины 99.
Мыла 60.
Мѣдь 7.

Н.

Натрій 6.
Нейринъ 66.
Николева призма 41.
Нуклеаза 123.
Нуклеинъ 95.
Нуклеоальбумины 92.
Нуклеопротеиды 95.

О.

Овальбуминъ 92.
Озазонъ 21.
Оксигемоглобинъ 155.
Оксидазы 188.
Оксипролинъ 77.
Омыленіе 60.
Орнитинъ 74, 85.
Орцинъ 34.
Осмотическое давленіе 8.

П.

Папайотинъ 111.
Параглобулинъ 92.
Парануклеинъ 92.
Пентозаны 33.
Пентозы 15, 26, 27, 33, 34.
Пепсинъ 109.
Пептиды 183.
Пептоны 94.

Пиримидинъ 97.
Питаніе 207.
Плазма 146.
Плазмолизъ 10.
Полиозы 15, 48.
Полипептиды 138.
Полисахариды 15, 48.
Поляризаторъ 41.
Преципитинъ 139.
Приборъ Бородина 242.
Пробы на азотъ 67.
» » ацетонъ 238.
» » бѣлокъ 87, 89 237.
» » кровь 158 238.
» » сахаръ 34, 36, 238.
» » тирозинъ 60.

Пролинъ 77.
Пропептоны 94.
Просекретинъ 121.
Протамины 95.
Протеиды 95.
Протеины 67.
Протромбинъ 93.
Профибринъ-ферментъ 153.
Птіалинъ 106.
Пуринъ 96.
Путресцинъ 85.

Р.

Рамноза 15.
Растворы титрованные 133.
Растительная слизь 55.
Раффиноза 51.
Рационъ азотист. равновѣсія 212.
Реактивъ Nylander'a 35.
» Essbach'a 89, 239.
Реакція Adamkiewicz'a 89.
» Gmelin'a 127.
» Hammarsten'a 127.
» Millon'a 89.
» Pettenkofer'a 126.
» Селиванова 46.
» съ фенил-гидразин. 20, 36.
» съ NaOH 18.
» » окисями металловъ 18.
» хлорист. ацетиломъ или бензоиломъ 18.
» ксантопротеиновая 89.
Рибоза 28.

С.

- Салицинъ 109.
- Саркинъ 96.
- Сахариметръ 42.
- Сахароза 48.
- Сахароколлоиды 16, 52.
- Сахаръ виноградный 15, 16, 25, 29.
34, 45.
 - » молочный 48, 50.
 - » плодовой 15, 34, 44.
 - » свекловичный 48.
 - » солодовый 15, 48, 50.
 - » тростниковый 15, 48, 50.
 - » фруктовый 25, 46.

Сегнетова соль 37.

Секретинъ 121.

Серинъ 73, 101.

Силицій 7.

Синигринъ 109.

Синтонинъ 137.

Скатолю 86.

Скатоксиль 195.

Скелетинъ 101.

Сокъ млечный 172.

Спермацетъ 59.

Спермацетовое масло 60.

Спонгинъ 101.

Способъ Бородина 242.

» Brandberg'a 239.

» Essbach'a 239.

» Kjeldhal'я 239.

» Hamburger'a 12.

» Pfeffer'a 11.

» Плазмолитическій 12.

» Плетизмографическій 12.

» Pavy 38.

» Bertrand'a 39.

Стеапсинъ 122.

Стеапсиногенъ 124.

Стереохимическ. гипотеза 21.

Сыръ 224.

Сычужный ферм. 111.

Съра 7.

Т.

Тауринъ 125.

Теоброминъ 97.

Теофиллинъ 97.

Тетрасахариды 15.

Тиофенъ 194.

Тиминъ 97.

Тиреоглобулинъ 7.

Титрованный растворъ 233.

Титрованіе 232.

Тирозинъ 76.

Тонометрія 12.

Триоксибензолъ 34.

Триозы 15.

Триолеинъ 59.

Трипальмитинъ 50.

Трипсинъ 109.

Трипсиногенъ 122.

Триптофанъ 77, 86, 194.

Трисахариды 15, 51.

Тристеаринъ 59.

Трихлорэтилалкоголь 47.

Тромбинъ 93, 151.

У.

Углеводы 14.

Углекислый аммоній 180.

Углеродъ 4.

Удѣльный вѣсъ мочи 236.

Урациль 97.

Уриколитическій ферментъ 190.

Уробилинъ 126.

Ф.

Фелинговая жидкость 37.

Фениль-аланинъ 76.

Фениль-гидразинъ 20.

Фениль-глюкозазонъ 36.

Феноль 84.

Феноль-фталеинъ 232.

Ферратинъ 6.

Ферменты 102.

Фибринъ 93.

Фибриногенъ 93.

Фибринъ-глобулинъ 151.

Фибринъ-ферментъ 151.

Фиброинъ 101.

Филопорфиринъ 162.

Фильтрованіе 230.

Фитохолестеринъ 61.

Флороглюцинъ 34.

Формальдегидъ 4.

Фосфоръ 6.

Фруктоза 15, 32, 46.

Фторъ 7.

Фурфуrolъ 33.

Фурфуранъ 33.

Х.

- Хилусъ 172.
- Химозинъ 93.
- Хитинъ 48.
- Хлоръ 6, 247.
- Холестеринъ 61, 135.
- Холинъ 64.
- Хондрозинъ 99.
- Хондроитинъ 99.
- Хондромукоидъ 99.
- Хондропротеиды 99.
- Хромопротеиды 154.

Ц.

- Целлюлаза 106.
- Целлюлоза 55.
- Центрифугированіе 230.
- Цетинъ 59.

- Цистеинъ 75.
- Цистинурия 197.
- Цистинъ 75, 85.
- Цитаза 106.
- Цитозинъ 98.

Э.

- Экскременты 141.
- Экстрагированіе 230.
- Эластинъ 101.
- Эмульсинъ 108.
- Энзимы 102, 107.
- Энтерокиназа 122.
- Эрепсинъ 111.
- Эритродекстринъ 54.
- Эфиръ нейтральный 59.
 - » монопальмитиновой 59.
 - » дипальмитиновой 59.

Опечатки*).

Страницы	Строка		Напечатано	Слѣдуетъ читать.
	сверху	снизу		
33	"	1	свободнымъ средствомъ	свободнымъ средствомъ
50	"	16	(C ₁₂ H ₂₂ O ₇)	(C ₁₂ H ₂₂ O ₁₂)
64	"	16	лецитинъ	лецитинъ
85	"	5	+(CH ₅)HS	+(C ₂ H ₅)HS
113	"	1	аминокислотъ	аминокислотъ
159	20	"	C ₃₄ H ₃₄ N ₄ O Fe	C ₃₄ H ₃₁ N ₄ O ₅ Fe
159	21	"	C ₃₄ H ₃₄ N ₄ O ₄ FeCl	C ₃₄ H ₃₄ N ₄ O ₄ FeCl
184	3	"	$\text{NH} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CO} \\ \text{CO} - \text{CH}_2 \end{array} \text{NH}$	$\text{HN} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CO} \\ \text{CO} - \text{CH}_2 \end{array} \text{NH}$



*) Сложныя формулы считаются за одну строку.