

1948к
1813

Печатается новая книга

И. И. ПОЛЯНСКАГО:

О ТРЕХЪ ЦАРСТВАХЪ ПРИРОДЫ,

содержащая въ живомъ и доступномъ изложеніи основныя свѣдѣнія о воздухѣ, водѣ и землѣ, о строеніи и жизни растений и животныхъ, съ описаніемъ доступныхъ опытовъ и наблюденій.

Книга составлена примѣнительно къ программѣ второклассныхъ школъ, а также можетъ служить пособіемъ учителямъ начальныхъ школъ для веденія предметныхъ уроковъ о природѣ.



Цена 1 р. 50 к.

И. И. ПОЛЯНСКІЙ

Преподаватель Пажеескаго ЕГО ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА КОРПУСА.

ЧТЕНІЯ ПО ЕСТЕСТВОЗНАНІЮ

на курсахъ для учащихся въ церковно-учительскихъ и второклассныхъ школахъ въ 1901—1903 гг.

Часть I.

Химія съ краткими свѣдѣніями изъ минералогіи и общей геологіи.

Часть II.

Строеніе и жизнь растений.

Изданіе Училищнаго Совѣта при Святѣйшемъ Синодѣ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Министерства Внутреннихъ Дѣлъ.

1904

18481
1813

1948K
1813

И. И. ПОЛЯНСКІЙ

Преподаватель Пажескаго Его Императорскаго Величества Корпуса.

ЧТЕНІЯ ПО ЕСТЕСТВОЗНАНІЮ

на курсахъ для учащихся въ церковно-учительскихъ и
второклассныхъ школахъ въ 1901—1903 гг.

Минск.

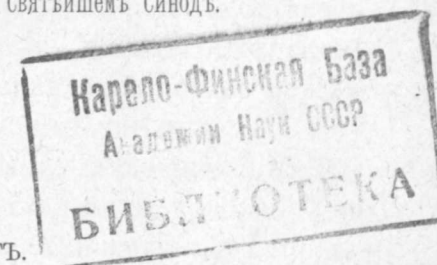
Часть I. № 2046.

Химія съ краткими свѣдѣніями изъ минералогіи и общей геологіи.

Часть II.

Строеніе и жизнь растений.

Изданіе Училищнаго Совѣта при Святѣйшемъ Синодѣ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Министерства Внутреннихъ Дѣлъ.

1904.

1992 г.

1973 г.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Въ настоящее время въ педагогическомъ мірѣ усиленно обсуждается вопросъ о преподаваніи естествознанія: пересматриваются прежнія программы, составляются новыя, предметъ этотъ вводится въ тѣ учебныя заведенія, гдѣ его ранѣе не было, появляется много новыхъ учебниковъ и т. д. Большой шагъ впередъ въ этомъ отношеніи сдѣлало духовное вѣдомство. Св. Синодомъ съ настоящаго учебнаго года естествознаніе, подъ названіемъ «Свѣдѣнія о природѣ, ея силахъ и явленіяхъ», введено въ народныя школы, именно, во второклассныя, церковно-учительскія и отчасти двухклассныя. При этомъ, что особенно важно, духовное вѣдомство сразу стало на тотъ вѣрный путь, по которому должно идти изученіе природы. Въ основу преподаванія положенъ практическій методъ, требующій обязательныхъ опытовъ и наблюденій, описаніе которыхъ включено даже въ официальную программу для церковно-учительскихъ школъ, приложенную къ настоящей книгѣ. Главная цѣль изученія природы полагается въ томъ, чтобы, насколько возможно, понять внутренній смыслъ окружающихъ предметовъ и явленій и связь между ними, не ограничиваясь описаніемъ ихъ внѣшности. Поэтому систематика и т. п. матеріалъ, обременяющій память, но ниче́го почти ни уму, ни сердцу не говорящій и сдѣлавшій естествознаніе сухимъ и безжизненнымъ предметомъ, почти исключены изъ новыхъ программъ церковныхъ школъ. Но одно дѣло дать программы, а дру-

гое—выполнить ихъ. И вотъ, чтобы подготовить учащихся къ этому послѣднему, Училищнымъ Совѣтомъ при Св. Синодѣ въ теченіе трехъ послѣднихъ лѣтъ устраивались курсы по естествознанію (включая сюда физику съ космографіей, естественную исторію и гигиену), на которые постепенно были вызваны всѣ учителя и учительницы, преподающіе этотъ предметъ въ названныхъ школахъ всѣхъ епархій. Курсы щедро были обставлены естественно-научнымъ матеріаломъ, и потому на нихъ не только читались лекціи, но большее количество времени удѣлялось на практическія занятія. Каждый изъ учащихся продѣлывалъ всѣ тѣ опыты, которые ему нужно показывать въ школѣ, и даже приготавливалъ упрощеннаго типа приборы.

Авторъ настоящей книги въ теченіе всѣхъ трехъ лѣтъ былъ на этихъ курсахъ лекторомъ по естествознанію (естественной исторіи) и выпускаетъ настоящія «чтенія» прежде всего для своихъ бывшихъ слушателей и слушательницъ, желая помочь имъ разобраться во всемъ томъ, что они слушали и дѣлали, и дать руководство для выполненія новыхъ программъ. Характеръ «чтеній» отвѣчаетъ указанному характеру новыхъ программъ и занятій на курсахъ. Здѣсь имѣлось въ виду представить краткое, но цѣльное и логически связанное изложеніе основныхъ вопросовъ, безъ излишнихъ уклоненій въ сторону внѣшнихъ описаній, гдѣ послѣднія не имѣютъ большого значенія для пониманія сущности предметовъ. Въ «чтенія» включено подробное описаніе самыхъ простыхъ, не требующихъ сложной обстановки опытовъ, которыми необходимо должно сопровождаться преподаваніе. Въ изложеніи авторъ стремился избѣжать той сухости и лаконичности, которая установилась въ языкѣ учебниковъ. Въ частности, 1-я и 2-я части книги имѣютъ слѣдующія особенности.

Отдѣлъ свѣдѣній по химіи, по сравненію съ краткими курсами и учебниками по этому предмету, отличается тѣмъ,

что здѣсь приведено меньшее количество фактического матеріала, менѣе соединений и формулъ (которыя при краткомъ изложеніи являются обременительнымъ балластомъ), но зато затронутый матеріалъ изложенъ болѣе обстоятельно. Благодаря этому, основные химическіе законы выступаютъ отчетливѣе, чѣмъ при сухомъ лаконическомъ, хотя бы и болѣе подробномъ изложеніи. Обстановка описываемыхъ здѣсь опытовъ самая простая и доступная, что важно не только для народной, но и для всякой другой школы, такъ какъ сложность устройства многихъ общепринятыхъ приборовъ и опытовъ, непроизводительно удорожая ихъ стоимость, въ то же время затемняетъ своими деталями смыслъ показываемыхъ явленій. Наконецъ, въ отличіе отъ другихъ учебниковъ химіи, здѣсь опыты описаны значительно подробнѣе, съ указаніемъ всѣхъ мелкихъ предосторожностей, такъ что, руководствуясь этими указаніями, опыты можетъ произвести даже неопытное лицо.

Краткія свѣдѣнія изъ минералогіи изложены въ связи съ химіей, главнымъ образомъ въ отдѣлѣ о металлахъ и ихъ соединеніяхъ. Благодаря этому минералогія выигрываетъ въ томъ отношеніи, что предъ учащимся болѣе отчетливо выступаетъ составъ минераловъ, который въ большинствѣ руководствъ совершенно заслоняется описаніемъ менѣе существенныхъ, чрезвычайно непостоянныхъ внѣшнихъ признаковъ, каковы: цвѣтъ, твердость, удѣльный вѣсъ и т. п. Говоря о происхожденіи и измѣненіяхъ болѣе важныхъ минераловъ и горныхъ породъ, приходится сталкиваться съ вопросами изъ динамической геологіи. Оставить ихъ безъ отвѣта, значить, опустить одни изъ самыхъ существенныхъ свѣдѣній о минеральномъ царствѣ. Поэтому 1-я часть заканчивается главами: «Жизнь земли», «Вулканы и землетрясенія»; здѣсь затронуты только самые основные вопросы изъ динамической геологіи, но зато они изложены съ достаточною полнотою.

Главная цѣль ботанической части—дать читателю картину жизни растений, въ связи съ ихъ внутреннимъ строеніемъ. Если изученіе жизни растительнаго организма ограничить знакомствомъ съ его фізіологическими отправлениями (питаніемъ, ростомъ, дыханіемъ, размноженіемъ и проч.), независимо отъ условій существованія, то такое изученіе будетъ неполнымъ. Каждое растение находится среди извѣстной обстановки, при опредѣленныхъ климатическихъ и друг. условіяхъ, къ которымъ строго приспособляется. Если упустить изъ виду эту приспособляемость, тогда знаніе будетъ не законченнымъ, отвлеченнымъ, оторваннымъ отъ дѣйствительной жизни. Поэтому за изложеніемъ фізіологіи растений во 2-й части «чтеній» слѣдуетъ нѣсколько главъ общебіологическаго характера, въ которыхъ разобрано только нѣсколько основныхъ вопросовъ, но сравнительно очень подробно; описана жизнь растений осенью и зимою, т. е. приспособляемость ихъ къ сезоннымъ перемѣнамъ климата, а также къ различнымъ условіямъ влажности и проч. Въ законченный учебный курсъ должно входить еще большее количество подобнаго рода вопросовъ, хотя бы и съ менѣе полнымъ изложеніемъ. Во 2-й части приходилось сталкиваться со многими вопросами изъ химіи, разобранными въ 1-й части. При этомъ нѣкоторыя свѣдѣнія кратко повторялись, чтобы чтенія о жизни растений сдѣлать понятными и для такого читателя, который съ 1-й частью не знакомился.

Въ церковно-учительскихъ школахъ эта книга можетъ служить учебнымъ пособіемъ и для учениковъ, такъ какъ планъ и объемъ «чтеній» и описанныя въ нихъ опыты соотвѣтствуютъ программѣ этихъ школъ. При прохожденіи первой части учитель не долженъ торопиться введеніемъ теоретическихъ понятій и формулъ. Такъ, сообщенныя въ первой главѣ свѣдѣнія объ атомахъ, частицахъ и т. п. первоначально должны излагаться ученикамъ не во всемъ объемѣ. Точно также о типахъ химическихъ соединеній первоначально должно быть дано лишь са-

мое общее понятіе, безъ формулъ; только въ послѣдствіи, когда будутъ проходить въ частности главные кислоты, щелочи, соли и проч., можно прибѣгнуть уже къ формуламъ и болѣе подробнымъ выясненіямъ. Съ химическими формулами, вообще, нужно быть весьма осторожнымъ. Онѣ должны служить уясненію предмета и облегчить усвоеніе его, между тѣмъ при преждевременномъ и неумѣренномъ пользованіи ими онѣ только затрудняютъ и затемняютъ дѣло, превращаясь въ тяжелое бремя для памяти. Въ ботанической части не хватаетъ свѣдѣній о низшихъ растенияхъ, а также по систематикѣ и отчасти морфологіи высшихъ. Что касается послѣднихъ двухъ предметовъ, то ученики должны знакомиться съ ними не книжно, а исключительно нагляднымъ путемъ. Подобраны въ статьяхъ о жизни земли, о приспособленіи растений къ условіямъ жизни, зимовьи растений и др. факты приведены за тѣмъ только, чтобы нагляднѣе разъяснить и запечатлѣть въ сознаніи читающаго общія мысли, подтверждаемыя ими, но отнюдь не для заучиванія на память. Подробныя описанія опытовъ, необходимыя для производящаго ихъ, точно также не должны заучиваться учениками при пользованіи книгою, какъ учебнымъ руководствомъ.

Имѣя въ виду, закончивъ курсъ, болѣе приспособить его въ слѣдующемъ изданіи для учениковъ церковно-учительскихъ школъ, авторъ обращается съ покорнѣйшею просьбою прежде всего къ учителямъ этихъ школъ, — сообщить ему, какія по ихъ мнѣнію, согласно указанію ихъ опыта, слѣдуетъ сдѣлать измѣненія въ книгѣ въ отношеніи объема (какъ вообще, такъ и отдѣльныхъ частей), способа изложенія, распредѣленія матеріала и проч.

Если автору удалось приблизиться къ выполненію тѣхъ задачъ, которыя имѣлись въ виду при составленіи книги, то она, быть можетъ, окажется не излишнею въ ряду руководствъ по естествознанію, предназначаемыхъ

и для другихъ учебныхъ заведеній, а также книгъ для самообразованія по этому предмету.

Въ концѣ прилагается составленная авторомъ книги программа «отдѣла свѣдѣній изъ химіи съ минералогіей и геологіей, ботаники и зоологіи» для церковно-учительскихъ школъ, утвержденная (послѣ разсмотрѣнія ея въ особой комиссіи) Св. Синодомъ. Это первый опытъ столь подробной программы, излагающей притомъ одновременно теоретическую и практическую стороны курса, и потому, конечно, не чуждъ недостатковъ. Всякія цѣныя указанія въ этомъ отношеніи будутъ приняты во вниманіе при пересмотрѣ программы и, слѣдовательно, принесутъ несомнѣнную пользу.

И. Полянский.

С.-Петербургъ.

20 Декабря 1903 г.

Часть I.

Химія съ краткими свѣдѣніями изъ минералогіи и общей геологіи.

О матеріи, ея измѣненіяхъ и строеніи.

Единство матеріи. Химическія явленія. Законъ сохранения вещества и энергіи. Тѣла простые и сложные. Металлы и металлоиды. Частицы и атомы. Химическія обозначенія и формулы.

Окружающіе насъ матеріальные предметы издавна подраздѣляются человѣкомъ на три обширныхъ царства: минеральное, растительное и животное. Минеральные вещества, составляющія земную кору, образуютъ, вмѣстѣ съ атмосферою, мертвую природу нашей планеты, а растенія и животныя — живую. Присматриваясь къ разнообразнымъ явленіямъ, происходящимъ тамъ и здѣсь, не трудно замѣтить, что три названныхъ царства не представляютъ совершенно замкнутыхъ и во всѣхъ отношеніяхъ отличныхъ другъ отъ друга областей. Наоборотъ, мы находимъ у нихъ одну общую существенную основу, именно, матерію, которая для всѣхъ нихъ одна и таже. Такъ, мы наблюдаемъ, что растенія развиваются и растутъ, питаются веществами почвы и атмосферы, т. е. превращая ихъ въ свое тѣло; животныя точно также живутъ на счетъ растеній, служащихъ для нихъ пищею. И растенія, и животныя, разлагаясь послѣ смерти, превращаются въ вещества мертвой природы. Отсюда ясно слѣдуетъ, что матеріальные элементы, образующіе три царства природы, общіе; переходъ же матеріи изъ состоянія веществъ минеральныхъ въ вещества растительныя и животныя, очевидно, обусловливается свойствомъ ея измѣняемости. Но разъ въ основѣ всѣхъ предметовъ природы лежитъ одно общее матеріальное начало, то

и изученіе ея должно начаться знакомствомъ съ этимъ началомъ, т. е. съ изученія общихъ свойствъ матеріи, условій, законовъ и предѣловъ ея измѣняемости. Этимъ предметомъ занимается преимущественно наука *химія*, съ изложенія основъ которой и долженъ начаться общій курсъ естествознанія.

Изъ всѣхъ свойствъ матеріи, какъ видно уже изъ сказаннаго, болѣе всего бросается въ глаза ея измѣняемость. Явленія измѣненія свойствъ вещества совершаются непрерывно на каждомъ шагу. Помимо указанныхъ рѣзкихъ примѣровъ превращенія минеральныхъ веществъ въ растительныя, растительныхъ въ животныя, растительныхъ и животныхъ опять въ минеральныя, мы наблюдаемъ непрерывныя измѣненія въ предѣлахъ каждаго изъ трехъ царствъ природы. Большинство минераловъ, подъ вліяніемъ воздуха и воды, съ теченіемъ времени, измѣняютъ свой составъ и, обыкновенно, изъ твердыхъ массивныхъ породъ превращаются въ землистыя раздробленныя массы. Металлы, за исключеніемъ благородныхъ, соединяются съ одною изъ составныхъ частей воздуха — кислородомъ и при этомъ превращаются въ продукты, совершенно не похожіе на металлы; такова, на примѣръ, всѣмъ извѣстная желѣзная ржавчина, легко образующаяся, когда желѣзо находится во влажномъ воздухѣ. Растенія и животныя измѣняются каждый моментъ, сначала развиваясь и увеличиваясь въ ростѣ, затѣмъ старѣя и умирая. И растительныя, и животныя вещества сгораютъ въ огнѣ, превращаясь при этомъ въ невидимые газообразные продукты горѣнія. Словомъ, въ природѣ гораздо болѣе предметовъ измѣняющихся, чѣмъ неизмѣнныхъ, и отдѣльныхъ случаевъ измѣненій вещества — безконечное множество.

Задача всякой науки заключается въ томъ, чтобы въ разнообразіи подлежащихъ ея изученію явленій отыскать общій порядокъ и законность. По отношенію къ явленіямъ измѣненій вещества эта задача выполнена съ полнымъ успѣхомъ. Всѣ они сведены всего лишь къ тремъ основнымъ типамъ явленій, именно, къ явленіямъ соединенія, разложенія и перемѣщенія. Такъ какъ эти явленія составляютъ ближайшій предметъ химіи, то поэтому они и называются *химическими явленіями* или, иначе, *реакціями*. Въ чемъ же онѣ состоятъ?

Реакціи соединенія состоятъ въ томъ, что изъ двухъ или большаго числа тѣлъ образуется новое тѣло, болѣе слож-

ное по составу. Такъ, изъ двухъ газообразныхъ тѣлъ — кислорода и водорода — образуется вода, изъ желѣза и кислорода — желѣзная ржавчина, изъ желѣза и сѣры — сѣрнистое желѣзо и т. п.

Легко удастся опытъ химическаго соединенія сѣры и желѣза. Онъ производится такимъ образомъ. Смѣсь равныхъ, приблизительно, объемовъ порошкообразныхъ сѣры и желѣза всыпается равномернымъ слоемъ въ жестяной желобокъ. Желобокъ нагревается съ краю надъ спиртовой лампой (или газовой горѣлкой) до тѣхъ поръ, пока смѣсь не накалится здѣсь до-красна. Накалившись съ краю, она продолжаетъ затѣмъ накаляться (но не сгорать) до конца по всему желобку, безъ дальнѣйшаго уже нагреванія надъ пламенемъ. Въ результатѣ, въ желобкѣ получится новое твердое тѣло, своими свойствами отличающееся какъ отъ сѣры, такъ и отъ желѣза. Это и есть химическое соединеніе сѣры съ желѣзомъ, которое называется сѣрнистымъ желѣзомъ.

Явленія химическаго соединенія существенно отличаются отъ простыхъ механическихъ смѣсей. Въ послѣднихъ частицы веществъ только перемѣшаны, но не соединены другъ съ другомъ. Онѣ существуютъ одна подлѣ другой и, какъ бы ни были мелки, могутъ быть замѣчены, если не простымъ глазомъ, то вооруженнымъ — чрезъ микроскопъ или лупу. Какъ не соединившіяся между собою, онѣ легко могутъ быть раздѣлены, при помощи тѣхъ или иныхъ внѣшнихъ приѣмовъ; такъ, изъ смѣси сѣры съ желѣзомъ желѣзо можно отдѣлить отъ сѣры посредствомъ магнита: желѣзо пристанетъ къ магниту, а сѣра останется на своемъ мѣстѣ. Того же можно достигнуть и посредствомъ воды: если всыпать въ нее напу смѣсь, то желѣзо, какъ болѣе тяжелое, упадетъ на дно, а сѣра всплыветъ на поверхность. Не то въ химическихъ соединеніяхъ: здѣсь въ каждую частичку образовавшагося вещества входятъ всѣ составные элементы, участвовавшіе въ реакціи соединенія, такъ что здѣсь всѣ частицы одинаковы по своему составу — однородны. Какую бы маленькую частичку сѣрнистаго желѣза мы ни взяли, она будетъ содержать неразрывно соединенными и сѣру, и желѣзо. Увидѣть ихъ одно подлѣ другого, хотя бы подъ самымъ сильнымъ микроскопомъ, или раздѣлить тѣми способами, какими сѣра и желѣзо отдѣлялись изъ механической смѣси, въ данномъ случаѣ невозможно.

Въ связи съ указаннымъ признакомъ химическихъ со-

единений стоит еще следующая их особенность: получающийся здесь продукт не походит по свойствам ни на одну из своих составных частей. Сѣрнистое желѣзо — совершенно новое вещество, не похожее ни на сѣру, ни на желѣзо. Между тѣмъ, въ механической смѣси свойства смѣшанных веществъ вполне сохраняются, такъ какъ смѣшанные частички тамъ существуютъ одна подлѣ другой совершенно самостоятельно и неизмѣненными.

Наконецъ, третье существенное отличіе химическихъ соединений отъ механическихъ смѣсей заключается въ томъ, что въ первыя ихъ составныя части входятъ въ строго опредѣленныхъ пропорціяхъ, а въ послѣднія — въ произвольныхъ. Для смѣси сѣры съ желѣзомъ того и другого можно брать сколько угодно; въ химическое же соединеніе вступить только опредѣленное количество какъ сѣры, такъ и желѣза. Если есть избытокъ сѣры, то онъ сгоритъ обычнымъ для сѣры синимъ пламенемъ, а избытокъ желѣза и останется въ видѣ желѣза.

Реакции разъединенія или разложенія представляютъ прямую противоположность реакціямъ соединенія. Здесь сложное тѣло разлагается на составляющія его простыя или менѣе сложныя тѣла. Путемъ внѣшнихъ физическихъ приѣмовъ раздѣленія, этой реакціи, какъ видно уже изъ предыдущаго, получить нельзя, но она достигается при затратѣ той или иной энергіи. Такъ, разложеніе сѣрнистаго желѣза на сѣру и желѣзо произойдетъ при сильномъ нагрѣваніи, т. е. при помощи тепловой энергіи. Если это вещество накалять на воздухѣ, то выдѣлившаяся сѣра сгоритъ; при накаливаніи же безъ доступа воздуха, она отдѣлится отъ желѣза и на-ряду съ нимъ останется цѣлою. Такъ какъ подобный опытъ требуетъ довольно сложной обстановки, то нужно обратиться къ опыту болѣе легкому, на примѣръ, къ разложенію окиси ртути (вещества, имѣющаго видъ красноватаго порошка) на составляющія ее простыя тѣла: ртуть и кислородъ.

Всыпимъ въ пробирку немного окиси ртути и начнемъ нагрѣвать ее надъ спиртовой лампочкой, держа спокойно въ отвѣсномъ положеніи и обвернувъ верхній конецъ пробирки бумагой, чтобы не обжечь руки (Рис. 1). Черезъ короткое время на стѣнкахъ пробирки появится налетъ, состоящій изъ мелкихъ капелекъ ртути, и кромѣ того изъ пробирки будетъ выдѣляться особый газъ. Въ послѣднемъ убѣдимся,

если опустимъ въ пробирку тлѣющую лучинку: она вспыхнетъ и начнетъ ярко горѣть. Очевидно, въ пробиркѣ появился газъ кислородъ, который, какъ узнаемъ впоследствии, самъ не горитъ, но поддерживаетъ горѣніе. Такимъ образомъ, вещество окись ртути оказалось сложнымъ тѣломъ и, вслѣдствіе нагрѣванія, разложилось на свои составныя части: ртуть и кислородъ. Ни на одну изъ этихъ частей окись ртути не походитъ потому, что онѣ были соединены между собою химически, а не перемѣшаны только механически.

Если чрезъ воду пропустить электрическій токъ, то она разложится на составляющія ее газообразныя тѣла — кислородъ и водородъ. Этотъ интересный опытъ будетъ описанъ ниже, въ рѣчи о водѣ.

Реакція перемѣщенія, замѣщенія или смѣнна состоитъ въ томъ, что два тѣла мѣняются своими составными частями, или составная часть одного тѣла, отдѣлившись отъ него, присоединяется къ другому. Первому случаю соответствуетъ такая схема: $ab + cd = ac + bd$; второй случай: $ab + c = ac + b$. Строго говоря, эта реакція, по сравненію съ двумя предшествующими, не представляетъ чего либо новаго. Она сводится къ нимъ и заключается въ ихъ сочетаніи.

Чтобы могъ произойти обмѣнъ составными частями или передача составной части одного тѣла другому, первоначально должно совершиться отдѣленіе частей, т. е. реакція разложенія, а за нею — соединеніе въ новомъ порядкѣ.

Хорошій примѣръ реакціи перемѣщенія получимъ, если въ растворъ мѣднаго купороса — вещества, состоящаго изъ мѣди, сѣры и кислорода — опустимъ желѣзную пластинку или проволоку. На поверхности послѣднихъ тотчасъ же начнетъ отлагаться слой мѣди. Мѣдь перейдетъ изъ мѣднаго купороса, а ея мѣсто будетъ занято желѣзомъ. Въ растворѣ, въ концѣ концовъ, получится уже не мѣдный купоросъ, а желѣзный, т. е. вещество, состоящее изъ желѣза, сѣры и кислорода. Если въ растворъ мѣднаго купо-

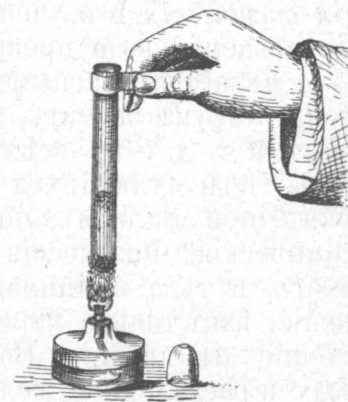


Рис. 1. Разложеніе окиси ртути.

роса всыпимъ желѣза въ видѣ порошка (взболтавъ или помѣшавъ эту смѣсь), то очень скоро увидимъ на днѣ уже не желѣзный порошокъ, а мѣдный. Произойдетъ та же самая реакція перемѣщенія. Эти опыты можно произвести въ пробиркѣ или стаканѣ.

Во всѣхъ указанныхъ случаяхъ химическихъ явленій или реакцій происходитъ измѣненіе внутреннихъ свойствъ вещества. Но существуетъ еще рядъ такихъ измѣненій матеріальныхъ предметовъ, которыя, не затрагивая внутреннихъ качествъ вещества, касаются только внѣшнихъ свойствъ (плотность, упругость, цвѣтъ и т. д.), состоянія (твердое, жидкое, газообразное) и положенія (покой, различные формы движенія) тѣлъ въ пространствѣ. Это — *явленія физическія*, и изученіемъ ихъ занимается наука физика. Нагрѣваемая вода превращается въ паръ, раскаляемое желѣзо дѣлается краснымъ и мягкимъ, приведенная въ движеніе струна звучитъ, лишенное опоры твердое тѣло падаетъ и т. д., — во всѣхъ подобныхъ случаяхъ, вещество тѣлъ, подвергающихся измѣненію, остается тождественнымъ, неизмѣннымъ, почему эти явленія физическія, а не химическія. Физическія измѣненія тѣлъ обыкновенно исчезаютъ, и тѣла принимаютъ первоначальный видъ и положеніе, какъ только перестанутъ дѣйствовать причины, вызвавшія эти явленія. Водяной паръ снова превращается въ воду и раскаленное желѣзо охлаждается, если прекращено нагрѣваніе, струна перестанетъ звучать, если ее не трогать болѣе, и т. д. Химическія же измѣненія въ громадномъ большинствѣ случаевъ постоянны. Сѣрнистое желѣзо не распадается на сѣру и желѣзо; ртуть и кислородъ, кислородъ и водородъ не соединяются снова въ окись ртути и воду, если даже прекращено нагрѣваніе и пропусканіе электрическаго тока.

Какими силами производятся химическія явленія? На первомъ мѣстѣ должна быть поставлена специально химическая сила или энергія — такъ называемое *химическое сродство*. Оно состоитъ въ томъ, что многія тѣла имѣютъ какъ бы взаимное притяженіе или стремленіе соединиться другъ съ другомъ. Этому виду энергіи обязаны всѣ реакціи соединенія. Онѣ не могутъ происходить тамъ, гдѣ сродство отсутствуетъ, и совершаются тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ сродство значительнѣе. Реакціи соединенія обыкновенно сопровождаются выдѣленіемъ тепла, количество котораго

зависитъ отъ степени сродства и энергіи соединенія. При соединеніи сѣры съ желѣзомъ мы видѣли, что сопутствующее этой реакціи накаливаніе получаемого продукта до красна, вызванное сначала нагрѣваніемъ надъ пламенемъ, потомъ продолжалось само собою. Въ другихъ случаяхъ, напримѣръ, при ржавленіи металловъ (соединеніи ихъ съ кислородомъ), химическое сродство одно заставляетъ тѣла соединяться между собою, безъ помощи какой либо сторонней энергіи.

Въ реакціяхъ разложенія химическое сродство преодолевается. Здѣсь разъединяются тѣла, соединенныя благодаря сродству, и на это обязательно затрачивается какая либо другая энергія. Всѣ извѣстные виды энергіи могутъ быть въ этомъ случаѣ дѣйствующей причиной: тепло, электричество, свѣтъ и механическая сила — удары, треніе, сотрясенія. Въ приведенныхъ примѣрахъ мы видѣли, что тепло разлагаетъ окись ртути на ртуть и кислородъ, электричество — воду на водородъ и кислородъ. Примѣромъ химическаго дѣйствія свѣтовой энергіи являются изображенія на фотографическихъ пластинкахъ, происходящія вслѣдствіе химическаго измѣненія вещества, которымъ покрыты пластинки; это вызывается вліяніемъ свѣтовыхъ лучей, исходящихъ отъ изображаемаго предмета. Тренія, удары и сотрясенія вызываютъ взрывы пистонъ, бомбъ и т. д., происходящіе отъ того, что твердое взрывчатое вещество превращается въ другія газообразныя вещества, которыя занимаютъ сразу громадное мѣсто, отталкивая и разрушая то, что встрѣчается имъ на пути и оказываетъ сопротивленіе.

Большинство химическихъ превращеній, совершающихся въ природѣ, состоятъ не изъ одной какой либо реакціи, а изъ цѣлаго ряда измѣненій, связанныхъ съ различными видами энергіи. Къ этой категоріи явленій относятся два послѣдніе примѣра и всѣ реакціи обмѣна, состоящія, какъ показано выше, изъ слѣдующихъ другъ за другомъ разложенія и соединенія и потому связанные — и съ химическимъ сродствомъ, и съ другими видами энергіи. Растенія, питаясь веществами, извлекаемыми изъ почвы и атмосферы, сначала разлагаютъ ихъ на составные элементы, а потомъ изъ этихъ послѣднихъ, путемъ соединенія ихъ, образуютъ уже новые сложные продукты.

Какимъ бы превращеніямъ, благодаря указаннымъ реакці-

ямъ, вещество ни подвергалось, оно не можетъ измѣняться въ своемъ количествѣ. Нельзя создать изъ ничего матерію или обратить ее въ ничто. Количество вещества въ природѣ всегда одно и то же, не подлежитъ ни малѣйшимъ колебаніямъ. Если намъ иногда и представляется, что вещество какъ будто уничтожается или берется изъ ничего, то это только кажущіяся явленія. Напримѣръ, когда тѣло горитъ, то оно не исчезаетъ при этомъ совершенно, а превращается въ газообразные невидимые продукты: углекислоту, пары воды и проч. Если эти продукты собрать и свѣсить, то окажется, что вѣсъ тѣла не только не уменьшился, но даже увеличился. Последнее произошло отъ того, что вещество сгорѣвшаго тѣла соединилось съ кислородомъ воздуха, вслѣдствіе чего и перешло въ газообразное состояніе. Если изъ ничтожнаго сѣмени развивается большое растеніе, то здѣсь растительное вещество не изъ ничего возникло, а получилось, какъ показываютъ изслѣдованія, насчетъ равнаго количества матеріи, извлеченной изъ почвы и атмосферы.

Точно также не измѣняется и количество энергіи. Подобно матеріи, она можетъ переходить изъ одной формы въ другую—и только. Тепло, механическая сила, электричество, химическое сродство, свѣтъ—всѣ эти силы могутъ превращаться одна въ другую. Напримѣръ, отъ удара твердаго тѣла о твердое происходитъ нагрѣваніе: здѣсь механическая работа (движеніе) перешла въ тепловую энергію. Электрическая динамомашинка, приходя въ дѣйствіе благодаря тепловой энергіи (превращающей воду въ паръ, движущій механизмъ машины), производитъ своимъ движеніемъ электрическій токъ, который служитъ источникомъ свѣта и тепла; здѣсь видимъ связь между всѣми почти видами энергіи.

Указанныя явленія неизмѣнимости количества вещества и энергіи извѣстны подъ именемъ *законовъ сохраненія или постоянства вещества и сохраненія энергіи*. Это, безспорно, самые основные и самые важные законы природы. Если бы вещество и силы могли неожиданно возникать изъ ничего или обращаться въ ничто, тогда въ природѣ царила бы слѣпая случайность, полное отсутствіе какой бы то ни было законности. Тогда невозможно бы было ни предвидѣть чего либо на основаніи извѣстныхъ свойствъ вещества и силъ, ни эксплуатировать ихъ въ свою пользу. Хорошій знатокъ почвъ и сельскаго хозяйства тогда не

могъ бы быть увѣреннымъ, что на тучной почвѣ будетъ хорошій урожай, потому что самыя необходимыя для питанія растеній составныя части ея могли бы неожиданно превратиться въ ничто; механикъ не могъ бы приготовить машины съ точнымъ расчетомъ количества производимой ею энергіи, такъ какъ часть послѣдней могла бы уничтожиться, и т. д. Существованіе точныхъ наукъ о природѣ, какъ теоретическихъ, такъ и прикладныхъ, съ ихъ незыблемыми законами, дающими возможность господствовать человѣку надъ природой и во многихъ областяхъ дѣлать точныя предсказанія, показываетъ, что на самомъ дѣлѣ въ мірѣ не существуетъ такой, противной здравому смыслу случайности. Нашъ разумъ никакъ не можетъ допустить, чтобы что либо могло естественнымъ путемъ (а не сверхъестественнымъ) возникнуть изъ ничего или обратиться въ ничто.

Говоря о превращеніяхъ вещества и энергіи, слѣдуетъ отмѣтить слѣдующую существенную разницу между ними. Всякая сила можетъ перейти въ другую, какую угодно, какъ это подтверждаютъ приведенные выше примѣры превращенія энергіи посредствомъ динамомашинки и проч. Причина этого заключается въ томъ, что въ основѣ всякой энергіи заключается одно общее элементарное явленіе—движеніе, которое можетъ видоизмѣнять свои формы. Физика показываетъ, что только отъ быстроты и величины колебанія матеріальныхъ тѣлъ и ихъ частичекъ зависитъ, что они или звучатъ, или производятъ тепловыя или электрическія явленія, или свѣтятъ и т. д. Въ основѣ же предметовъ матеріальныхъ лежитъ не одно какое либо элементарное вещество, а около 70 простыхъ веществъ или тѣлъ, которыя обладаютъ различными свойствами и не могутъ превращаться другъ въ друга; такъ, сѣра не можетъ перейти въ желѣзо, серебро въ золото и т. п. Видоизмѣненія вещества, поэтому, могутъ заключаться лишь въ различныхъ комбинаціяхъ между простыми тѣлами. Комбинацій можетъ быть безконечное множество, но при этомъ далѣе комбинацій дѣло не идетъ и простыя тѣла одно въ другое не переходятъ.

Итакъ, всѣ тѣла природы раздѣляются на *тѣла простые и сложныя*. Простыми называются такія, которыя не могутъ разложиться на какія либо составныя части; таковы кислородъ, водородъ, золото, желѣзо, ртуть, сѣра и т. д.

Тѣла же сложныя состоятъ изъ двухъ или большаго числа составныхъ частей и могутъ на нихъ разлагаться; напри- мѣръ, окись ртути, какъ мы видѣли, разлагается на ртуть и кислородъ, вода—на кислородъ и водородъ, сѣрнистое желѣзо—на сѣру и желѣзо, желѣзная ржавчина—на желѣзо и кислородъ и т. п.

Всѣ простыя тѣла раздѣляются на двѣ категоріи: *металлы и неметаллы или металлоиды*. Металлы отличаются легкою теплопроводностью, электропроводностью, металличе- скимъ блескомъ и ковкостью. Металлоиды же этихъ свойствъ не имѣютъ. Извѣстно, что металлическія проволоки или дру- гіе предметы, накаливаемые съ одного конца, скоро нагрѣ- ваются и на противоположномъ, и что они служатъ про- водниками электрическаго тока. Между тѣмъ, если мы возьмемъ неметаллъ (металлоидъ), напри- мѣръ, сѣру или уголь, и зажжемъ ихъ на одномъ концѣ, то за другой свободно можно держать ихъ до тѣхъ поръ, пока пламя не подойдетъ близко къ рукѣ, такъ какъ они не нагрѣваются; точно также они не проводятъ электричества и не имѣютъ характернаго металлическаго вида. Главнѣйшіе металлы: калий, натрій, магній, кальцій, алюминій, желѣзо, никкель, кобальтъ, олово, свинецъ, цинкъ, мѣдь, ртуть, серебро, зо- лото, платина. Всѣ они, за исключеніемъ ртути,—тѣла твердыя. Главнѣйшіе металлоиды: кислородъ, водородъ, азотъ, хлоръ—тѣла газообразныя, бромъ—тѣло жидкое, іодъ, сѣра, фосфоръ, углеродъ, кремній—тѣла твердыя. Далѣе узнаемъ, что имѣются простыя тѣла (сурьма, мышьякъ и др.), зани- мающія по своимъ свойствамъ положеніе промежуточное между металлами и металлоидами, и что, слѣдовательно, эти двѣ группы тѣлъ связаны между собою переходными ступенями.

Каждое тѣло, какъ бы плотно оно ни было, отъ хо- лода, какъ извѣстно изъ физики, сжимается. Отсюда слѣ- дуетъ, что тѣла природы не представляютъ непрерывной матеріальной массы, но состоятъ изъ отдѣльных частичекъ, находящихся другъ отъ друга на извѣстномъ разстояніи. Смотря по условіямъ температуры и давленія, частицы эти могутъ приближаться другъ къ другу или удаляться, а вслѣд- ствіе этого разстояніе между ними и объемъ тѣла—умень- шаться или увеличиваться. Посмотримъ же, что представ- ляютъ собою эти частички.

Мы видѣли, что въ химическихъ соединеніяхъ, въ от-

личіе отъ механическихъ смѣсей, въ каждую частичку тѣла входятъ всѣ его составныя части: въ каждую частичку сѣрнистаго желѣза входитъ и сѣра, и желѣзо; въ каждую частичку окиси ртути входитъ и ртуть, и кислородъ и т. д. Возьмемъ самую меньшую частичку (порошинку) сложнаго вещества, которую только мы можемъ получить путемъ растиранія его, и, за невозможностію продолжать раздроб- леніе ея на дѣль, въ виду малости частицы, будемъ дѣ- лить ее мысленно все на меньшія и меньшія частички. Продолжая очень далеко этотъ процессъ умственного раз- дробленія, мы дойдемъ, наконецъ, до предѣла, за которымъ сложное тѣло будетъ распадаться уже на свои разнородныя составныя части. Фактически это достигается не обычными грубыми механическими способами отдѣленія и раздѣленія, и не съ изолированными частицами, а при дѣйствіи раз- личныхъ видовъ энергіи, способныхъ вызвать реакцію раз- ложенія въ массѣ сложныхъ тѣлъ на ихъ составныя части, какъ это мы видѣли изъ опытовъ разложенія окиси ртути и воды. Вотъ эти-то наименьшія количества сложнаго ве- щества, которыя распадаются далѣе уже на разнородныя составныя части, и представляютъ тѣ частички вещества, изъ которыхъ состоитъ каждое тѣло и которыя распо- ложены другъ отъ друга на большемъ или меньшемъ раз- стояніи. Онѣ называются *химическими частицами или мо- лекулами* этого вещества. Частички же простыхъ тѣлъ, входящія въ частицу сложнаго тѣла, называются *атомами*. Частица сѣрнистаго желѣза состоитъ изъ одного атома сѣры и одного атома желѣза, частица окиси ртути—изъ одного атома кислорода и одного атома ртути, частица воды—изъ двухъ атомовъ водорода и одного атома кисло- рода и т. д. Простыя тѣла также состоятъ изъ молекулъ, составленныхъ изъ атомовъ, при чемъ здѣсь, въ отличіе отъ сложныхъ тѣлъ, всѣ атомы между собою тождественны. Такъ, во всѣхъ газообразныхъ простыхъ тѣлахъ (кислородъ, водородъ, азотъ и т. д.) атомы соединены въ частицы по- парно: частица кислорода состоитъ изъ двухъ совершенно одинаковыхъ атомовъ кислорода и т. д.

Атомы суть наименьшія матеріальныя единицы, кото- рыя дальнѣйшему дѣленію ни при какихъ условіяхъ не подлежатъ, а всегда существуютъ и входятъ во всевозмож- ныя комбинаціи (реакціи) другъ съ другомъ въ цѣльномъ видѣ. Разсуждая теоретически, атомы, какой бы невообра-

зимо малый размѣръ они ни имѣли, какъ матеріальныя единицы, занимающія извѣстное пространство, должны быть признаны въ принципѣ дѣлимыми. Между тѣмъ фактически они недѣлимы. Доказать это можно слѣдующими данными. Во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда два (или болѣе) тѣла образуютъ другъ съ другомъ нѣсколько соединений, вѣсовые количества каждой составной части въ этихъ соединеніяхъ относятся между собою какъ цѣльныя (кратныя), но не какъ дробныя числа. Напримѣръ, азотъ и кислородъ, какъ увидимъ впослѣдствіи, даютъ другъ съ другомъ нѣсколько соединений, при сравненіи которыхъ оказывается, что на определенное количество азота приходится 1, 2, 3, 4 или 5 частей (по вѣсу) кислорода, но нѣтъ ни одного соединенія, гдѣ бы количество кислорода, по сравненію съ другими соединеніями, выражалось какою либо дробью. Отсюда слѣдуетъ, что и въ природѣ кислородъ существуетъ въ видѣ определенныхъ цѣльныхъ единицъ, которыя ни при какихъ условіяхъ дробленію не подлежатъ, а могутъ повторяться только цѣльное количество разъ. То же самое наблюдается и относительно всякаго другого тѣла. Значитъ, всѣ тѣла природы состоятъ изъ недѣлимыхъ единицъ — атомовъ. Атомы же комбинируются въ частицы, какъ въ тѣлахъ сложныхъ, такъ и простыхъ.

Всѣ химическія явленія происходятъ между атомами и частицами. Въ реакцію соединенія обыкновенно вступаютъ атомы, образуя сложные частицы; при разложеніи, наоборотъ, частицы распадаются на атомы; при обмѣнѣ происходитъ перемѣщеніе атомовъ отъ одной частицы къ другой.

Зная это, легче понять, почему при реакціяхъ соединенія, обязанныхъ химическому средству, обыкновенно выдѣляется тепло, а при разложеніи, наоборотъ, оно поглощается. Представимъ себѣ связь между атомами, соединенными въ частицу, подобною соединенію двухъ соприкасающихся между собою шаровъ, укрѣпленныхъ на параллельно стоящихъ проволокахъ (Рис. 2). Чтобы раздвинуть эти шары въ стороны, нужно, помимо ихъ инерціи, преодолѣть напряженіе проволокъ, являющееся при ихъ отклоненіи, т. е. нужно затратить соотвѣтствующее количество энергіи; наоборотъ, если мы отпустимъ отклоненныя проволоки, то онѣ устремятся другъ къ другу, шары столкнутся и, вслѣдствіе этого, нагрѣются, т. е. произойдетъ выдѣленіе тепловой энергіи. Подобнымъ же образомъ обстоитъ

дѣло и съ атомами. Если они соединены между собою въ частицу силою химическаго сродства, то для преодоленія напряженія этой силы, какъ для преодоленія напряженія проволокъ, необходимо затратить достаточное количество контръ-силы, почему разложеніе тѣлъ совершается съ поглощеніемъ тепла. Наоборотъ, если атомы свободны, и между ними есть сродство, то они, какъ наши шары, устремятся другъ къ другу и столкнутся, отъ чего, при образованіи частицъ изъ атомовъ и сложныхъ тѣлъ изъ простыхъ, происходитъ выдѣленіе тепла.

Противъ этого положенія не говоритъ то обстоятельство, что соединеніе нѣкоторыхъ тѣлъ, напримѣръ желѣза и сѣры, требуетъ нагрѣванія. Оно нужно для того, чтобы частицы соединяющихся тѣлъ предварительно раздѣлить на атомы, такъ какъ реакція соединенія будетъ происходить между атомами, а не частицами. Слѣдовательно, на подобные случаи нужно смотрѣть такимъ образомъ, что здѣсь сродство между тѣлами не достаточно велико, чтобы заставить ихъ частицы распасться на атомы, безъ помощи посторонней силы. Но когда атомы свободные получились, они соединяются, уже не нуждаясь въ нагрѣваніи, и съ выдѣленіемъ своего тепла. При чемъ, если этого тепла достаточно, чтобы заставить новыя частицы соединяемыхъ тѣлъ распасться на атомы, тогда, для продолженія реакція соединенія, нагрѣванія совсѣмъ не требуется, какъ это мы и видѣли въ нашемъ опытѣ соединенія сѣры съ желѣзомъ.

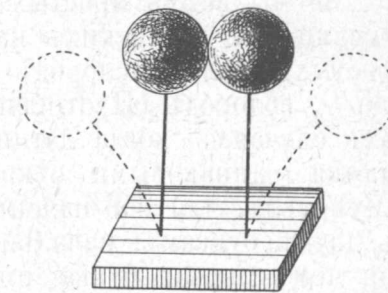


Рис. 2.

Какъ атомы, такъ и частицы — невообразимо малыя единицы, которыя ни въ какія увеличительныя стекла не видны и о существованіи которыхъ можно догадаться только на основаніи указанныхъ выше теоретическихъ соображеній. Несмотря на это, они подлежатъ сравнительному вѣсовому измѣренію. Возможно это благодаря тому, что, какъ мы узнаемъ впослѣдствіи, въ равныхъ объемахъ тѣлъ газообразныхъ заключается равное количество частицъ, при одинаковыхъ температурѣ и внѣшнемъ давленіи. Значитъ, если

сравнить два равныхъ объема (въ двухъ одинаковыхъ сосудахъ) двухъ различныхъ газовъ, то, во сколько разъ объемъ одного газа окажется тяжелѣе объема другого газа, во столько же, очевидно, тяжелѣе и его частица, такъ какъ число частицъ и въ томъ и въ другомъ случаѣ одинаково. По вѣсу же частицы, зная, изъ сколькихъ атомовъ она состоитъ, легко опредѣлить и вѣсъ атома. Обыкновенно, вѣсъ атома самаго легкаго тѣла, именно, водорода, принимается за единицу, которая называется паямъ; вѣсъ же другихъ тѣлъ опредѣляется по сравненію съ водородомъ. Напримѣръ, вѣсъ атома кислорода въ 16 разъ тяжелѣе водорода, т. е. равенъ 16 паямъ. Указанный методъ опредѣленія атомнаго вѣса приложимъ и къ тѣламъ твердымъ, такъ какъ почти всѣ они, при соотвѣтствующей температурѣ, могутъ обращаться въ газообразное (парообразное) состояніе.

Атомы всѣхъ простыхъ тѣлъ обозначаются начальными буквами ихъ латинскихъ названій; такъ, изъ упомянутыхъ простыхъ тѣлъ кислородъ (Oxygenium) обозначается буквою O, водородъ (Hydrogenium)—H, сѣра (Sulfur)—S. Въ тѣхъ случаяхъ, когда латинскія названія двухъ тѣлъ начинаются одинаковыми буквами, то, чтобы не смѣшивать этихъ тѣлъ, для обозначенія одного изъ нихъ прибѣгаютъ къ двумъ буквамъ: начальной и одной изъ послѣдующихъ, при чемъ первая буква пишется большою, а послѣдующая—маленькою; такъ, желѣзо (Ferrum) обозначается Fe, ртуть (Hydrargyrum)—Hg, мѣдь (Cuprum)—Cu, потому что въ отдѣльности взятая буквы F, H и C обозначаютъ: первая фторъ (Fluor), вторая водородъ и третья углеродъ (Carbo).

Частицы состоятъ изъ атомовъ и потому выражаются формулами, состоящими изъ буквенныхъ обозначеній атомовъ, образующихъ частицу. Такъ, частица сѣрнистаго желѣза, состоящая изъ одного атома желѣза и одного сѣры, обозначается FeS, частица окиси ртути—HgO и т. д.

Если какой либо атомъ повторяется въ частицѣ нѣсколько разъ, то это выражается цифрою, стоящею справа и снизу или сверху отъ буквы, обозначающей атомъ; напримѣръ, O₂ или O² показываетъ, что частица кислорода состоитъ изъ двухъ атомовъ; формула частицы воды—H₂O—показываетъ, что здѣсь имѣется два атома водорода и одинъ кислорода; CuSO₄ есть частица мѣднаго купороса, состоя-

щая изъ одного атома мѣди, одного сѣры и четырехъ—кислорода.

Количество частицъ обозначается цифрою (коэффициентомъ), стоящей слѣва и притомъ рядомъ съ формулой: 3H₂O показываетъ, что взято три частицы воды, 5O₂—пять частицъ кислорода и т. п.

Всѣ химическія реакціи могутъ быть изображены формулами, при помощи знаковъ +, —, =. Такъ, реакція соединенія сѣры и желѣза, очевидно, должна быть написана такимъ образомъ: Fe + S = FeS; реакція разложенія окиси, ртути на ртуть и кислородъ: HgO = Hg + O; разложеніе воды на водородъ и кислородъ: H₂O = H₂ + O; реакція замѣщенія мѣди желѣзомъ въ мѣдномъ купоросѣ: CuSO₄ + Fe = FeSO₄ + Cu. Подобными формулами, дающими возможность точнѣе и легче представить теченіе химическихъ реакцій, мы и будемъ пользоваться въ дальнѣйшемъ изложеніи.

Переходимъ къ изученію простыхъ тѣлъ и ихъ главнѣйшихъ соединений.

Кислородъ; горѣніе и окисленіе; типы химическихъ соединений.

Кислородъ обозначается буквою O, атомный вѣсъ его 16 (т. е. атомъ кислорода въ 16 разъ тяжелѣе атома водорода). Это газообразное простое тѣло находится въ воздухѣ, составляя около $\frac{1}{5}$ или около 20% его по объему. Остальные 80% воздуха почти цѣликомъ приходятся на долю другого газа—азота, съ которымъ кислородъ перемѣшанъ механически, но не соединенъ химически. Кромѣ воздуха, кислородъ всюду распространенъ въ природѣ, въ качествѣ составной части разнообразныхъ химическихъ соединений. Такъ, онъ входитъ въ составъ воды, частица которой, какъ указано уже, представляетъ соединеніе двухъ атомовъ водорода съ однимъ атомомъ кислорода, въ составъ тѣла растений и животныхъ и, наконецъ, въ составъ большинства минеральныхъ веществъ.

Добывать кислородъ изъ воздуха, хотя онъ здѣсь и не соединенъ химически съ другими тѣлами, трудно, такъ какъ не извѣстно такого средства, благодаря которому легко бы можно было удалить изъ воздуха азотъ. Легче получить

кислородъ изъ нѣкоторыхъ сложныхъ тѣлъ, которыя, заключая въ своемъ составѣ этотъ газъ, легко отдаютъ его, благодаря нагреванію. Мы уже знаемъ, что такимъ путемъ кислородъ можетъ быть полученъ изъ краснаго порошка окиси ртути, распадающейся, при накаливаніи, на ртуть и кислородъ. Однако, въ большихъ количествахъ добывать кислородъ изъ окиси ртути неудобно, такъ какъ она сравнительно не скоро разлагается и, притомъ, это вещество дорогое и ядовитое. Обыкновенно матеріаломъ для добыванія кислорода служитъ бертолетова соль (бѣлое кристаллическое вещество). Частица послѣдней состоитъ изъ одного атома металла калия—K, одного атома газообразнаго вещества хлора—Cl и трехъ атомовъ кислорода, и обозначается такимъ образомъ: $KClO_3$. Вслѣдствіе сильнаго нагреванія, эта частица распадается на двѣ части, согласно равенству: $KClO_3 = KCl + 3O$, т. е. кислородъ выдѣляется свободнымъ. Впрочемъ, такъ какъ частица кислорода состоитъ изъ двухъ атомовъ, а одинъ атомъ, оставшійся отъ трехъ, за образованіемъ одной двухатомной частицы, свободнымъ существовать не можетъ, то реакцію разложенія бертолетовой соли правильнѣе написать такъ: $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$. Эта реакція происходитъ гораздо быстрѣе, если къ бертолетовой соли подмѣшать какого либо твердаго истолченнаго, легко проводящаго тепло и не разлагающагося отъ нагреванія тѣла, напр. перекиси марганца или песку. Въ такомъ случаѣ, тепло будетъ имѣть болѣе свободный и равномерный доступъ ко всѣмъ частицамъ бертолетовой соли, и онѣ скорѣе и въ большемъ количествѣ будутъ разлагаться. Какъ бертолетова соль, такъ и песокъ или перекись марганца должны быть совершенно чистыми; ничтожная примѣсь горючихъ веществъ (кусочки дерева, угля, бумаги) вызоветъ настолько сильную вспышку ихъ въ кислородѣ, что можетъ получиться взрывъ.

Опытъ добыванія кислорода производится такимъ образомъ (Рис. 3). Стеклая реторта наполняется смѣсью бертолетовой соли и перекиси марганца, взятыхъ приблизительно въ равныхъ объемахъ. Конечъ реторты, при помощи каучуковой трубки, соединяется со стекляннѣй трубой, у которой противоположный конечъ загнутъ подъ острымъ угломъ. Этотъ конечъ погружается въ чашку съ водою. Въ чашку же ставится, дномъ кверху, цилиндръ или широкогорлая бутылъ, наполненные водою. Затѣмъ реторта со смѣсью, укрѣплен-

ная на подставкѣ, называемой штативомъ, нагревается надъ пламенемъ спиртовой лампы (или газовой горѣлки). Вскорѣ же начнется выдѣленіе пузырьковъ газа изъ стекляннѣй трубки. Первыхъ порцій его собирать не нужно, такъ какъ онѣ представляетъ смѣсь кислорода съ воздухомъ, который былъ въ ретортѣ и трубкѣ. Когда же воздухъ весь вышелъ, слѣдуетъ подвести загнутый конечъ трубки подъ цилиндръ или бутылъ. Въ нихъ будетъ собираться выдѣляющійся кислородъ, вытѣсняя собою воду. Послѣ того какъ кислородъ пересталъ выдѣляться и нагреваніе прекращено, тотчасъ же нужно разобщить реторту съ водою, снявъ съ нея каучуковую трубку: иначе, вслѣд-

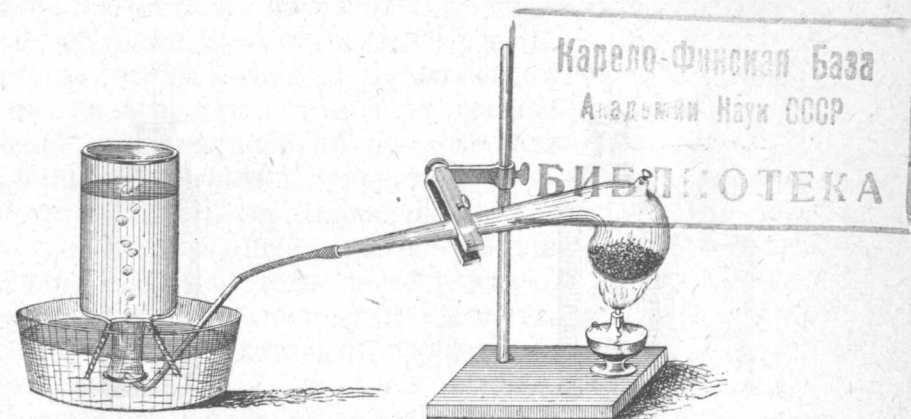


Рис. 3. Добываніе кислорода.

ствіе сгущенія воздуха (разрѣженнаго ранѣе нагреваніемъ, а теперь охлаждающагося) въ ретортѣ, въ нее чрезъ трубку устремится вода, и сильно нагрѣтая реторта лопнетъ. Подъ наполненный кислородомъ цилиндръ подводится матовое стекло или бумага, а въ горлышко бутылки—пробка, и они затѣмъ берутся изъ ванны. Для дальнѣйшихъ опытовъ нужно собрать 3—4 бутылки кислорода, оставивъ въ нихъ пальца на 2—3 воды.

Если будемъ изслѣдовать собранный газъ, то найдемъ, что онѣ не имѣетъ ни цвѣта, ни запаха, ни вкуса, самъ не горитъ, но поддерживаетъ горѣніе. Едва тлѣющая лучинка, или уголь, будучи опущенными въ кислородъ, вспыхиваютъ яркимъ пламенемъ. Сѣра и фосфоръ (послѣдній держать всегда въ водѣ, такъ какъ на воздухѣ онѣ легко

воспламеняется) сгорают въ немъ несравненно ярче и быстрее, чѣмъ на воздухѣ. Они опускаются въ бутылъ съ кислородомъ на желѣзныхъ ложечкахъ, укрѣпленныхъ на концѣ проволоки, проходящей чрезъ пробку (Рис. 4). Сѣру слѣдуетъ зажечь ранѣе; фосфоръ же самъ воспламеняется въ кислородѣ, если до него коснуться другой проволокой, конецъ которой предварительно нагрѣтъ. Даже желѣзная пружина, накаливая предварительно на концѣ, сгораетъ въ кислородѣ (Рис. 5). Для этого опыта берется желѣзная или стальная пружина, одинъ конецъ ея свертывается въ спираль, а противоположный втыкается въ пробку, которая будетъ закрывать горлышко бутылки. Если пружина упруга,

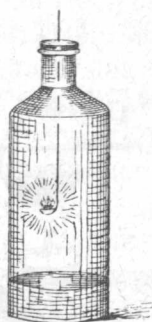


Рис. 4. Горѣніе сѣры въ кислородѣ.

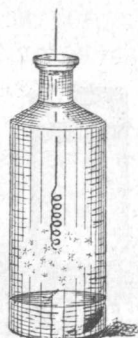


Рис. 5. Горѣніе желѣза въ кислородѣ.

не легко свертывается, то ее предварительно нужно докрасна нагрѣтъ, медленно проведя надъ пламенемъ лампы, послѣ чего она сдѣлается мягкой. Къ концу спирали прикрѣпляется маленький кусочекъ тута или сухой пробки, который зажигается предъ опусканіемъ проволоки въ бутылъ съ кислородомъ. Энергично сгорая тамъ, туть или пробка накаляютъ проволоку, и она затѣмъ сама начинаетъ горѣть, выдѣляя яркій свѣтъ и разбрасывая раскаленные искры образовавшейся ржавчины. Отъ слишкомъ высокой температуры часть проволоки сплавляется въ шарики, падающіе на дно бутылки. Оставленная на дно вода охладитъ шарики и, такимъ образомъ, предохранитъ бутылку отъ растрескиванія.

Отчего зависать указанныя явленія быстрого и лег-

каго сгоранія въ кислородѣ? Оттого, что самое *горѣніе* заключается въ соединеніи горящаго тѣла съ кислородомъ. Онъ имѣетъ громадное химическое сродство къ большинству тѣлъ и соединяется съ ними весьма энергично. Вслѣдствіе этого происходитъ выдѣленіе большого количества тепла, которое производитъ накаливаніе горящаго предмета, т. е. то, чѣмъ характеризуется горѣніе. Въ воздухѣ горѣніе не можетъ идти такъ энергично потому, что здѣсь кислорода сравнительно мало, такъ какъ онъ перемѣшанъ здѣсь съ 80% азота.

Горѣніе бываетъ съ *пламенемъ* и безъ пламени. Пламя есть ничто иное какъ совокупность отдѣлившихся отъ горящаго предмета и накаливаемыхъ маленькихъ частичекъ. Когда частички не отдѣляются, т. е. предметъ, прежде чѣмъ соединиться съ O , не превращается въ парообразное состояніе, тогда и пламени не бываетъ. Свѣтъ пламени свѣчи, дерева и т. п. веществъ зависитъ отъ накаленной копоти, представляющей собою мелкія частички угля. Въ этомъ легко убѣдиться, введя въ пламя холодный предметъ, напримѣръ, ножъ, который тотчасъ же покроется копотью.



Рис. 6. Строеніе пламени свѣчи.

Присматриваясь къ строенію пламени, не трудно замѣтить въ немъ три части: внутреннюю—темную, находящуюся около свѣтильни (или отверстія горѣлки, если горитъ газъ), среднюю—свѣтящуюся, конусообразно окружающую внутреннюю часть, и наружную—блѣдно-синюю, окружающую все пламя, въ видѣ тонкой оболочки (Рис 6). Эти три части пламени различаются между собою и по температурѣ: она выше всего въ наружной части, въ средней—занимаетъ промежуточное положеніе, внутри же температура сравнительно очень низкая. Если внести въ пламя на короткое время тоненькую лучинку, спичку или полоску картона, то тѣ ихъ мѣста, которыми они прилегали къ наружному пламени, окажутся обгорѣвшими, а внутренняя часть, прикасавшаяся къ внутреннему, темному пламени, останется безъ измѣненія. Даже головка спички во внутренней части пламени не скоро воспламеняется.

Объясняется такая разница между внутреннею, среднею и наружною частями пламени слѣдующимъ образомъ. Во внутреннюю часть его кислородъ не проникаетъ, почему горѣнія здѣсь не происходитъ. Кромѣ того, то небольшое тепло, которое сюда передается изъ сосѣднихъ частей пламени, тратится главнымъ образомъ на превращеніе горючаго матеріала въ парообразное состояніе и на разложеніе его на составныя части. Если надъ самой свѣтильной горящей свѣчи держать стеклянную трубку, загнутую внизъ, то изъ противоположнаго конца ея будетъ выдѣляться газообразный стеаринъ, который можно собрать въ стаканъ (Рис. 7); такъ какъ этотъ газъ тяжелый, то онъ будетъ ложиться на дно стакана, гдѣ его можно затѣмъ сжечь; можно зажечь стеаринъ

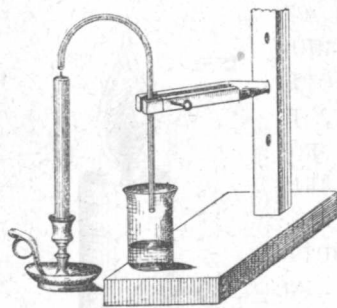


Рис. 7. Полученіе газообразнаго стеарина изъ пламени стеариновой свѣчи.

и у отверстія трубки, загнувъ конецъ ея кверху. Въ слѣдующей части пламени видимъ уже не стеаринъ, а накалиныя частички угля, получившіяся изъ стеарина, вслѣдствіе его химическаго разложенія. Въ этой части уже начинается процессъ горѣнія. Однако, и сюда кислорода проникаетъ еще не достаточное количество, такъ что не всѣ горючія частички съ нимъ соединяются. Тѣ, которыя не соединились, накаляются сильно повысившеюся температурой и свѣтятъ. Въ наружной части, гдѣ кислорода достаточно, горѣніе развивается въ полной мѣрѣ и здѣсь уже заканчивается. Поэтому температура здѣсь самая высокая. За отсутствіемъ свободныхъ частичекъ угля, которыя могли бы накалиться, эта часть пламени не свѣтитъ такъ ярко.

Если соединеніе съ кислородомъ происходитъ медленно, тогда повышение температуры въ соответствующей мѣрѣ падаетъ, почему предметъ не накаляется и не свѣтитъ; при очень медленномъ соединеніи выдѣленія тепла совсѣмъ даже не бываетъ замѣтно. Всѣ подобные случаи соединенія тѣлъ съ кислородомъ называются медленнымъ горѣніемъ или *окисленіемъ*. Примѣромъ служатъ дыханіе животныхъ и растений, гніеніе органическихъ веществъ, покрытіе ржавчиною металловъ и т. п. При дыханіи животныхъ и человѣка кислородъ воздуха захватывается кровью и съ нею разносится

по всему тѣлу, гдѣ идетъ на горѣніе. Въ насъ медленно сгораетъ, давая соответствующее количество тепла организму, большая часть пищи, переварившейся и всосавшейся въ пищеварительныхъ органахъ. Подобное же медленное горѣніе происходитъ и при гніеніи умершихъ растений и животныхъ, при чемъ также можно замѣтить выдѣленіе нѣкотораго количества тепла (напримѣръ, просунувъ руку въ кучу гніющей соломы). Металлы, при ржавленіи, соединяются съ кислородомъ еще болѣе медленно, такъ что здѣсь выдѣленія тепла совсѣмъ не замѣтно. Общій итогъ тепла, выдѣляемаго при быстромъ и медленномъ сгораніи даннаго тѣла, одинаковъ. Разница только въ томъ, что въ одномъ случаѣ тепло выдѣляется болѣе интенсивно, но за то въ теченіе меньшаго промежутка времени, а въ другомъ, — наоборотъ, — менѣе интенсивно, но болѣе продолжительно.

Продукты соединенія тѣлъ съ кислородомъ называются *окислами*. Соответственно дѣленію простыхъ тѣлъ на металлы и металлоиды, и окислы, по ихъ свойствамъ, раздѣляются на двѣ категоріи — *кислотные окислы* и *основные* или *основанія*. Кислотными окислами называются соединенія кислорода съ металлоидами, а основными — соединенія кислорода съ металлами. Напр., когда мы сожгли сѣру (S) въ кислородѣ, у насъ получился продуктъ SO_2 , а отъ сжиганія фосфора (P) — P_2O_5 ; и то, и другое суть кислотные окислы. Отъ горѣнія же желѣза (Fe) получилось FeO — окиселъ основной или основаніе.

Нѣкоторыя тѣла даютъ нѣсколько соединеній съ кислородомъ; напримѣръ, кромѣ SO_2 есть еще SO_3 , кромѣ FeO есть Fe_2O_3 и т. п. Въ тѣхъ случаяхъ, когда металлъ образуетъ не одно соединеніе съ кислородомъ, а два или болѣе, низшая степень окисленія обыкновенно называется *закисью*, слѣдующая за нею — *окисью*, а еще болѣе высокая — *перекисью*. Есть еще и другіе способы для обозначенія различныхъ степеней окисленія.

Большинство окисловъ вступаютъ въ химическое соединеніе съ водою и даютъ продукты, носящіе общее названіе — *гидраты*; это греческое слово, означающее по русски водныя соединенія. Кислотные гидраты, т. е. продукты соединенія кислотныхъ окисловъ съ водою, называются *кислотами*, потому что обладаютъ кислымъ вкусомъ; напримѣръ, $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$; послѣдній продуктъ есть сѣрная кислота. Сами же кислотные окислы, отъ которыхъ

образуются кислоты, называются, въ противоположность этимъ послѣднимъ, какъ воднымъ или гидратнымъ соединеніямъ, *анидридами кислотъ* (безводными соединеніями); на примѣръ, SO_3 есть ангидридъ сѣрной кислоты или просто сѣрный ангидридъ, P_2O_5 — фосфорный ангидридъ, SO_2 — сѣрнистый ангидридъ или сѣрнистый газъ. SO_2 и P_2O_5 , наполнявшіе бутылки, по сжиганіи въ нихъ сѣры и фосфора, соединятся съ водою, оставленной на днѣ бутылей съ кислородомъ, и образуютъ кислоты.

Продукты соединенія основныхъ окисловъ съ водою или основные гидраты, если они при этомъ въ водѣ растворяются, называются *щелочами*, потому что обладаютъ щелочнымъ вкусомъ, свойственнымъ мылу и отвару золы. Когда мы сожгли желѣзо въ бутылки съ кислородомъ, то у насъ получился бурый порошокъ (ржавчина или окалина), который съ водою не соединяется и въ ней не растворяется. Но если соединить съ кислородомъ металлы калий (K) или натрій (Na), что происходитъ не только при сжиганіи этихъ металловъ въ кислородѣ, но и прямо на воздухѣ, то получаются основные окислы K_2O и Na_2O , которые легко соединяются съ водою и затѣмъ въ ней растворяются, т. е. даютъ щелочи, именно: $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH}$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$. Продукты KOH и NaOH суть щелочи, изъ которыхъ первая называется ѣдкимъ кали, а вторая — ѣдкимъ натромъ.

Какъ видно изъ формулъ двухъ названныхъ щелочей, въ нихъ, а равно и во всякой другой щелочи, металлъ соединенъ съ группой (OH). Она называется воднымъ остаткомъ, потому что представляетъ изъ себя воду (H_2O), отъ которой отнять одинъ атомъ водорода (H). Не всѣ основные окислы, соединенные съ водою и, слѣдовательно, имѣющіе при себѣ группу (OH), растворяются въ водѣ; на примѣръ, окись желѣза, при нѣкоторыхъ условіяхъ, можетъ соединиться съ водою и образовать $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (здѣсь группа (OH) повторяется 3 раза) — вещество, въ водѣ нерастворимое. Такія водныя, но нерастворимыя въ водѣ соединенія, называются не щелочами, а *гидратами оснований*.

Какъ кислоты, такъ и щелочи, обладаютъ большою химическою энергіей и потому дѣйствуютъ на большинство тѣлъ разрушительнымъ образомъ, т. е. вступаютъ съ ними въ химическія реакціи. Весьма большое химическое сродство имѣютъ кислоты и щелочи другъ къ другу и поэтому

соединяются, обыкновенно, съ выдѣленіемъ большого количества тепла. Продуктомъ соединенія кислотъ и щелочей являются *соли*. На примѣръ, если мы смѣшаемъ сѣрную кислоту (H_2SO_4) и ѣдкій натръ (NaOH), то получимъ такую реакцію: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Вещество Na_2SO_4 есть сѣрнатая соль; обыкновенно соли называются по имени кислотъ и щелочей или металловъ, отъ которыхъ онѣ произошли.

Если присмотрѣться къ указанной или всякой другой соли, то увидимъ, что онѣ представляютъ изъ себя ничто иное, какъ кислоты, въ которыхъ водородъ (H) замѣщенъ металломъ. Это замѣщеніе можетъ произойти при дѣйствіи на кислоту не только щелочи, но и безводнаго основного окисла (основанія) или прямо металла; на примѣръ: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; или $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{Na} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2$. Изъ приведенныхъ примѣровъ видно, что, если мы дѣйствуемъ на кислоту щелочью, то водородъ кислоты, на мѣсто котораго становится металлъ, соединяется съ бывшей при металлѣ группой OH, и вмѣстѣ съ солью получается вода (H_2O); если дѣйствуемъ на кислоту основаніемъ (напр. Na_2O), то водородъ кислоты соединяется съ бывшимъ при металлѣ кислородомъ и получается тоже вода; если же дѣйствуемъ на кислоту чистымъ металломъ, то вытѣсняемому изъ кислоты водороду не съ чѣмъ соединяться, и онъ выдѣляется свободнымъ. Соль получится и въ томъ случаѣ, если мы будемъ дѣйствовать безводнымъ основнымъ окисломъ на безводный же кислотный; на примѣръ $\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SO}_4$. Въ этомъ случаѣ, кромѣ соли, уже никакого другого продукта (ни воды, ни водорода) не получится.

Соли суть вещества, въ большинствѣ случаевъ, индифферентныя, неимѣющія ядовитыхъ свойствъ кислоты и щелочи. Въ объясненіе этой разницы между кислотами, щелочами и солями нужно представлять дѣло такимъ образомъ, что кислоты и щелочи, или окислы кислотные и основные, подобно положительному и отрицательному электричеству, обладаютъ свойствами прямо противоположными, которыя, при соединеніи кислотъ и щелочей, взаимно уничтожаются; поэтому, въ результатѣ и получаются такіе безразличные продукты, какъ соли. Явленіе уничтоженія свойствъ кислотъ дѣйствіемъ на нихъ щелочей или, наоборотъ, свойствъ щелочей дѣйствіемъ на нихъ кислотъ, называется *нейтрализацией*, а соли, если произошла пол-

ная нейтрализація,—веществами *нейтральными* (т. е. безразличными, индифферентными).

Вѣшнимъ средствомъ для различенія кислотъ, щелочей и солей, можетъ служить красящее вещество—лакмусъ (извлекаемое изъ растений, извѣстныхъ подъ названіемъ *лишаевъ*). Растворъ этой краски въ водѣ имѣетъ синій цвѣтъ съ фіолетовымъ оттѣнкомъ. Кислоты мѣняютъ его въ красный, щелочи—въ синій, а соли—оставляютъ безъ переменъ. Этотъ признакъ весьма чувствителенъ, такъ какъ достаточно прилить въ стаканъ лакмусовой воды одну каплю кислоты или щелочи, чтобы цвѣтъ лакмуса измѣнился. Обыкновенно лакмусъ употребляется въ видѣ лакмусовыхъ бумажекъ красного и синяго цвѣта, т. е. пропитанныхъ слегка подкисленнымъ или слегка щелочнымъ лакмусомъ. Красныя бумажки превращаются въ синія, подъ вліяніемъ щелочей, а синія—въ красныя, подъ вліяніемъ кислотъ.

Въ приведенной выше для примѣра сѣрной кислотѣ (H_2SO_4) мы видимъ присутствіе двухъ атомовъ водорода. Если въ такого рода кислотахъ, т. е. имѣющихъ болѣе одного атома Н, не всѣ Н, при полученіи изъ кислоты соли, замѣщены металломъ, то такіе продукты, называются *кислыми солями*. Если всѣ атомы Н замѣщаются металломъ, то получаются *среднія соли*. Такъ, приведенная выше Na_2SO_4 представляетъ среднюю сѣрнатую соль, а $NaHSO_4$ —кислую. Въ послѣднемъ случаѣ свойства кислоты еще не вполне уничтожены, что и подтверждаетъ синія лакмусовая бумажка, краснѣющая подъ вліяніемъ кислой сѣрнатой и другихъ кислыхъ солей. Подобнымъ образомъ, если щелочь имѣетъ нѣсколько водныхъ остатковъ (ОН) и не всѣ они, при дѣйствіи кислотъ, замѣщены основными группами, то получается особый типъ соли, извѣстной подъ именемъ *основной*, т. е. обладающей еще основными или щелочными свойствами. Отъ указанныхъ выше щелочей—ѣдкаго кали (КОН) и ѣдкаго натра (NaOH), имѣющихъ по одному только водному остатку, основныхъ солей не бываетъ, но, напримѣръ, отъ ѣдкой извести (гашеной), представляющей соединеніе металла кальція съ двумя водными остатками— $Ca(OH)_2$, такія соли могутъ быть.

Элементы, занимающіе переходное положеніе между металлами и металлоидами, образуютъ и *окислы промежуточные*, т. е. неимѣющіе ясно выраженныхъ ни кислот-

ныхъ, ни щелочныхъ свойствъ и могущіе соединяться и съ кислотами и съ щелочами.

Описанные виды соединеній исчерпываютъ всѣ главнѣйшіе типы химическихъ соединеній въ области мертвой природы.

В о д о р о д ъ.

Водородъ обозначается буквою Н; атомный вѣсъ его—1. Въ противоположность кислороду, водородъ въ свободномъ состояніи на землѣ не встрѣчается. Онъ существуетъ въ химическихъ соединеніяхъ, именно: въ водѣ (H_2O), въ тѣлѣ растений и животныхъ, въ щелочахъ и кислотахъ. Получается водородъ, какъ мы уже видѣли, при дѣйствіи металловъ на кислоты; обыкновенно дѣйствуютъ цинкомъ (Zn) или желѣзомъ на сѣрную кислоту (H_2SO_4), при чемъ получается слѣдующая химическая реакція: $H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$, или: $H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + H_2$.

Обстановка опыта такова (Рис 8). Въ банку или колбу бросаютъ нѣсколько кусочковъ цинка или мелкихъ желѣзныхъ гвоздей и подливаютъ 10%-й растворъ сѣрной кислоты; можно сначала влить воду, а затѣмъ такое количество кислоты, чтобы, послѣ взбалтыванія, появилось замѣтное количество пузырьковъ газа. Жидкость вливается или чрезъ горлышко колбы, или же чрезъ особую трубку, съ воронкообразнымъ расширеніемъ на верхнемъ концѣ, доходящую почти до дна сосуда (чтобы чрезъ нее не выдѣлялся газъ), какъ показано на рисункѣ. Водородъ будетъ выходить изъ колбы по особой короткой загнутой трубкѣ. Его легко можно собрать такъ же, какъ собирается кислородъ. Только сосудъ, который будетъ наполняться водородомъ, когда онъ вынутъ изъ чашки, нужно держать вверхъ дномъ (а не отверстіемъ), такъ какъ водородъ самый легкій газъ (въ 16 разъ легче кислорода) и потому,

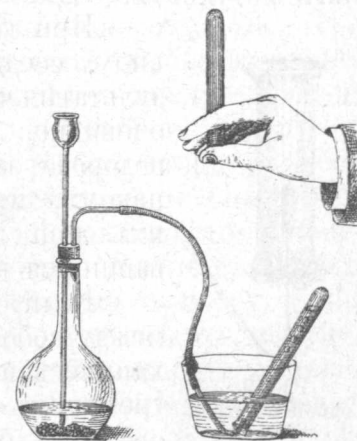


Рис. 8. Добываніе водорода.

если отверстие обращено кверху, онъ легко можетъ улетѣть.

Исслѣдуя собранный газъ, мы найдемъ, что онъ, какъ и кислородъ, не имѣетъ ни цвѣта, ни запаха, ни вкуса, но, въ противоположность кислороду, горѣнія не поддерживаетъ, а горитъ самъ. Если мы въ цилиндръ, наполненный водородомъ, внесемъ зажженную лучинку (или восковую свѣчу — небольшой огарокъ, укрѣпленный на желѣзной провололкѣ), то увидимъ, что водородъ загорится и будетъ горѣть въ отверстіи цилиндра, но что сама лучинка внутри цилиндра потухнетъ (Рис. 9). Когда мы станемъ вынимать лучинку, то горящій водородъ снова зажжетъ ее, но она опять потухнетъ, если мы снова внесемъ ее въ газъ.

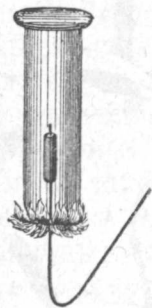


Рис. 9.
Горѣніе водорода.

При горѣніи, водородъ, по общему правилу, соединяется съ кислородомъ, въ результатъ чего получается вода. Это будетъ очевидно, если мы струю выдѣляющагося водорода зажжемъ подъ стекляннымъ колпакомъ, или большимъ стаканомъ; стѣнки ихъ при этомъ покроются каплями образовавшейся воды.

Если водородъ и кислородъ смѣшать между собою, не зажигая, то получится механическая смѣсь того и другого, называемая гремучимъ газомъ, потому что при зажиганіи сразу въ большомъ количествѣ, особенно въ замкнутыхъ пространствахъ, сильно взрываетъ. Взрывъ происходитъ отъ того, что получаемые отъ соединенія водорода съ кислородомъ водяные пары, вслѣдствіе высокой температуры, которой сопровождается горѣніе гремучаго газа, мгновенно и сильно расширяются, занимая громадное пространство и, слѣдовательно, производя въ атмосферѣ звуковыя волны. Если паръ находитъ препятствія, въ видѣ стѣнокъ сосуда и т. п., то онъ ихъ разрываетъ.

Для полученія гремучаго газа нужно наполнить одинъ цилиндръ кислородомъ, а другой водородомъ и, наложивъ ихъ другъ на друга, попеременно опрокидывать, не занимая, чтобы смѣшать О и Н. Затѣмъ слѣдуетъ быстро разнять цилиндры надъ пламенемъ спиртовой лампы: при этомъ произойдетъ взрывъ. Болѣе простой опытъ такой. Надъ выдѣляющимся изъ трубки водородомъ въ теченіе нѣсколькихъ секундъ держится, кверху дномъ, пустая про-

бирка. Смѣсь водорода съ кислородомъ воздуха, который не долженъ весь вытѣсниться изъ пробирки водородомъ, образуетъ нѣкоторое количество гремучаго газа. Поднесенная затѣмъ къ пламени пробирка издаетъ свистъ, вслѣдствіе взрыва этого газа. Если гремучій газъ зажигать не въ замкнутомъ пространствѣ, а поджечь равномерно выдѣляющуюся струю его, то взрыва не получится. Температура при горѣніи гремучаго газа такъ велика (до 2000°), что въ ней могутъ плавиться самые тугоплавкіе металлы, какъ платина, желѣзо, мѣдь.

Въ виду того, что гремучій газъ въ замкнутыхъ пространствахъ сильно взрываетъ, при чемъ разрываетъ посуду, осколки которой могутъ ранить, — нужно всегда быть осторожнымъ при добываніи и зажиганіи водорода. Дѣло въ томъ, что первыя порціи добываемаго водорода, смѣшиваясь съ воздухомъ и, слѣдовательно, съ кислородомъ, находящимся въ посудѣ, образуютъ гремучій газъ. Поэтому, если поднести пламя къ отверстию трубки нашего прибора (что приходится дѣлать въ упомянутомъ выше опытѣ сжиганія водорода подъ стекляннымъ колпакомъ), то приборъ, если въ немъ есть еще гремучій газъ, разорветъ. Отсюда очевидно, что пламя можно подносить къ прибору только послѣ того, когда мы уже убѣдились, что воздухъ изъ него весь вышелъ. Въ виду этого, первыхъ порцій водорода не слѣдуетъ собирать и зажигать въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, смотря по быстротѣ выдѣленія газа. Затѣмъ, первоначально собрать водородъ въ цилиндръ или пробирку и здѣсь зажечь его, и только въ томъ случаѣ, если при этомъ никакого хлопка не получится, т. е. водородъ будетъ горѣть совершенно спокойно, можно поднести пламя къ отверстию трубки прибора. Кромѣ того, для большей предосторожности, приборъ, когда къ отверстию его трубки подносится пламя, слѣдуетъ покрывать полотенцемъ, чтобы осколки стекла, въ случаѣ взрыва, не разлетѣлись.

Атомность. Мы видѣли, что атомы различныхъ веществъ при образованіи частицы сложнаго тѣла, соединяются не въ одинаковомъ числѣ. Такъ, одинъ атомъ кислорода соединяется съ двумя атомами водорода (давая воду — H_2O); наоборотъ, одинъ атомъ сѣры соединяется съ двумя или даже съ тремя атомами кислорода (давая SO_2 и SO_3), на два атома фосфора приходится пять атомовъ кислорода (въ P_2O_5) и т. д. Эта способность атомовъ соединяться съ

большимъ или меньшимъ числомъ атомовъ другого вещества называется атомностью. Элементы бываютъ одно-двухъ-трехъ-четыре-хъ и болѣе атомными. За единицу сравненія принимается водородъ, такъ какъ элементовъ съ болѣе низкою атомностью, чѣмъ та, какая имѣется у водорода, не существуетъ. Есть только элементы, равные въ этомъ отношеніи водороду, и потому, какъ и водородъ, называемые одно-атомными; таковы, напримѣръ, хлоръ (Cl), бромъ (Br) и іодъ (J), съ которыми познакомимся впоследствии; они даютъ съ водородомъ соединенія: HCl, HBr и HJ. Атомъ кислорода соединяется съ двумя атомами водорода (H_2O); значитъ, кислородъ — элементъ двухатомный. Атомъ углерода соединяется съ 4 атомами водорода (CH_4); значитъ, углеродъ элементъ четырехатомный. Атомность элементовъ, не соединяющихся съ водородомъ, каковы металлы, можно опредѣлить чрезъ посредство кислорода. Напримѣръ, калий и натрій не соединяются съ водородомъ, но даютъ съ кислородомъ K_2O и Na_2O . Такъ какъ атомъ кислорода по атомности соотвѣтствуетъ двумъ атомамъ водорода, то очевидно, что калий и натрій — элементы одноатомные. Въ соединеніи P_2O_5 — фосфоръ элементъ пятиатомный, такъ какъ на два атома фосфора здѣсь приходится пять атомовъ кислорода, которые соотвѣтствуютъ десяти атомамъ водорода.

Почему атомы различныхъ тѣлъ обладают не одинаковою атомностью, — сказать трудно, но это обстоятельство можно болѣе наглядно представить, благодаря слѣдующему сравненію. Представимъ себѣ, что атомы снабжены какъ бы крючками для соединенія другъ съ другомъ. Атомъ съ однимъ такимъ крючкомъ будетъ одноатомнымъ, съ двумя — двухатомнымъ и т. д. Если одинъ атомъ кислорода соединяется съ двумя атомами водорода, то, согласно этому сравненію, кислородъ обладаетъ двумя крючками; на нихъ и нацѣпляются два атома водорода, имѣющіе по одному только крючку.

Разсматривая соединенія съ кислородомъ, мы видѣли, что нѣкоторыя тѣла образуютъ съ нимъ по нѣскольку соединеній; напримѣръ: SO_2 и SO_3 ; FeO и Fe_2O_3 и т. п. Точно также по нѣскольку соединеній можетъ быть и съ водородомъ. Это значитъ, что тѣла, въ соединеніяхъ, не всегда проявляютъ ихъ высшую атомность.

Для вещества, въ которомъ данный элементъ проявляетъ не высшую атомность, т. е. не на всѣ его крючки

нацѣпились атомы другого тѣла, — возможна реакція присоединенія; такъ, къ SO_2 можно присоединить еще кислородъ и получится SO_3 . Если же элементъ въ соединеніи проявляетъ высшую свою атомность, то здѣсь реакція присоединенія быть уже не можетъ, такъ какъ нѣтъ свободныхъ крючковъ для прицѣпленія атомовъ другого тѣла. Къ SO_3 нельзя присоединить еще кислороду, такъ какъ болѣе, чѣмъ шестиатомной сѣры, не бываетъ.

В о д а.

Вода существуетъ въ природѣ въ трехъ состояніяхъ: твердомъ (снѣгъ, ледь), жидкомъ и газообразномъ (паръ). Причиною перемѣны состоянія является тепло. Снѣгъ и ледь, когда ихъ температура повышена до нуля, при дальнѣйшемъ нагрѣваніи, не измѣняя своей температуры, превращаются въ воду; температура этой воды также равна нулю, и только послѣ того, когда таяніе кончилось, тепло будетъ выше нагрѣвать воду; ранѣе же оно издерживалось на плавленіе льда или снѣга. При 100 градусахъ по Цельсію или при 80 по Реомюру вода кипитъ и превращается въ паръ, при чемъ и въ данномъ случаѣ болѣе высокая окружающая температура (отъ пламени) можетъ въ соотвѣтствующей мѣрѣ повысить температуру пара только послѣ того, когда вся вода перешла въ паръ, а до того времени тепло издерживается на работу превращенія воды изъ жидкаго состоянія въ газообразное.

Несмотря на различіе состояній, вещество воды во всѣхъ трехъ случаяхъ одно и то же; ея частица вездѣ состоитъ изъ двухъ атомовъ водорода и одного атома кислорода = H_2O . Отъ чего же зависитъ эта перемѣна состоянія? Она объясняется соотношеніемъ между частицами, именно, тѣмъ, насколько онѣ удалены другъ отъ друга и насколько сильно притягиваются другъ другомъ. Въ газахъ частицы удалены одна отъ другой гораздо болѣе, чѣмъ въ жидкихъ и твердыхъ тѣлахъ. Поэтому вода, когда она превращается въ паръ, занимаетъ объемъ въ 1650 разъ болѣе. Кромѣ того, частички газовъ, въ отличіе отъ жидкостей и тѣлъ твердыхъ, совершенно свободно разлетаются во всѣхъ направленіяхъ, потому что между ними силы отталкивательныя преобладаютъ надъ притягательными. Если мы водя-

нымъ паромъ или какимъ либо другимъ газомъ наполнимъ сосудъ, оставивъ его открытымъ, то газъ выйдетъ изъ сосуда и будетъ распространяться по воздуху. Между жидкими и твердыми тѣлами, въ томъ числѣ между водою и снѣгомъ, главная разниа заключается также въ прочности соединенія частицъ. Хотя жидкости не летятъ вверхъ, подобно газамъ, но они разливаются по сторонамъ, если ничто ихъ не удерживаетъ, на примѣръ, если сосудъ худой и т. п. Между тѣмъ, съ тѣлами твердыми ни того, ни другого не происходитъ. Иначе можно такъ сказать, что газы мѣняютъ свой объемъ, тѣла жидкія не мѣняютъ объема, но измѣняютъ форму, твердые же тѣла не мѣняютъ ни того, ни другого. Если они положены и внѣ сосуда, частички ихъ не расходятся по сторонамъ и не мѣняютъ своего положенія, потому что сильно притягиваются другъ другомъ. Что же касается величины мѣста, занимаемаго твердыми и жидкими тѣлами, то въ этомъ отношеніи разниа между ними сравнительно небольшая: твердое тѣло, расплавляясь, и жидкое, застывая, мѣняютъ свой объемъ, но далеко не такъ много, какъ при переходѣ въ газообразное состояніе или обратно. Относительно воды нужно замѣтить, что изъ всѣхъ тѣлъ природы она представляетъ существенное исключеніе: всѣ тѣла при охлажденіи уменьшаются въ объемѣ, вода же, при охлажденіи ниже $+4^{\circ}$ по Цельсію, уже не уменьшаетъ своего объема, а, наоборотъ, начинаетъ увеличивать его, такъ что ледъ, по сравненію съ водою, изъ которой онъ получился, занимаетъ большій объемъ. При 4° плотность воды наибольшая.

Какъ увидимъ далѣе, пары воды всегда присутствуютъ въ воздухѣ. Въ силу этого, они естественно пристають къ поверхности всѣхъ предметовъ, хотя это и незамѣтно для глазъ. Такая, приставшая къ тѣламъ, въ силу физическаго сѣпленія частицъ, вода называется *троскопической* и можетъ быть удалена нагрѣваніемъ.

Кромѣ того, вода съ весьма многими тѣлами соединяется химически. При этомъ различаются два способа соединеній. Одинъ способъ—весьма рѣдкій и свойственный немногимъ тѣламъ. Онъ характеризуется тѣмъ, что соединеніе происходитъ между частицами, а не атомами, такъ что цѣлостность и свойства частицъ соединяемыхъ тѣлъ сохраняются. Частица воды соединяется съ частицею другого тѣла цѣликомъ, безъ разрыва той и другой частицы

на атомы и безъ новой перегруппировки послѣднихъ. Такая вода называется *кристаллизаціонной*, и нагрѣваніемъ, болѣе сильнымъ, также можетъ быть удалена. На примѣръ, частица мѣднаго купороса (сѣрномѣдной соли) обыкновенно бываетъ соединена съ 5 частицами кристаллизаціонной воды, что обозначается такимъ образомъ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Это вещество имѣетъ синій цвѣтъ. При нагрѣваніи вода удаляется, и вещество становится бѣлымъ; при обливаніи водою оно снова соединяется съ нею и пріобрѣтаетъ прежній синій цвѣтъ. И то, и другое можно сдѣлать, взявъ нѣсколько кристалликовъ мѣднаго купороса въ пробирку.

Во вторыхъ, вода соединяется съ тѣлами такимъ образомъ, что цѣлостность соединяемыхъ частицъ нарушается; онѣ распадаются на атомы, которые перемѣшиваются между собою и располагаются въ новомъ порядкѣ, такъ что получается новое вещество, изъ котораго выдѣлить воду уже крайне затруднительно или даже совсѣмъ невозможно; на примѣръ, $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ даютъ H_2SO_4 , откуда отнять воду крайне трудно. Такая вода называется *конституціонной*. Этотъ способъ химическаго соединенія тѣлъ съ водою соотвѣтствуетъ обычному типу реакцій соединенія, происходящихъ между атомами, на которыя распадаются частицы, а не цѣльными частицами.

Наконецъ, есть еще одинъ видъ соединеній воды съ тѣлами; это—растворы, на которые можно смотрѣть, какъ на состояніе въ высшей степени неустойчиваго химическаго соединенія, представляющаго нѣчто среднее между настоящими химическими соединеніями и механическимъ смѣшеніемъ. На химическія соединенія растворы походятъ въ томъ отношеніи, что они представляютъ вещество однородное, въ которомъ нельзя разсматривать отдѣльно, съ одной стороны, частицы воды, и, съ другой,—раствореннаго тѣла. Къ механическимъ смѣсямъ растворы приближаются тѣмъ, что количество растворяемаго вещества подлежитъ, хотя до извѣстныхъ границъ, произволу и что химическія свойства растворяющихся тѣлъ, какъ и самой воды, не подвергаются такимъ сильнымъ измѣненіямъ, какъ при настоящихъ химическихъ соединеніяхъ.

Въ водѣ растворяется множество тѣлъ твердыхъ (большинство солей, сахаръ и др.), жидкихъ (спиртъ и др.) и газообразныхъ (кислородъ, азотъ, хлоръ, амміакъ, и др.). Раствореніе всѣхъ тѣлъ находится въ большой зависимости

отъ температуры воды и само сопровождается тѣми или другими тепловыми эффектами. Раствореніе твердыхъ тѣлъ обыкновенно сопровождается поглощеніемъ тепла и лучше идетъ при высокой температурѣ. Раствореніе газовъ, наоборотъ, сопровождается выдѣленіемъ тепла и лучше идетъ при низкой температурѣ, почему нагрѣваемая вода выдѣляетъ пузырьки раствореннаго въ ней воздуха. Объясняются эти явленія слѣдующимъ образомъ. Въ тѣлахъ твердыхъ частицы находятся въ меньшей степени подвижности, чѣмъ въ жидкихъ и газообразныхъ, въ тѣлахъ газообразныхъ, наоборотъ, въ наибольшей степени подвижности; жидкое же состояніе въ этомъ отношеніи занимаетъ среднее положеніе. Когда тѣло твердое или газообразное растворяется въ водѣ, то его состояніе уподобляется жидкому. Слѣдовательно, въ тѣлахъ твердыхъ при этомъ подвижность частицъ увеличивается, а въ газахъ, наоборотъ, — уменьшается. А такъ какъ въ природѣ существуетъ законъ постоянства энергіи, въ силу котораго энергія не можетъ ни уничтожиться ни получиться изъ ничего, а можетъ только превращаться изъ одной въ другую, то очевидно, что и уменьшающаяся, при раствореніи газовъ, энергія механическаго движенія частицъ должна перейти въ другую; она дѣйствительно переходитъ въ тепловую энергію, почему раствореніе газовъ и сопровождается выдѣленіемъ тепла; отдача же тепла какимъ либо тѣломъ бываетъ значительнѣе и быстрѣе, если тѣло находится въ средѣ съ низкой температурой, откуда слѣдуетъ, что холодъ благоприятствуетъ растворенію газовъ. Раствореніе твердыхъ тѣлъ въ водѣ, т. е. приближеніе ихъ къ жидкому состоянію, наоборотъ, сопровождается увеличеніемъ подвижности ихъ частицъ. Это можетъ произойти только на счетъ какой либо другой энергіи и, дѣйствительно, совершается на счетъ тепла окружающихъ тѣлъ. А они могутъ отдать тепла тѣмъ болѣе, чѣмъ ихъ температура выше; значить, раствореніе твердыхъ тѣлъ сопровождается поглощеніемъ — отнятіемъ отъ окружающихъ тѣлъ тепла и совершается въ большихъ размѣрахъ при высокой температурѣ. Если сдѣлать насыщенный растворъ калиевой селитры въ горячей водѣ (въ пробиркѣ при нагрѣваніи) и затѣмъ охладить его (опустивъ пробирку въ холодную воду), то значительная часть растворенной селитры скристаллизуется, т. е. выдѣлится изъ раствора въ твердомъ состояніи. Нѣкоторые вещества (на-

примѣръ, азотноаммоніевая соль) производимымъ ими при раствореніи отнятіемъ тепла, т. е. охлажденіемъ, способны заморозить воду. Бываютъ случаи, когда твердые тѣла, растворяясь въ водѣ, выдѣляютъ тепловую энергію (известь). Но это объясняется тѣмъ, что въ такихъ случаяхъ растворимое въ водѣ тѣло не только растворяется, но и образуетъ съ водою прочное химическое соединеніе, которое сопровождается выдѣленіемъ тепла. Вообще, всѣ, довольно многочисленныя исключенія изъ указаннаго общаго порядка, касающіяся тепловыхъ явленій при раствореніи и коэффициента растворимости, объясняются, вѣроятно, происходящими при раствореніи химическими реакціями.

Относительно растворимости газовъ нужно еще замѣтить, что она находится въ большой зависимости отъ степени давленія, производимаго ими на воду. При этомъ, для растворенія каждаго газа имѣетъ значеніе только то давленіе, которое производится имъ самимъ. Напримѣръ, давленіе атмосферы на поверхность воды при 0° равно давленію, производимому ртутнымъ столбомъ въ 760 миллиметровъ высотой; но количество раствореннаго въ водѣ кислорода соотвѣтствуетъ приблизительно только $\frac{1}{5}$ этого давленія, такъ какъ кислородъ въ воздухѣ составляетъ лишь около 20% его; въ атмосферѣ изъ чистаго кислорода, этого газа, при сохраненіи того же самаго давленія, растворилось бы въ водѣ въ пять разъ болѣе. Равнымъ образомъ, и количество раствореннаго азота, который составляетъ около $\frac{4}{5}$ всего количества воздуха, соотвѣтствуетъ только этой части атмосфернаго давленія. Присутствіе и давленіе кислорода для растворенія азота не имѣетъ никакого значенія и наоборотъ. Указанное явленіе называется *закономъ частичнаго или парціальнаго давленія*.

Степень или коэффициентъ растворимости для различныхъ тѣлъ въ высшей степени разнообразенъ, и его колебанія, въ зависимости отъ условій температуры, давленія и т. д., также далеко не одинаковы.

Твердые и жидкія вещества, растворимыя въ водѣ, относятся къ кристаллоидамъ, т. е. они обладаютъ способностью кристаллизоваться (твердые вещества) и диффундировать, т. е. взаимно проникать и смѣшиваться чрезъ животныя и растительныя (пузырь, пергаментъ) перепонки. Сама вода, какъ извѣстно, тоже обладаетъ этими свойствами:

кристаллизуется (снѣгъ, ледъ) и смѣшивается съ другими жидкостями (растворами солей, сахара, спиртомъ) сквозь органическія перепонки. Вещества коллоидныя, т. е. не кристаллизующіяся и не диффундирующія чрезъ животныя и растительныя ткани, напримѣръ, масло, сало, нефть и т. п., будучи нерастворимыми въ водѣ, растворяются другъ въ другѣ, на чемъ и основано выведение масляныхъ пятенъ на платѣ при помощи керосина или бензина. Металлы также растворяются другъ въ другѣ, образуя сплавы. Растворы металловъ въ ртути называются, какъ извѣстно, амальгамами.

Находящаяся въ природѣ вода въ большей или меньшей степени бываетъ загрязнена чѣмъ либо. Въ ней пла-

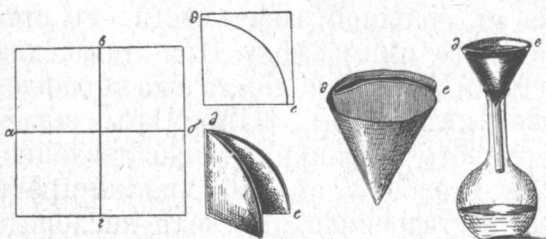


Рис. 10. Приготовление бумажнаго фильтра.

ваютъ или, какъ говорятъ, находят- ся во взвѣшенномъ состояніи частицы нерастворенныхъ твердыхъ веществъ; когда ихъ много, то вода бываетъ мутною. Кромѣ того, въ ней всегда, въ боль- шемъ или меньшемъ количествѣ, растворены различныя минеральныя вещества. Вода, называемая нами чистою (наприм. ключевая), и та содержитъ ихъ въ растворѣ, хотя бы въ маломъ относительно количествѣ. Такъ называемая жесткость воды зависитъ отъ присутствія въ ней въ растворенномъ состояніи углекислой извести. Многія вещества, — твердыя, жидкія и газообразныя, — будучи растворены въ водѣ, сообщаютъ ей непріятный вкусъ, запахъ и даже ядовитыя свойства. Загрязненную воду можно, однако, очистить, при помощи слѣдующихъ приѣмовъ, съ которыми важно познакомиться, въ виду ихъ большого практическаго значенія.

Твердыя частицы, взвѣшенныя въ водѣ, могутъ быть удалены изъ нея при помощи фильтрованія чрезъ пропускную бумагу, черезъ вату или рѣчной песокъ. Рис. 10 наглядно показываетъ, какъ готовятся бумажные фильтры. Квадратный кусокъ пропускной, иначе — фильтровальной или цѣдильной, бумаги складывается вчетверо по ли-

ваютъ или, какъ говорятъ, находят- ся во взвѣшенномъ состояніи частицы нерастворенныхъ твердыхъ веществъ; когда ихъ много, то вода бываетъ мутною. Кромѣ того, въ ней всегда, въ боль-

ніямъ *ab* и *ac*; излишекъ бумаги обрѣзается по дугѣ *de*; затѣмъ фильтръ расправляется въ формѣ воронки, какъ показано, и плотно вставляется въ стеклянную воронку, которая, въ свою очередь, вставляется въ горлышко бутылки, куда будетъ фильтроваться вода; мутная вода наливается внутрь воронки, а чистая будетъ стекать въ бутылку; края бумажной воронки должны быть нѣсколько ниже стеклянной. Взамѣнъ фильтровальной бумаги въ стеклянную воронку можно положить кусокъ ваты, которая также будетъ задерживать твердыя частицы. Надъ ватой можно еще положить чистаго рѣчнаго песка, обладающаго тою же способностью.

Если вода загрязнена растворенными въ ней веществами, то ее можно очистить отъ нихъ посредствомъ такъ называемой перегонки. Составляется приборъ, какъ показано на рис. 11. Въ колбу наливается нечистая вода и кипятится. Пары воды по трубкѣ перегоняются (почему и способъ этотъ назы-

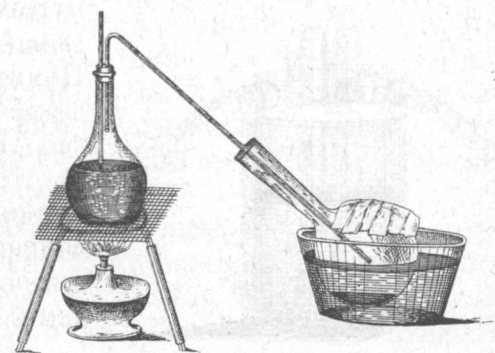


Рис. 11. Перегонка воды.

вается перегонкой) въ другой сосудъ, гдѣ охлаждаются и опять переходятъ въ воду. Чтобы охлажденіе шло лучше, второй сосудъ опускаютъ въ чашку съ холодной водой и обматываютъ мокрою тряпкой, которую во время опыта поливаютъ. На треножникъ или кольцо штатива, гдѣ укрѣплена колба, кладется мѣдная сѣтка, чтобы умѣрить температуру пламени. Въ пробку колбы, гдѣ кипятится вода, помимо трубki для перегонки пара, полезно вставить другую прямую трубку, опускающуюся почти до дна сосуда, которая можетъ играть роль предохранительнаго клапана. Дѣло въ томъ, что, при очень сильномъ кипѣніи воды, пара можетъ образовываться болѣе, чѣмъ сколько его въ состояніи проводить газоотводная трубka. Въ такомъ случаѣ, производя сильное давленіе на стѣнки сосуда, паръ можетъ или разорвать его, или выбросить пробку. Между тѣмъ, если есть предохранительная трубka, то избытокъ пара своимъ давленіемъ будетъ заставлятъ

подниматься воду по трубкѣ, не нарушая самого прибора. При этомъ приспособленіи можно, поставивъ лампу подъ колбу, не стоять у прибора, пока будетъ перегоняться вода. Если въ водѣ были растворены твердыя вещества, то они останутся въ колбѣ въ осадкѣ. Газообразныя вещества улетучатся ранѣе, чѣмъ вода начнетъ перегоняться. Другія жидкости, примѣшанныя къ водѣ, при нагреваніи также могутъ перегоняться, но или при болѣе низкой температурѣ, чѣмъ вода, или при болѣе высокой, такъ какъ каждая жидкость имѣетъ свою температуру кипѣнія. Пользуясь этимъ обстоятельствомъ, можно раздѣлять перемѣшанные и растворенныя другъ въ другѣ жидкости. Вода, очищенная

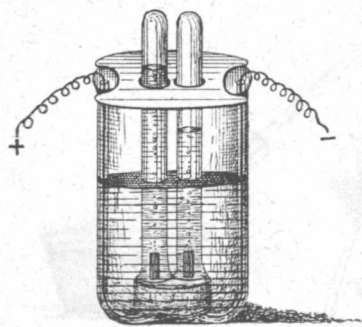


Рис. 12. Разложение воды электрическимъ токомъ.

путемъ перегонки, называется *перегонной* или *дистиллированной*. Помимо перегонки воды, кипяченіе имѣетъ еще то значеніе, что убиваетъ всѣхъ микробовъ, въ томъ числѣ и заразныхъ, которые могутъ попадать въ воду въблизи населенныхъ мѣстностей, въ особенности во время эпидемій.

Вода подкрашенная или пахучая очищается, фильтруясь чрезъ уголь или глину, которые, въ видѣ мелкаго порошка, всыпаются внутрь бумажнаго фильтра или прямо въ стеклянную воронку надъ ватой.

Въ заключеніе о водѣ, опишемъ опытъ разложенія ея электрическимъ токомъ на водородъ и кислородъ. Приборъ для разложенія состоитъ такъ (Рис. 12). Концы мѣдныхъ проволокъ (провода) соединяются съ электродами изъ небольшихъ платиновыхъ пластинокъ. Эти электроды укрѣпляются вертикально въ параллельномъ другъ къ другу положеніи на пробкѣ и опускаются въ большой стаканъ или другой сосудъ, наполненный водою, къ которой прибавлено немного (ок. 0,1 части по объему) сѣрной кислоты, для проводимости тока (чистая вода тока не проводитъ). По соединеніи электродовъ съ полюсами батареи, на электродахъ появятся газовые пузырьки. Если надъ электродами поставить пробирки, наполненные водою, тогда газовые пузырьки будутъ собираться въ пробиркахъ, вытѣсняя воду. Для устойчивости

пробирокъ, на сосудъ кладется картонъ, съ вырѣзанными для пробирокъ отверстиями. Въ то время какъ пробирка, стоящая надъ электродомъ, соединеннымъ съ отрицательнымъ полюсомъ, наполнится газомъ, во второй пробиркѣ его соберется только половина. Пока вторая пробирка будетъ наполняться, возьмемъ первую, заткнувъ при подниманіи пальцемъ, и поднесемъ къ ней зажженную лучинку; мы увидимъ, что газъ загорится, лучинка же, если ее опустить внутрь газа, потухнетъ. Очевидно, что здѣсь получился водородъ; такъ какъ онъ легче воздуха, то пробирку, по снятіи съ электрода, нужно держать отверстиемъ внизъ, чтобы водородъ не улетѣлъ. Газъ же второй пробирки окажется кислородомъ, потому что тлѣющая лучинка въ немъ вспыхнетъ, но самъ онъ горѣть не будетъ. Вторую пробирку держать отверстиемъ кверху, такъ какъ кислородъ нѣсколько тяжелѣе воздуха. Этотъ опытъ наглядно покажетъ, что водорода въ водѣ вдвое болѣе, по объему, чѣмъ кислорода, и что формула ея— H_2O .

Описанный приборъ можно видоизмѣнить такимъ образомъ. Пробка съ платиновыми пластинками можетъ быть вставлена въ горлышко бездонной стеклянной банки или же на дно воронки, чрезъ трубку которой тогда пропускаются провода. Вода въ этихъ случаяхъ наливается надъ пробкой, которая, чтобы не пропускать воду, заливается парафиномъ.

Азотъ.

Азотъ обозначается буквою N, атомный вѣсъ его—14. Азотъ въ свободномъ состояніи находится въ воздухѣ, составляя около $\frac{4}{5}$ или 80% его по объему. Кромѣ того, азотъ входитъ въ составъ нѣкоторыхъ минеральныхъ веществъ (селитръ и амміачныхъ солей), а также въ тѣло растений и животныхъ, въ качествѣ составной части главнѣйшаго органическаго вещества—бѣлка.

Въ противоположность кислороду, азотъ легко получить изъ воздуха, пользуясь тѣмъ обстоятельствомъ, что кислородъ легко соединяется со многими тѣлами, при горѣніи ихъ, и, слѣдовательно, легко можетъ быть удаленъ изъ воздуха. Лучшее всего для этой цѣли воспользоваться спиртомъ (обыкновеннымъ виннымъ или древеснымъ).

Обстановка опыта такова (Рис. 13). Берется бездонная бутылъ съ горлышкомъ. На ея стѣнку предварительно наклеивается вертикально узкая полоска бѣлой бумаги, на которую наносится 8 дѣлений, соотвѣствующихъ 8 равнымъ частямъ объема сосуда. Этотъ сосудъ ставится въ чашку, въ которую наливается известковая, т. е. настоенная на извести вода, до высоты трехъ нижнихъ дѣлений, такъ чтобы свободный объемъ бездонной бутылки, куда также проникаетъ вода, пятью остальными дѣленіями былъ раздѣленъ на 5 частей. Затѣмъ обматывается ватой конецъ проволоки, вставленной въ пробку, вата смачивается спиртомъ, зажигается, быстро опускается въ бутылку, и горлышко ея плотно закупоривается пробкой. Сначала воздухъ, заключающійся въ бутылкѣ, расширится отъ нагрѣванія, и жидкость нѣсколько опустится. Затѣмъ, когда спиртъ погаснетъ, поглотивъ собою весь кислородъ, жидкость внутри бутылки поднимется до 4-го дѣленія. Отсюда будетъ ясно, что кислорода въ воздухѣ имѣется $\frac{1}{5}$ часть, а оставшагося послѣ горѣнія газа—азота— $\frac{4}{5}$.



Рис. 13. Полученіе азота.

Въ этомъ опытѣ требуется известковая, а не обыкновенная вода по той причинѣ, что, послѣ горѣнія спирта, внутри бутылки на мѣсто кислорода появляется углекислый газъ. Известковая же вода поглощаетъ этотъ газъ и оставляетъ одинъ азотъ, который для насъ требуется.

Исслѣдуя азотъ, мы найдемъ, что онъ не имѣетъ ни цвѣта, ни запаха, ни вкуса, не горитъ и не поддерживаетъ горѣнія. Опущенная внутрь бутылки, послѣ сожиганія спирта, лучинка тухнетъ. Предъ этимъ опытомъ въ наружный сосудъ необходимо подлить воды до поднявшагося уровня ея во внутреннемъ сосудѣ: иначе въ послѣднемъ вода, послѣ открытія пробки, для опусканія лучины, опустится и втянетъ въ сосудъ воздухъ.

Съ изученными газообразными тѣлами—кислородомъ и водородомъ—азотъ образуетъ химическія соединенія. Съ кислородомъ имѣется цѣльный рядъ соединеній—окисловъ:

N_2O (закись азота), N_2O_2 или NO (окись азота), N_2O_3 (азотистый ангидридъ), N_2O_4 или NO_2 (двуокись азота) и N_2O_5 (азотный ангидридъ). Нѣкоторые изъ этихъ окисловъ образуются, между прочимъ, при дѣйствіи электрическаго разряда (электрическихъ искръ) на смѣсь азота съ кислородомъ; слѣдовательно, они получаются въ атмосферѣ, во время грозъ. Отсюда окислы азота поглощаются находящимися въ почвѣ основаніями, образуя азотнокислыя соли (селитры).

На одно и тоже количество азота— N_2 —въ приведенныхъ окислахъ приходится кислороду 1, 2, 3, 4 или 5 цѣльныхъ вѣсовыхъ частей, безъ дробныхъ чиселъ. Припомнимъ, что отсюда слѣдуетъ необходимость признать существованіе недѣлимыхъ единицъ вещества—атомовъ. Если сравнимъ объемы газовъ, вступающихъ между собою въ соединеніе, то окажется, что отношеніе между объемами въ различныхъ соединеніяхъ, какъ и отношеніе между атомами, выражается такъ же цѣльными или кратными числами, и при томъ тѣми же самыми, какими выражается отношеніе атомовъ. Такъ, въ соединеніи N_2O на одинъ атомъ O приходится два атома N ; въ соотвѣтствіе съ этимъ, при образованіи указанного соединенія, азота расходуется объемъ вдвое большій, чѣмъ кислорода. Отношеніе между объемами кислорода, требующагося для образованія всѣхъ указанныхъ соединеній, выражается опять тѣми же цифрами, что и отношеніе между атомами его: 1, 2, 3, 4 и 5. Понятно, что такое совпаденіе между числомъ атомовъ и объемомъ, наблюдаемое при образованіи не только азотистыхъ, но всѣхъ вообще химическихъ соединеній, возможно въ томъ лишь случаѣ, если въ равныхъ объемахъ всѣхъ тѣлъ газообразныхъ заключается равное количество частицъ.

Итакъ, нужно твердо помнить три важныхъ закона. 1) *Тѣла соединяются согласно кратнымъ вѣсовымъ отношеніямъ* (т. е. отношеніямъ, выражающимся цѣльными числами), откуда слѣдуетъ необходимость признанія атомовъ. Это—законъ, установленный Дальтономъ. 2) *Тѣла соединяются согласно кратнымъ объемнымъ отношеніямъ*, въ газообразномъ состояніи. Это законъ Гей-Люссака. 3) Такъ какъ вѣсовые и объемныя отношенія выражаются одними и тѣми же числами, то, очевидно, *въ равныхъ объемахъ тѣлъ газообразныхъ заключается равное количество частицъ*. Это законъ Авогадро-Жерара. Къ тѣламъ твердымъ и жидкимъ законы Гей-

Люссака и Авогадро-Жерара приложимы по обращеніи этихъ тѣлъ въ парообразное состояніе.

Мы знаемъ, что, если кислотный окисель соединяется съ водою, то получается кислота. Укажемъ только самую важную кислоту, содержащую азотъ, именно, азотную — HNO_3 . Она получится, если на азотный ангидридъ (N_2O_5) подѣйствуемъ водою: $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3$. Если водородъ кислоты замѣнить металломъ, то, какъ уже извѣстно, получится соль. Изъ солей азотной кислоты въ природѣ значительно распространены азотнокаліевая (KNO_3) и азотнатровая (NaNO_3) соли, называемыя иначе селитрами. Сама же

азотная кислота существовать въ свободномъ состояніи въ природѣ не можетъ. Всякая кислота, а также щелочи и окислы, имѣющіе большую химическую энергію, найдя въ природѣ вещества, къ которымъ они имѣютъ большое химическое сродство, вступаютъ съ ними въ реакціи и, въ концѣ концовъ, получаютъ вещества нейтральныя, какъ соли.

Такъ какъ N_2O_5 получить трудно, то азотная кислота добывается обыкновенно не изъ

этого соединенія, дѣйствіемъ на него воды, а изъ селитръ, дѣйствіемъ на нихъ сѣрной кислоты. При этомъ происходитъ такая реакція: $2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HNO}_3$. Обстановка опыта такова (Рис. 14). Въ реторту съ горлышкомъ (тубулусомъ) кладется немного NaNO_3 ; реторта укрѣпляется въ штативѣ, и на селитру наливается крѣпкая сѣрная кислота, послѣ чего горлышко закрывается пробкой. Трубка реторты вставляется въ горло пустой колбы. При нагреваніи реторты надъ пламенемъ спиртовой лампы, произойдетъ указанная реакція. Получающаяся при этомъ азотная кислота, такъ какъ она отличается свойствомъ летучести, перейдетъ отъ нагреванія въ парообразное состояніе и перегонится въ колбу; сѣрная же кислота, которой мы дѣйствуемъ на селитру, останется на своемъ мѣстѣ, потому что она не летуча. Для сгущенія па-

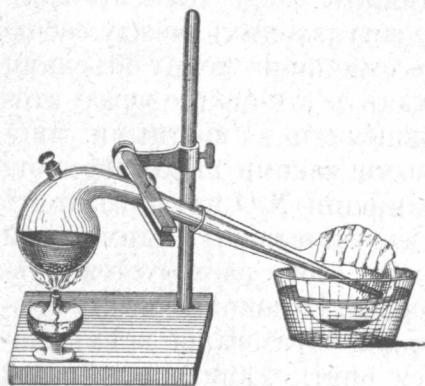


Рис. 14. Добываніе азотной кислоты.

ровъ азотной кислоты, подъ колбу подставляется сосудъ съ холодной водою и, кромѣ того, колба обвертывается мокрой тряпкой или фильтровальной бумагой, которая отъ времени до времени обливается водою. Узнать о томъ, что у насъ получилась азотная кислота, можно съ помощью стружекъ мѣди. При взаимодействіи съ этимъ металломъ, азотная кислота образуетъ бурые пары низшихъ окисловъ азота.

Объяснимъ приведенную реакцію дѣйствія сѣрной кислоты на селитру. Сущность ея заключается въ томъ, что натрій селитры становится на мѣсто водорода сѣрной кислоты, а водородъ кислоты становится на мѣсто натрія. т. е. происходитъ перемѣна мѣстъ между составными частями. На первый взглядъ можетъ показаться, что эта реакція зависитъ отъ большаго сродства натрія къ сѣрной кислотѣ, чѣмъ къ азотной, обуславливающаго перемѣщеніе отъ первой къ послѣдней. На самомъ дѣлѣ не такъ: сродство натрія къ обѣимъ указаннымъ кислотамъ приблизительно одинаковое, и потому причина приведенной реакціи другая. Она заключается въ томъ, что обмѣнъ составными частями между двумя сложными веществами, помимо сродства, обуславливается вліяніемъ самой массы взаимодействующихъ веществъ. Это—законъ Бертолле. Его можно представить въ видѣ такой схемы. Если сложнымъ тѣломъ ab дѣйствовать на другое сложное тѣло cd , то произойдетъ реакція обмѣна составными частями, и у насъ получатся новыя тѣла: $ac+bd$. Въ этихъ новыхъ продуктахъ, при взаимодействіи, опять произойдетъ обмѣнъ частей, и получатся, значить, прежнія тѣла $ab+cd$. Очевидно, причина этихъ противоположныхъ реакцій не въ избыткѣ сродства на той или другой сторонѣ (тогда поворота назадъ не было бы), а именно во вліяніи массы веществъ. Когда новыхъ продуктовъ получится слишкомъ много, то они, при взаимодействіи, направляютъ реакцію въ обратную сторону, такъ что обмѣнъ составными частями между двумя данными сложными тѣлами до конца дойти не можетъ и, такимъ образомъ, на ряду съ двумя новыми продуктами, остаются отчасти и два прежнихъ. Когда старыхъ и новыхъ продуктовъ окажется такое количество, что стремленіе къ образованію ac и bd , съ одной стороны, и ab и cd , съ другой, будетъ обладать одинаковою интенсивностью, тогда между указанными противоположными процессами обмѣна должно

наступить равновѣсіе (которое обозначается знаком \rightleftharpoons): $ab+cd\rightleftharpoons ac+bd$. Но реакція обмѣна составными частями между двумя данными сложными тѣлами можетъ дойти и до конца, т. е. $ab+cd$ могутъ цѣликомъ перейти въ $ac+bd$. Это произойдетъ въ томъ случаѣ, если вновь образующіеся продукты будутъ изолированы другъ отъ друга и, такимъ образомъ, не могутъ взаимодействовать и направить процессъ обмѣна въ обратную сторону. Примѣнимъ эти общія положенія къ реакціи между селитрой и сѣрной кислотой. На селитры и Н сѣрной кислоты обмѣниваются мѣстами, въ силу чего получаются Na_2SO_4 и HNO_3 . Если эти продукты не изолировать другъ отъ друга, то реакція обмѣна идти до конца не можетъ. Но обыкновенно опытъ производится при нагреваніи, благодаря которому азотная кислота, какъ мы видѣли, улетучивается. Поэтому вся селитра, при дѣйствіи на нее сѣрной кислоты, не имѣющей свойства летучести, можетъ быть переведена въ Na_2SO_4 .

Такъ какъ азотная кислота имѣетъ много кислорода, то она легко отдаетъ его другимъ тѣламъ, имѣющимъ большое сродство къ кислороду, т. е. легко окисляетъ ихъ. При дѣйствіи на металлы, она обыкновенно превращаетъ ихъ сначала въ окислы, а затѣмъ уже въ соли; между прочимъ, при дѣйствіи азотной кислоты на мѣдь выдѣляются бурые удушливые пары низшихъ окисловъ азота: они появляются вслѣдствіе отнятія мѣдью кислорода отъ азотной кислоты; для производства этого опыта слѣдуетъ налить въ пробирку немного азотной кислоты и бросить туда нѣсколько стружекъ мѣди; если кислота не крѣпкая, то слегка нагрѣть.

Соли азотной кислоты—селитры—точно также легко отдаютъ свой кислородъ. Горючія вещества, смѣшанные съ селитрой, при ударахъ вспыхиваютъ или даже взрываютъ. На этомъ основано приготовленіе пороха, представляющаго смѣсь калиевой селитры (KNO_3) съ углемъ и сѣрой. На 5 или на 6 частей селитры берется одна часть истолченнаго древеснаго угля и нѣсколько менѣ одной части сѣры. Натріевая или чилийская (потому называется такъ, что ее много имѣется въ Чили, въ Южной Америкѣ) селитра ($NaNO_3$) для приготовленія пороха не употребляется, потому что она гигроскопична, т. е. притягиваетъ къ себѣ влагу и сырѣетъ.

Съ водородомъ азотъ даетъ весьма важное соединеніе— NH_3 , которое называется амміакомъ. Это тѣло газообраз-

ное, безцвѣтное, съ очень острымъ, раздражающимъ запахомъ. Амміакъ сильно растворимъ въ водѣ: въ одномъ объемѣ ея растворяется до 700 объемовъ NH_3 . Растворъ амміака въ водѣ называется нашатырнымъ спиртомъ. Весьма характерно для амміака то, что онъ обладаетъ щелочными свойствами, т. е. краситъ лакмусъ въ синій цвѣтъ и соединяется съ кислотами, образуя соли, на примѣръ: $NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$. Какъ видно изъ этого примѣра, NH_3 присоединяется къ водороду кислоты, образуя группу (NH_4), которая занимаетъ въ соляхъ мѣсто металла и называется аммоніемъ. Соли, имѣющія на мѣстѣ металла аммоній, называются аммонійными. Если аммоній можетъ занимать мѣсто металловъ, давая аналогичныя соединенія, то, очевидно, онъ и самъ обладаетъ свойствами металловъ. Только онъ въ свободномъ состояніи не существуетъ. Если на аммонійную соль подѣйствовать какою либо щелочью, то, по закону Бертолле, произойдетъ обмѣнъ составными частями: металлъ щелочи станетъ на мѣсто аммонія; но аммоній, выдѣлившись, разложится, съ выдѣленіемъ амміака; на примѣръ, подѣйствуемъ ѣдкимъ натромъ ($NaOH$) на хлористый аммоній или нашатырь (NH_4Cl): $NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_4(OH)$; послѣднее представляетъ воду, соединенную съ амміакомъ и, вслѣдствіе нагреванія, распадается на составныя части: $NH_4OH = H_2O + NH_3$.

Такимъ путемъ, т. е. дѣйствіемъ щелочей на аммонійныя соли, обыкновенно и добывается амміакъ. Вмѣсто ѣдкаго натра большею частью пользуются известью—негашеною, представляющею окисель металла кальція (CaO), или гашеною, представляющею гидратъ окиси того же металла [$Ca(OH)_2$].

Смѣсь равныхъ, приблизительно, количествъ извести и нашатыря помѣщается въ колбу; при нагреваніи, изъ нея будетъ выдѣляться амміакъ; его нужно направить чрезъ стеклянную трубку въ пробирку съ водой. Когда воздухъ весь вытѣснится изъ колбы, можно будетъ наблюдать, что пузырьки газа, появляющіеся на днѣ пробирки, не будутъ всплывать на ея поверхность: это покажетъ, что амміакъ растворяется въ водѣ пробирки, образуя нашатырный спиртъ.

Въ виду большой растворимости амміака въ водѣ, съ нимъ можно сдѣлать слѣдующій интересный опытъ. Наполнить амміакомъ сухую бутылъ или цилиндръ, вставивъ туда газоотводную трубку и держа при этомъ дно кверху, такъ какъ амміакъ легче воздуха. По наполненіи, закупо-

ритель бутылъ плотно пробкой, чрезъ которую пропущена стеклянная трубка, закрывъ отверстіе послѣдней пальцемъ, чтобы не могъ выходить амміакъ. Затѣмъ опустить цилиндръ или бутылъ горлышкомъ въ чашку съ водою. Вода войдетъ тогда въ сосудъ чрезъ трубку. Такъ какъ въ первыхъ капляхъ ея растворится сразу весь амміакъ, и въ сосудѣ образуется пустота, то, подъ вліяніемъ атмосфернаго давленія, вода начнетъ бить туда фонтаномъ.

Въ природѣ амміакъ образуется при разложеніи азотистыхъ органическихъ веществъ, т. е. бѣлковъ, особенно безъ доступа или при маломъ доступѣ воздуха. Соединяясь съ тѣми или другими кислотными окислами, амміакъ переходитъ въ аммонійныя соли. Селитры и аммонійныя соли играютъ очень важную роль въ питаніи растений, доставляя имъ азотъ, который идетъ на образованіе самаго важнаго органическаго вещества—бѣлка. Извлекать азотъ изъ воздуха растенія, за исключеніемъ семейства бобовыхъ (или мотыльковыхъ), не могутъ.

Воздухъ.

Мы уже упоминали о томъ, что воздухъ представляетъ механическую смѣсь азота съ кислородомъ, при чемъ N имѣется около $\frac{4}{5}$, а O—около $\frac{1}{5}$ части по объему. Теперь точнѣе укажемъ составъ воздуха: азоту въ немъ имѣется 79,1% и кислороду—20,8%. Остальная же часть, около 0,1%, падаетъ на другія составныя части. Если опредѣлять отношеніе между O и N по вѣсу, тогда для нихъ получатся цифры нѣсколько иныя, такъ какъ кислородъ тяжелѣе азота (O—23,1% и N—76,8%). Столь обильное содержаніе азота въ воздухѣ имѣетъ то значеніе, что N, разжижая кислородъ, умѣряетъ его дѣйствіе. Если дышать однимъ кислородомъ, то въ организмъ начнутся черезчуръ сильные процессы горѣнія, которые неминуемо приведутъ къ гибели. Животное, посаженное въ атмосферу чистаго кислорода, умираетъ при явленіяхъ воспаленія.

Какія же другія составныя части воздуха? Въ немъ всегда присутствуетъ углекислый газъ или углекислота (CO_2 —соединеніе кислорода съ углеродомъ). Этотъ газъ выдѣляется въ атмосферу живыми организмами, особенно животными, при

дыханіи ихъ, и мертвыми, при гніеніи. Углекислый газъ получается при этомъ потому, что и дыханіе, и гніеніе представляютъ процессы медленнаго горѣнія, во время котораго кислородъ воздуха соединяется съ углеродомъ, входящимъ въ составъ тѣла растений и животныхъ. Въ выдыхаемомъ нами воздухѣ кислороду имѣется на 4% менѣе (т. е. не 20%, а 16%), которые замѣняются углекислотою.

Въ чистомъ открытомъ воздухѣ углекислоты содержится отъ 0,03% до 0,04%, т. е. отъ 3 до 4 объемовъ на 10.000 объемовъ воздуха. Въ жилыхъ помѣщеніяхъ содержаніе этого газа увеличивается. Комнатный воздухъ можетъ считаться не испорченнымъ, если общее количество углекислаго газа адѣсь увеличилось чрезъ дыханіе не болѣе, чѣмъ на 0,02%—0,03%, т. е. достигло содержанія не выше 0,06—0,07%. Углекислый газъ, выдѣляемый легкими, вреднѣе полученнаго химическимъ путемъ, такъ какъ выдыхаемой углекислотѣ сопутствуютъ другіе газообразные продукты разложенія органическихъ веществъ. Хотя ихъ мало, но они ядовиты и сообщаютъ воздуху непріятный запахъ. Обыкновенно количество углекислаго газа, даже въ школахъ и театрахъ, гдѣ дышать уже очень тяжело, не превышаетъ 0,5%, такъ какъ за этимъ предѣломъ начинается очень сильная диффузія комнатнаго воздуха съ наружнымъ чрезъ щели оконъ, двери и проч.

Узнать о присутствіи углекислаго газа въ воздухѣ можно посредствомъ известковой воды, съ которою углекислый газъ даетъ нерастворимый осадокъ углекислосиликатной соли—вещества, одинаковаго по составу съ мѣломъ, мраморомъ и известнякомъ. Если сосудъ съ чистой известковой водой оставить открытымъ на воздухѣ, то на поверхности воды вскорѣ появится нерастворимый налетъ названнаго вещества. Еще нагляднѣе такой опытъ (Рис. 15). Въ колбу, на дно которой налита известковая вода, чрезъ пробку проводятся двѣ трубки—короткая и длинная, опускающаяся концомъ въ жидкость. Если втягивать въ себя ртомъ воздухъ чрезъ короткую трубку, то наружный воздухъ будетъ входить въ колбу чрезъ длинную трубку и промываться въ известковой водѣ. Находящійся въ воздухѣ углекислый газъ задержится послѣднею и дастъ нерастворимый осадокъ углекислой извести. Для обнаруженія углекислоты въ выдыхаемомъ воздухѣ, производится выдыханіе чрезъ трубку въ пробирку, въ которую налита чистая извест-

ковая вода. Много скорѣе, чѣмъ въ предшествующемъ опытѣ, эта вода сильно замутится отъ значительнаго количества нерастворимой углеизвестковой соли. Если, послѣ этихъ опытовъ, въ колбу или пробирку прибавить нѣсколько капель какой либо кислоты, то образовавшійся осадокъ растворится, при чемъ будутъ замѣтны пузырьки освободившагося и выдѣляемаго опять углекислаго газа.

Такъ какъ углекислый газъ, какъ узнаемъ впоследствии, не горитъ и не поддерживаетъ горѣнія, то дыханіемъ можно испортить воздухъ настолько, что горящіе предметы будутъ въ немъ тухнуть. Это легко показать слѣдующимъ опытомъ (Рис. 16), воспользовавшись для него приборомъ, употреблявшимся для опыта, изображеннаго на рис. 13, слегка измѣнивъ его. Опустить бездонную бутылъ въ сосудъ съ водою такимъ образомъ, чтобы высота воды не достигала верха бутылки. Бутылъ плотно заткнуть пробкой, чрезъ которую проходитъ загнутая стеклянная трубка; чрезъ послѣднюю нужно два — три подрядъ, не отрываясь и зажавъ носъ, вдохнуть въ себя изъ бутылки и опять выдохнуть въ нее имѣющійся тамъ воздухъ; при вдыханіи вода должна подниматься въ бутылку до пробки, а при выдыханіи — опуститься до уровня воды въ наружномъ сосудѣ. Опущенная послѣ того въ бутылъ горящая лучина тухнетъ. Если принять во вниманіе, что при каждомъ вдыханіи уничтожается только $\frac{1}{5}$ часть кислорода (4% изъ 20%), замѣняясь углекислымъ газомъ, то значитъ въ воздухѣ, побывавшемъ въ легкихъ два раза, кислорода имѣется еще болѣе, чѣмъ сколько появилось углекислоты. И все-таки, такой воздухъ совершенно не способенъ поддерживать горѣнія, а тѣмъ болѣе — дыханіе. Этотъ опытъ наглядно показываетъ, насколько необходимо избѣгать накопленія углекислоты въ жилыхъ помѣщеніяхъ и, слѣдовательно, заботиться объ ихъ вентиляціи.

Что при горѣніи органическихъ веществъ получается углекислый газъ, можно доказать такимъ опытомъ (Рис. 17). Зажженная свѣча опускается на проволоку въ бутылъ, закрываемую затѣмъ пробкой или дощечкой, чрезъ которую проходитъ проволока. Свѣча скоро потухнетъ отъ недостатка кислорода, издержавшагося при горѣніи. Если на дно бутылки налита известковая вода, то она замутится отъ образовавшагося нерастворимаго осадка углекислой извести.

Если въ атмосферу происходитъ безпрестанное выдѣле-

ніе углекислаго газа дышащими и разлагающимися организмами, то естественно возникаетъ вопросъ: не наступитъ ли, наконецъ, такое время, когда воздухъ будетъ загрязненъ углекислотою настолько, что дыханіе, а слѣдовательно и жизнь на нашей планетѣ сдѣлаются невозможными? Этотъ опасности не предвидится, такъ какъ углекислый газъ уничтожается растеніями. Во 2-й части книги, въ главѣ о питаніи растеній, мы узнаемъ, что растительные организмы питаются углекислымъ газомъ, извлекая изъ него для себя углеродъ и выдѣляя въ атмосферу кислородъ. Благодаря этому, количество углекислоты въ природѣ не увеличивается, и составъ воздуха остается всегда одинаковымъ.

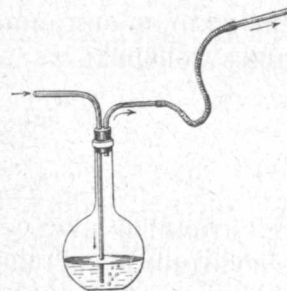


Рис. 15. Приборъ для пропусканія атмосфернаго воздуха чрезъ известковую воду.

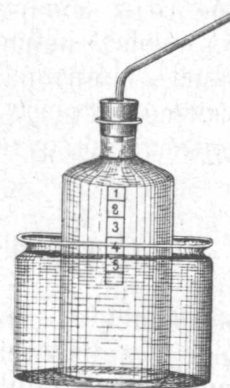


Рис. 16.



Рис. 17. Горѣніе свѣчи въ закрытой бутылкѣ съ известковой водою.

Еще въ воздухѣ имѣются пары воды, количество которыхъ зависитъ отъ температуры и характера мѣстности (возвышенная или низкая, лѣссистая или открытая и т. п.). Въ одномъ кубическомъ метрѣ воздуха можетъ находиться при 0° только 4,8 грамма водяныхъ паровъ, при 20° — около 17 гр., при 40° — около 0,57 грамма. Обыкновенный воздухъ содержитъ лишь около 60% возможной влажности. Меньшее содержаніе паровъ, чѣмъ 40% возможной влажности, ощущается какъ сухость воздуха. Воздухъ же, содержащій болѣе 80% возможной для него влаги, считается уже сырýmъ. Воздухъ, насыщенный парами при известной температурѣ, при охлажденіи выдѣляетъ ихъ, въ видѣ капель.

Если въ сосудъ положить снѣга или налить холодной воды, то стѣнки его скоро отпотѣютъ, т. е. на нихъ появятся капельки воды, получившейся изъ находящихся въ атмосферѣ водяныхъ паровъ. Аналогичное явленіе представляютъ выпаденіе росы на охлаждающіеся предметы и образованіе дождевыхъ облаковъ.

Кромѣ указанныхъ постоянныхъ частей воздуха, въ немъ могутъ быть и другія. Такъ, во время грозъ, какъ мы знаемъ уже, въ немъ образуются окислы азота, а при гніеніи органическихъ остатковъ амміакъ. Въ большемъ или меньшемъ количествѣ въ воздухѣ присутствуютъ мелкія частицы твердаго вещества—пыль, въ которой попадаютъ зародыши микробовъ, иногда такихъ, которые создаютъ заразныя болѣзни. Въ послѣдніе годы обнаружено въ воздухѣ присутствіе еще новыхъ газовъ, неизвѣстныхъ совсѣмъ прежде: аргона, гелія, ксенона, криптона, неона. Но такъ какъ этихъ газовъ содержится въ воздухѣ очень мало и они еще весьма плохо изучены, то не будемъ о нихъ говорить.

С ѣ р а.

Химическое обозначеніе сѣры — S, атомный вѣсъ — 32. Въ природѣ она встрѣчается въ свободномъ состояніи вблизи дѣйствующихъ или потухшихъ вулкановъ, напр., въ Сициліи, на Кавказѣ. Это—такъ называемая «самородная» сѣра. Связь ея съ вулканическими мѣстностями кроется, вѣроятно, въ томъ, что при изверженіи вулкановъ создаются благоприятныя условія для выдѣленія сѣры изъ ея соединений. Въ ряду послѣднихъ въ природѣ имѣется весьма большое количество сѣрнистыхъ металловъ, т. е. соединений сѣры съ металлами: желѣзомъ, мѣдью, свинцомъ, цинкомъ и друг. Эти соединения представляютъ весьма распространенныя руды, т. е. такого рода минеральныя вещества, изъ которыхъ добываются соответствующіе металлы. Много также имѣется въ природѣ солей сѣрной кислоты, напримѣръ, гипсъ. Наконецъ, сѣра входитъ въ составъ самаго важнаго органическаго вещества—бѣлка.

Залежи самородной сѣры служатъ источникомъ для ея добыванія. Послѣднее заключается въ очищеніи сѣры отъ землистыхъ примѣсей, что производится въ особыхъ печахъ, складываемыхъ около мѣста добычи изъ дикаго камня.

Положенная туда самородная сѣра покрывается веществами, ограничивающими доступъ воздуха, и загорается. Часть сѣры при этомъ сгораетъ, а остальная часть плавится, собирается на днѣ печи и время отъ времени оттуда выпускается. Полученная такимъ образомъ комовая сѣра очищается перегонкой въ особыхъ ретортахъ, соединенныхъ съ обширными камерами. Въ послѣднихъ сѣра собирается, или въ видѣ порошка, представляющаго остывшіе пары ея и называемаго сѣрнымъ цвѣтомъ, или же, снова расплавившись тамъ, она отливается во влажныхъ деревянныхъ формахъ въ цилиндрическія палочки, называемыя черенковою сѣрой.

Сѣра обладаетъ весьма интересными физическими свойствами. Она плавится при 114° въ соломенно-желтаго цвѣта жидкость, что легко достигнуть, положивъ нѣсколько кусочковъ сѣры въ пробирку и держа ее надъ лампой. Расплавившись, сѣра, при дальнѣйшемъ нагреваніи, будетъ постепенно густѣть, т. е. опять приближаться къ твердому состоянію, и измѣнить свой цвѣтъ на темный. При $150—170^{\circ}$ она сдѣлается настолько вязкой, что не вытечетъ изъ пробирки, при опрокидываніи ея. При дальнѣйшемъ нагреваніи сѣра снова будетъ постепенно пріобрѣтать подвижность и при 250° сдѣлается очень подвижной, хотя и не пріобрѣтетъ первоначальнаго цвѣта. При 440° сѣра кипитъ, съ образованіемъ бурожелтыхъ паровъ.

Замѣчательно и слѣдующее явленіе. Изъ расплавленного состоянія, при медленномъ остываніи, и изъ растворовъ (сѣра растворяется въ нѣкоторыхъ жидкостяхъ, напр., въ сѣрнистомъ углеродѣ) сѣра выдѣляется въ видѣ кристалловъ. Если же расплавленную сѣру охладить сразу, выливъ ее тонкою струею изъ пробирки въ холодную воду, то получится мягкая, не кристаллическая, т. е. аморфная сѣра; застывшая струя ея пріобрѣтетъ видъ нити, легко растягивающейся и до нѣкоторой степени упругой. Кромѣ того, кристаллы сѣры—двухъ формъ, т. е. сѣра диморфна. Расплавленная сѣра кристаллизуется въ видѣ желтоватыхъ иглъ, а изъ растворовъ она выдѣляется въ ромбическихъ октаэдрахъ. Съ теченіемъ времени, кристаллы первой формы, а также и аморфная сѣра, перекристаллизовываются въ кристаллы второй формы, въ которыхъ встрѣчается и природная сѣра.

Отчего же зависитъ различіе въ состояніяхъ твердыхъ

тѣлъ, въ томъ числѣ и сѣры, т. е. различіе между кристаллическимъ и аморфнымъ состояніемъ, съ одной стороны, и между различными формами кристалловъ, съ другой? Причина этого соотвѣтствуетъ той, которую мы указывали для объясненія твердаго, жидкаго и газообразнаго состоянія тѣлъ, т. е. заключается съ соотношеніи между химическими частицами (мелекулами) твердаго тѣла, именно, — въ ихъ расположеніи. Самыя же частицы, ихъ химическій составъ и химическія свойства вещества, остаются неизмѣнными.

Укажемъ главнѣйшія *химическія соединенія сѣры*. Мы знаемъ уже, что она съ кислородомъ образуетъ два соединенія: SO_2 — сѣрнистый газъ и SO_3 — сѣрный ангидридъ. Первое получается при сжиганіи сѣры въ воздухѣ или чистомъ кислородѣ; SO_3 есть продуктъ присоединенія кислорода къ SO_2 , что происходитъ, между прочимъ, при пропусканіи смѣси SO_2 и O чрезъ накалившую губчатую платину (въ трубкѣ). SO_2 — тѣло газообразное, а SO_3 — твердое.

Изъ опытовъ, описанныхъ въ главѣ о кислородѣ, мы знаемъ уже, что сѣрнистый газъ, будучи поглощенъ водою, сообщаетъ ей кислотныя свойства, что обнаруживается окрашиваніемъ синей лакмусовой бумажки въ красный цвѣтъ. Однако, тѣснаго химическаго соединенія между водою и SO_2 не происходитъ; онъ только растворяется въ ней. Слѣдовательно, сѣрнистой кислоты, т. е. H_2SO_3 , не существуетъ. Тѣмъ не менѣе, соли, соотвѣтствующія этой кислотѣ, получаются, напр., Na_2SO_3 , K_2SO_3 и друг. Возможность образованія и существованія солей, при отсутствіи соотвѣствующихъ кислотъ, легко себѣ представить, если допустимъ, напримѣръ, что происходитъ взаимодѣйствіе между кислотнымъ и основнымъ окислами; соединяясь, они прямо даютъ соль.

Въ результатъ соединенія сѣрнаго ангидрида съ водою получается сѣрная кислота — H_2SO_4 . Она представляетъ тяжелую, маслянистую и, въ чистомъ видѣ, безцвѣтную жидкость. Это очень сильная кислота; она не только сильно реагируетъ со щелочами, основными окислами и металлами, образуя при этомъ соли, но способна вытѣснять большинство другихъ кислотъ изъ ихъ солей. Изъ солей сѣрной кислоты наиболѣе распространена въ природѣ сѣрно-кальціевая соль или гипсъ — CaSO_4 , о которомъ будетъ рѣчь ниже. Сѣрнокислыя соли мѣди (CuSO_4), желѣза (FeSO_4) и цинка

(ZnSO_4) называются купоросами — мѣднымъ, желѣзнымъ и цинковымъ, которые примѣняются, между прочимъ, въ медицинѣ.

Сѣрная кислота имѣетъ большое сродство къ водѣ, съ которою жадно соединяется, такъ что происходитъ весьма сильное нагреваніе; вода присоединяется при этомъ къ H_2SO_4 , въ видѣ кристаллизаціонной. При смѣшеніи сѣрной кислоты съ водою нужно H_2SO_4 приливать къ водѣ, а не наоборотъ. Иначе, вслѣдствіе сильнаго нагреванія на поверхности кислоты, вода, вмѣстѣ съ H_2SO_4 , можетъ брызнуть и попасть въ лицо. При прилитіи H_2SO_4 къ водѣ происходитъ такое же нагреваніе, но такъ какъ эта кислота тяжелѣе воды, то она упадетъ прямо на дно, а здѣсь образовавшійся горячій слой не можетъ дать брызгъ, такъ какъ этому препятствуютъ выше лежащіе слои воды. Сѣрная кислота не только отнимаетъ влагу, механически удерживаемую веществомъ, но способна отнимать кислородъ и водородъ, въ видѣ воды, отъ многихъ химическихъ соединений, гдѣ эти два элемента воды не образуютъ. Дерево, сахаръ, крахмалъ и друг. органическія вещества, состоящія изъ углерода, кислорода и водорода, при соприкосновеніи съ сѣрной кислотой, отдавъ ей кислородъ и водородъ, обугливаются.

Сѣрная кислота представляетъ одно изъ важнѣйшихъ химическихъ соединений и имѣетъ обширное примѣненіе въ фабричной и заводской teknikѣ; такъ, въ громадномъ количествѣ она употребляется при приготовленіи многихъ химическихъ продуктовъ: соды, искусственныхъ минеральныхъ удобреній, мыла и т. п. Вслѣдствіе способности жадно соединяться съ водою, H_2SO_4 примѣняется для высушиванія многихъ веществъ. На зиму между рамами оконъ, какъ извѣстно, ставятъ стаканчики съ сѣрною кислотой. Это для того, чтобы кислота поглощала появляющуюся здѣсь влагу и предупреждала образованіе сырости.

Добываютъ сѣрную кислоту не дѣйствіемъ воды на сѣрный ангидридъ, такъ какъ SO_3 получить трудно, а болѣе простымъ и дешевымъ путемъ, въ большомъ размѣрѣ примѣняемымъ на химическихъ заводахъ. Сущность его заключается въ томъ, что въ одну камеру впускаются сѣрнистый газъ, окись азота, пары воды и воздухъ. Окись азота — NO — обладаетъ способностью, соединившись еще съ атомомъ кислорода и перейдя въ двуокись — NO_2 , передавать второй атомъ кислорода другимъ тѣламъ. Окисляя сѣр-

нистый газъ въ присутствіи воды, окись азота превращаетъ его въ H_2SO_4 . Въ продажѣ сѣрная кислота известна подъ именемъ купороснаго масла, такъ какъ прежде ее получали изъ желѣзнаго купороса.

Сѣра соединяется и съ водородомъ, образуя H_2S —сѣрнистый водородъ, или *сѣроводородъ*. Это газообразное тѣло, обладающее отвратительнымъ запахомъ гнилыхъ яицъ. Зажженный сѣроводородъ горитъ. Такъ какъ горѣніе есть соединеніе съ кислородомъ, то въ результатъ этого горѣнія, очевидно, должны получаться: H_2O и SO_2 . Въ лабораторіи H_2S получаютъ дѣйствіемъ кислотъ на сѣрнистые металлы, обыкновенно — дѣйствіемъ сѣрной кислоты (10%) на сѣрнистое желѣзо: $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$. Эту реакцію легко понять. Припомнимъ, что при дѣйствіи металла на кислоту выдѣляется водородъ кислоты, на мѣсто котораго становится металлъ; но если металлъ не свободный, а соединенъ съ чѣмъ либо, то водородъ можетъ войти въ связь съ этою составною частью и образовать: H_2S , если при металлѣ имѣется, какъ въ данномъ случаѣ, сѣра, или H_2O , если при металлѣ имѣется OH , т. е. если мы дѣйствуемъ щелочью, и т. п. Для добыванія сѣроводорода можно воспользоваться тѣмъ приборомъ, который служилъ для добыванія водорода, съ тою разницею, что собирать H_2S въ цилиндры нѣтъ нужды; имъ можно воспользоваться прямо при выдѣленіи изъ газоотводной трубки. Чтобы испытать запахъ сѣроводорода, достаточно положить кусочекъ сѣрнистаго желѣза въ пробирку и прилить туда немного кислоты. Вода растворяетъ въ себѣ около трехъ объемовъ сѣроводорода, пріобрѣтая такой же запахъ; она называется сѣроводородной водой. Въ лабораторіяхъ опыты съ сѣроводородомъ, въ виду отвратительнаго запаха его, производятся обыкновенно въ такъ называемыхъ вытяжныхъ шкафахъ. Въ природѣ сѣроводородъ образуется при гніеніи органическихъ, именно, бѣлковыхъ веществъ, такъ какъ въ нихъ имѣется сѣра. Его присутствіемъ и обусловливается характерный запахъ тухлыхъ, т. е. гнилыхъ яицъ.

Если сѣроводородъ пропускать (по газоотводной трубкѣ) чрезъ растворы солей (или прилить къ нимъ сѣроводородной воды), то, въ силу реакціи обмѣна, будутъ получаться сѣрнистые металлы. Изъ нихъ немногіе (напр., Na_2S , K_2S) растворимы въ водѣ, а остальные нерастворимы и потому выпадаютъ въ видѣ осадковъ. Изъ нерастворимыхъ въ водѣ

сѣрнистыхъ металловъ часть растворяется въ слабыхъ кислотахъ, а остальные не растворяются; изъ послѣднихъ нѣкоторые не растворяются, сверхъ того, и въ крѣпкихъ кислотахъ. На этомъ различіи въ растворимости сѣрнистыхъ соединений, какъ узнаемъ изъ главы объ анализѣ минеральныхъ веществъ, основаны важные приемы для качественного опредѣленія металловъ въ ихъ соединеніяхъ и для отдѣленія ихъ другъ отъ друга изъ смѣсей. Въ природѣ встрѣчаются, разумѣется, тѣ только сѣрнистые металлы, которые нерастворимы, по крайней мѣрѣ, въ водѣ.

Обращаемъ вниманіе на нѣкоторое сходство соединеній сѣры съ соединеніями кислорода: O и S соединяются съ H_2 и металлами, при чемъ оба проявляютъ въ обоихъ случаяхъ одинаковую атомность. Объясненіе этому заключается въ томъ, что простыя тѣла, какъ мы увидимъ еще далѣе, по ихъ химическимъ соединеніямъ и свойствамъ, раздѣляются на группы и что кислородъ и сѣра принадлежатъ къ одной такой группѣ.

Ф о с ф о р ъ.

Химическое обозначеніе фосфора— P , атомный вѣсъ—31. Въ свободномъ состояніи фосфоръ не встрѣчается въ природѣ, но въ химическихъ соединеніяхъ довольно распространенъ, какъ въ минеральномъ, такъ и въ растительномъ, и животномъ царствахъ. Минеральныя вещества, известные подъ названіемъ фосфоритовъ, образуютъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ цѣлые пласты и служатъ матеріаломъ для удобренія почвы. Органическое вещество костей животныхъ пропитано фосфорно-известковою солью, сообщающею костямъ твердость. При обжиганіи костей, органическое вещество ихъ сгораетъ, а минеральное, т. е. фосфорно-известковая соль, остается. Кости животныхъ и служатъ главнымъ матеріаломъ, откуда извлекается химическимъ путемъ фосфоръ. Кромѣ того, и въ животныхъ, и растительныхъ организмахъ фосфоръ входитъ въ составъ нѣкоторыхъ бѣлковыхъ веществъ (находящихся, какъ увидимъ впослѣдствіи, въ ядрѣ клѣтокъ).

Различаются два видоизмѣненія фосфора: желтый или обыкновенный фосфоръ и красный. Желтый фосфоръ очень легко соединяется съ кислородомъ. Онъ дымитъ на воз-

духъ при обыкновенной температурѣ, т. е. образуетъ, вслѣдствіе соединенія съ кислородомъ, кислотный окисель и воспламеняется при слабомъ нагреваніи или треніи. Поэтому желтый фосфоръ держится всегда въ сосудахъ съ водою. Онъ сильно ядовитъ, нерастворимъ въ водѣ, но растворяется въ нѣкоторыхъ другихъ жидкостяхъ (напр. въ сѣрнистомъ углеродѣ), откуда, при выпариваніи раствора, выдѣляется въ видѣ мелкихъ кристалловъ. При 44° онъ плавится, а при 290° переходитъ въ паръ. Если желтый фосфоръ нагревать въ теченіе нѣсколькихъ часовъ до 230° — 270° въ атмосферѣ, не поддерживающей горѣнія (напр. въ азотѣ, углекисломъ газѣ, водяномъ парѣ и т. п.), или, какъ большею частію дѣлаютъ, въ легкоплавной смѣси равныхъ частей олова и свинца, то онъ частью превращается въ другое видоизмѣненіе — красный фосфоръ. Въ меньшемъ количествѣ это превращеніе происходитъ также при нѣкоторыхъ химическихъ реакціяхъ желтаго фосфора съ другими тѣлами и при продолжительномъ дѣйствіи на него свѣта. При нагреваніи до 300° , красный фосфоръ, послѣ быстрого охлажденія, опять переходитъ въ желтый. Красный фосфоръ не обладаетъ химическою энергіей желтаго. Онъ трудно окисляется на воздухѣ при обыкновенной температурѣ, а воспламеняется только при 260° . Онъ не ядовитъ, не растворимъ и всегда аморфенъ. Всѣ реакціи, въ которыя вступаетъ съ другими тѣлами желтый фосфоръ, свойственны и красному, но онѣ совершаются гораздо труднѣе и медленнѣе. Все это показываетъ, что красный фосфоръ, по сравненію съ желтымъ, отличается большею химическою инертностью, неподвижностью.

Естественно возникаетъ вопросъ: почему тѣла, совершенно одинаковыя по химическому составу, какъ желтый и красный фосфоръ, отличаются не только внѣшними физическими свойствами, но и химическими? Если для объясненія различія трехъ состояній тѣлъ — твердаго, жидкаго и газообразнаго, которыя могутъ быть свойственны одному и тому же веществу, напр. водѣ, а также для объясненія аморфной и кристаллической структуры твердыхъ тѣлъ, намъ пришлось говорить о различномъ соотношеніи тождественныхъ частицъ вещества, то въ данномъ случаѣ приходится признать уже нетождественность частицъ, при тождествѣ образующихъ ихъ атомовъ. Атомы желтаго и краснаго фосфора одни и тѣ же, почему и возможенъ пере-

ходъ ихъ другъ въ друга, но частицы различны. Это различіе касается числа атомовъ въ частицѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ ихъ расположенія и прочности соединенія. Отъ послѣдняго обстоятельства зависитъ легкость распада частицы и, слѣдовательно, легкость, съ какою атомы даннаго вещества, отдѣлившись другъ отъ друга, вступаютъ въ реакціи съ атомами другого вещества. Частица краснаго фосфора болѣе, чѣмъ желтаго, и труднѣе распадается на атомы, почему и химическая энергія перваго ниже, чѣмъ послѣдняго. Эта способность простыхъ тѣлъ измѣнять свои химическія свойства, въ зависимости отъ числа и способа расположенія атомовъ въ частицахъ, называется *аллотропіей*.

Одно изъ важнѣйшихъ примѣненій фосфора — при приготовленіи спичекъ. Обыкновенныя фосфорныя спички содержатъ въ ихъ головкахъ желтый фосфоръ, смѣшанный съ окисляющими веществами, т. е. имѣющими много кислорода и легко его отдающими, каковы: бертолетова соль, селитра, двуокись свинца и друг. Фосфоръ и эти вещества растираются и смѣшиваются подъ водою, послѣ чего, при помощи смолистыхъ веществъ, наносятся на головку спичекъ. Затѣмъ головка опускается еще въ растворъ камеди (растительнаго клея) и лака, чтобы закрыть фосфоръ и предохранить его отъ дѣйствія воздуха. При треніи такою спичкою о шероховатую поверхность, наружная оболочка головки отрывается, и фосфоръ воспламеняется. Эти спички опасны, потому что при треніи могутъ загорѣться даже въ карманѣ. Поэтому готовятъ другія — безопасныя или шведскія спички, которыми фосфорныя постепенно вытѣсняются изъ употребленія. При приготовленіи безопасныхъ спичекъ, также употребляется фосфоръ, но только красный, а не желтый, и при томъ онъ наносится не на головку спичекъ, а на ту поверхность, о которую производится треніе, обыкновенно, на боковую поверхность спичечныхъ коробокъ. Въ головкѣ шведскихъ спичекъ содержатся вещества горючія, каковы уголь, сѣра и сѣристая сурьма, и богатая кислородомъ — бертолетова соль и т. п. На поверхность же, о которую производится треніе, наносятся красный фосфоръ, сѣристая сурьма и толченое стекло.

Соединенія фосфора, имѣя меньшее распространеніе и значеніе, нежели соединенія изученныхъ ранѣе простыхъ тѣлъ, интересны въ томъ отношеніи, что напоминаютъ собою соединенія азота. Азотъ, какъ мы уже знаемъ, даетъ

съ кислородомъ цѣлый рядъ соединений и, между прочимъ, N_2O_3 и N_2O_5 . Подобныя два соединенія образуетъ и фосфоръ: P_2O_3 —фосфористый ангидридъ и P_2O_5 —фосфорный ангидридъ. При дѣйствіи воды на ангидриды образуются кислоты. Отъ P_2O_5 происходитъ кислота HPO_3 , напоминающая HNO_3 (азотную) и называемая метафосфорной, и H_3PO_4 называемая ортофосфорной, или просто фосфорной. Метафосфорная кислота происходитъ при первоначальномъ дѣйствіи воды на фосфорный ангидридъ: $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$. Съ теченіемъ же времени, въ особенности при нагрѣваніи и избыткѣ воды, метафосфорная кислота переходитъ въ фосфорную $HPO_3 + H_2O = H_3PO_4$.

Съ водородомъ фосфоръ даетъ нѣсколько соединений. Изъ нихъ самое главное то, которое напоминаетъ соотвѣт-

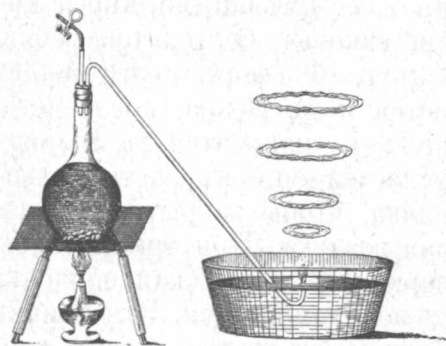


Рис. 18. Полученіе фосфористаго водорода.

ствующее соединеніе азота (NH_3 — амміакъ), именно, PH_3 . Фосфористый водородъ легко воспламеняется на воздухѣ, давая кольца бѣлаго дыма, состоящаго изъ продуктовъ соединенія фосфора и водорода съ кислородомъ, именно, изъ P_2O_5 и H_2O . Для добыванія PH_3 нужно нагрѣвать въ колбѣ крѣпкій растворъ ѣдкаго кали (KOH), въ который положено нѣ-

сколько кусочковъ желтаго фосфора (Рис. 18). Кромѣ газоотводной трубки, въ колбу вставляется другая, чрезъ которую въ оставшееся надъ щелочью пространство, взамѣнъ воздуха, вводится какой либо другой газъ, не поддерживающій горѣнія, на примѣръ, углекислый, азотъ или водородъ, такъ какъ въ воздухѣ PH_3 будетъ воспламеняться. Газоотводная трубка должна имѣть загнутый свободный конецъ, опущенный въ чашку съ водою, уровень которой долженъ быть нѣсколько выше окончанія трубки. Въ результатѣ реакціи ѣдкаго кали съ фосфоромъ получится, между прочимъ, PH_3 . Образование фосфористаго водорода наблюдается иногда при гніеніи органическихъ веществъ. Такъ, на могилахъ и надъ болотами иногда появляются огоньки, называемые блуждающими (пот. что они то по-

являются, то исчезаютъ и переходятъ съ одного мѣста на другое). Это воспламеняется фосфористый водородъ, получившійся при разложеніи трупа въ могилѣ или растительныхъ и животныхъ остатковъ на днѣ болотъ и выдѣляющійся оттуда наружу.

По формѣ и характеру соединений, съ фосфоромъ сходны два простыхъ тѣла—мышьякъ (As) и сурьма (Sb), такъ что азотъ, фосфоръ, сурьма и мышьякъ образуютъ сродную группу тѣлъ. Въ свободномъ состояніи два послѣднихъ тѣла имѣютъ металлическій блескъ и, вообще, напоминаютъ собою металлы. Здѣсь, слѣдовательно, мы видимъ примѣръ постепеннаго перехода отъ металлоидовъ къ металламъ. То, что въ общежитіи называется мышьякомъ и употребляется въ качествѣ сильнаго яда, а также въ красильномъ дѣлѣ и, въ небольшихъ дозахъ, въ лекарствахъ,—есть As_2O_3 , т. е. мышьяковистый ангидридъ, соотвѣтствующій азотистому (N_2O_3) и фосфористому (P_2O_3) ангидридамъ.

Галоиды (солероды): хлоръ, бромъ, іодъ, фторъ.

Именемъ галоидовъ называется группа, состоящая изъ 4-хъ простыхъ тѣлъ: фтора (химическое обозначеніе F , атомный вѣсъ 19), хлора (Cl —35), брома (Br —80) и іода (I —127). Объединяются эти тѣла въ одну группу, въ виду сходства ихъ химическихъ свойствъ. Всѣ они характеризуются, между прочимъ, тѣмъ, что, соединяясь каждое съ однимъ атомомъ водорода, даютъ газообразные продукты: HF , HCl , HBr и HI , которые сильно растворяются въ водѣ, образуя при этомъ такъ называемыя галоидоводородныя кислоты: фтористо водородную или плавиковую, хлористоводородную или соляную, бромистоводородную и іодистоводородную. Это—особый типъ кислотъ, котораго мы еще не видѣли. Отъ всѣхъ другихъ кислотъ онъ отличается тѣмъ, что въ данномъ случаѣ, т. е. въ галоидоводородныхъ кислотахъ, нѣтъ кислорода. Это—кислоты безкислородныя. Принимая во вниманіе, что водородъ есть въ нихъ, можно сдѣлать такое общее заключеніе, что кислородъ не необходимъ для кислоты, безъ водорода же кислотъ не бываетъ. Водородъ галоидоводородныхъ кислотъ, по общему правилу, можетъ замѣщаться металлами и давать соли. Такихъ солей

въ природѣ очень много, особенно отъ хлористоводородной или соляной кислоты. Отсюда происходитъ и названіе указанныхъ простыхъ тѣлъ—галоиды или солероды. Соли галоидоводородныхъ кислотъ, очевидно, представляютъ соединеніе металловъ только лишь съ фторомъ, хлоромъ, бромомъ и іодомъ, подобно тому, какъ и въ кислотахъ, кромѣ этихъ элементовъ и водорода, ничего нѣтъ. Поэтому такія соли называются прямо фтористыми, хлористыми, бромистыми и іодистыми металлами. Самый характерный и самый распространенный изъ всѣхъ галоидовъ—хлоръ, почему съ него начнемъ и на немъ сосредоточимъ главное вниманіе.

Хлоръ въ свободномъ состояніи въ природѣ не встрѣчается. Онъ существуетъ только въ химическихъ соединеніяхъ, именно, въ хлористыхъ металлахъ, изъ которыхъ первое мѣсто занимаетъ хлористый натрій (NaCl)—вещество, извѣстное намъ подъ именемъ поваренной соли. Будучи полученъ химическимъ путемъ изъ своихъ соединеній, хлоръ представляетъ собою желто-зеленаго цвѣта газъ, весьма удушливый и ядовитый, вредно дѣйствующій на органы дыханія. Хлоръ обладаетъ большою химическою энергіей и соединяется со многими тѣлами: съ металлами, съ водородомъ, сѣрою, фосфоромъ, сурьмою и друг. Химическое сродство хлора къ нѣкоторымъ изъ нихъ такъ велико, что реакція соединенія идетъ безъ предварительнаго нагреванія и съ выдѣленіемъ большого количества тепла. Хлоръ растворяется въ водѣ, отъ одного до трехъ объемовъ газа на одинъ объемъ воды, смотря по температурѣ; растворъ этотъ носитъ названіе хлорной воды. Хлоръ, въ присутствіи воды, и хлорная вода обладаютъ способностью обезцвѣчивать красящія вещества, каковымъ свойствомъ пользуются при бѣленіи тканей. Получивъ хлоръ, можно провѣрить всѣ указанные свойства его.

Хлоръ получается обыкновенно дѣйствіемъ соляной кислоты (HCl) на перекись марганца (MnO_2), при чемъ происходитъ такая реакція: $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2$. Порошкообразная перекись марганца высыпается въ колбу, куда затѣмъ наливается крѣпкая соляная кислота. Для усиленія реакціи, колба, укрѣпленная на штативѣ, слегка подогревается. Выдѣляющійся хлоръ по газоотводной трубкѣ отводится въ сухую бутылъ, горло которой, въ виду того, что хлоръ въ $2\frac{1}{2}$ раза тяжелѣе воздуха, обращено вверхъ. Такъ какъ хлоръ—газъ удушливый, весьма вредный

для органовъ дыханія, то добываніе его требуетъ большой осторожности. Въ виду того, что онъ разѣдаетъ пробки и каучукъ, слѣдуетъ пробки, употребляемыя при добываніи хлора и при опытахъ съ нимъ, парафинировать, т. е. поддержать нѣкоторое время въ расплавленномъ парафинѣ, который ихъ пропитаетъ; а каучуковую трубку, для соединенія стеклянныхъ, надѣвать возможно болѣе короткую; можно и совсѣмъ обходиться безъ каучука, сдѣлавъ одну цѣльную стеклянную газоотводную трубку соотвѣтствующей формы и длины.

Получивъ нѣсколько бутылей съ хлоромъ, можно продолжать слѣдующіе опыты, наглядно показывающіе его свойства. Мѣдная проволока, накаливая предварительно на концѣ (безъ помощи пробки или трута, какъ было въ опытѣ сжиганія желѣзной проволоки въ кислородѣ, а просто надъ пламенемъ лампы), будучи опущена въ бутылъ съ хлоромъ, сгоритъ въ немъ, т. е. соединится съ нимъ при явленіи накаливанія. Тоже самое произойдетъ (въ другой бутылѣ) съ порошкомъ сурьмы или съ тонкимъ листочкомъ золота. Зажженная струя водорода продолжитъ горѣть въ хлорѣ, если ввести ее туда; для этого газоотводная трубка, по которой выдѣляется водородъ, опускается въ сосудъ съ хлоромъ; конецъ у трубки, для удобства горѣнія, загибается вверхъ, но такъ, чтобы могъ проходить чрезъ горлышко бутылѣ. Въ результатъ горѣнія водорода въ хлорѣ, т. е. происходящей между ними реакціи соединенія, получается хлористоводородный газъ. Восковая свѣча, зажженная на воздухѣ, продолжитъ горѣть и въ хлорѣ, куда опускается при помощи желѣзной проволоки. Въ одинъ изъ сосудовъ съ хлоромъ наливается нѣсколько воды; хлоръ растворяется въ ней и образуется хлорная вода. Если чрезъ воду, подкрашенную лакмусомъ, чернилами и т. п., пропустить струю газообразнаго хлора или прилить туда хлорной воды, то жидкость обезцвѣтится; опущенный въ хлорную воду кусочекъ цвѣтной матеріи также обезцвѣтится; чернила съ бумаги хлорною водою выводятся. Если бутылъ, содержащую смѣсь хлора съ водородомъ, выставить на солнечные лучи, то эти газы со взрывомъ соединятся и дадутъ хлористоводородный газъ. Это—одинъ изъ примѣровъ химическихъ реакцій, происходящихъ подъ вліяніемъ свѣтовой энергіи.

Опыты горѣнія различныхъ тѣлъ въ хлорѣ заставля-

ють насъ пополнить данное ранѣе понятіе о горѣніи, какъ о соединеніи горящихъ тѣлъ съ кислородомъ. Теперь мы видимъ, что горѣніе возможно и безъ кислорода. Суть дѣла въ слѣдующемъ. Сопутствующія горѣнію явленія выдѣленія большого количества тепла и накаливанія до такой степени, что горящій предметъ начинаетъ свѣтиться, обязаны происходящимъ при этомъ химическимъ реакціямъ соединенія. Слѣдовательно, чтобы тепло и свѣтъ получились, необходимо только, чтобы одно тѣло имѣло большое сродство къ другому. Что же касается того, какія это тѣла, то, для выдѣленія тепловой энергіи, это безразлично. Здѣсь играетъ роль только фактъ энергичнаго соединенія между двумя тѣлами, но не вещество ихъ. Въ природѣ и обычныхъ условіяхъ жизни мы наблюдаемъ такого рода соединеніе, съ выдѣленіемъ тепла и свѣта, только между кислородомъ и извѣстными горючими веществами. Поэтому и принято говорить, что горѣніе есть соединеніе съ кислородомъ; между тѣмъ, теперь мы видимъ, что это явленіе нужно понимать въ болѣе широкомъ смыслѣ. Научныя изслѣдованія, производимыя при помощи искусственныхъ орудій и приѣмовъ, весьма часто пополняютъ и исправляютъ тѣ заключенія, которыя мы дѣлаемъ на основаніи непосредственнаго наблюденія надъ происходящими кругомъ насъ явленіями.

Важнѣйшее изъ соединеній хлора—HCl, т. е. хлористоводородный газъ, который, будучи растворенъ въ водѣ, образуетъ соляную кислоту. Добывается HCl, а равно и всѣ другія галоидоводородныя кислоты, на основаніи закона Бертолле, по общему принципу: дѣйствіемъ на соли этихъ кислотъ какими либо другими кислотами, при чемъ металлъ соли и водородъ кислоты мѣняются своими мѣстами. Для полученія HCl обыкновенно дѣйствуютъ на хлористый натрій сѣрною кислотой: $2\text{Na Cl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$. Обыкновенная поваренная соль высыпается въ колбу и на нее наливается небольшое количество крѣпкой или слегка разбавленной сѣрной кислоты. Реакція пойдетъ безъ нагрѣванія; нагрѣваніе нужно въ томъ только случаѣ, если кислота на-половину или болѣе разбавлена водой. Хлористоводородный газъ проводится по газоотводной трубкѣ въ сухую бутылъ, стоящую горлышкомъ вверхъ, такъ какъ HCl тяжелѣе воздуха: вѣсъ его частицы равенъ 36,5 (Cl—35,5 и H—1). Чтобы газъ не выходилъ изъ бутылки, гор-

лышко ея покрывается бумагой, сквозь которую въ бутылъ пропускается газоотводная трубка. HCl—газъ безцвѣтный, удушливый, чрезвычайно растворимый въ водѣ; на одинъ объемъ ея приходится до 400 объемовъ хлористоводороднаго газа, почему и съ нимъ можно сдѣлать опытъ фонтана въ бутылки, какой описанъ для амміака. Проводя HCl чрезъ трубку въ пробирку съ водой, можно насытить имъ воду, т. е. получить соляную кислоту.

Соляная кислота—весьма крѣпкая и имѣетъ множество солей, изъ которыхъ, какъ уже сказано, наиболѣе распространены хлористый натрій (NaCl) или поваренная соль. Въ большихъ или меньшихъ дозахъ хлористый натрій почти всюду примѣшанъ къ покрывающимъ землю породамъ. Вымываясь отсюда атмосферными водами, онъ собирается въ океанахъ и моряхъ, почему тамъ вода соленая. Кромѣ того, имѣются сплошные толстые слои хлористаго натрія во многихъ мѣстахъ подъ землею и на днѣ соленыхъ озеръ. Когда будетъ рѣчь о соединеніяхъ металла натрія, объ этой соли будутъ даны еще болѣе подробныя свѣдѣнія. Значительно также распространены въ природѣ хлористые калий, магній, кальцій и много другихъ солей соляной кислоты.

Кромѣ соляной кислоты, отличающейся отъ обычнаго типа кислотъ отсутствіемъ кислорода, хлоръ образуетъ также цѣльный рядъ кислотъ, содержащихъ кислородъ, которыя, однако, не имѣютъ такого большого значенія. Эти кислоты слѣдующія: HClO—хлорноватистая кислота, HClO₂—хлористая, HClO₃—хлорноватая и HClO₄—хлорная кислота. Первая и вторая настолько непрочны, что въ свободномъ состояніи онѣ даже не получаютъ, а существуютъ лишь ихъ соли. Соли эти тоже не прочны: будучи растворены, онѣ легко распадаются на составныя части. Такъ какъ при этомъ выдѣляется хлоръ, который, какъ мы видѣли, обладаетъ способностью обезцвѣчивать краски, то указанные соли примѣняются для бѣленія тканей и т. п. Самая важная изъ нихъ—хлорноватистокальціевая соль или бѣлильная известь—Ca(ClO)₂, называемая также хлорною известью. Какъ показываетъ уже названіе этой соли, она дѣйствуетъ бѣлящимъ образомъ; въ особенности—смѣсь ея съ какою либо кислотой (обыкновенно соляною, сильно разбавленною водою), содѣйствующею выдѣленію изъ данной соли хлорноватистой кислоты, распадается тотчасъ же на составныя части. Бѣлильная

известь употребляется для бѣленія тканей предпочтительно предъ хлоромъ, такъ какъ, взятый въ свободномъ состояннн, хотя бы и раствореннымъ въ водѣ, онъ не только уничтожаетъ окраску, но въ тоже время разрушительнымъ образомъ дѣйствуетъ и на самое вещество тканей. Бѣлильная известь получается при пропускании хлора надъ негашеной известью, т. е. надъ окисломъ металла кальція: $\text{CaO} + \text{Cl}_2 = \text{Ca}(\text{ClO})_2$. Кислоты хлорноватая— HClO_3 , и въ особенности хлорная HClO_4 —наиболѣе прочны. Изъ солей ихъ упомянемъ KClO_3 —хлорноватокалиевую или бертолетову соль, служащую для добыванія кислорода. Есть и безводные окислы хлора: Cl_2O —окись хлора, ClO_2 —двуокись хлора. Они также непрочны: легко распадаются съ выдѣленіемъ хлора и кислорода.

Бромъ и іодъ, подобно хлору, встрѣчаются въ природѣ также въ соединеніи съ металлами, и болѣе всего—съ натріемъ. Бромистые и іодистые металлы сопутствуютъ хлористымъ и, слѣдовательно, имѣются также въ растворѣ въ морской водѣ. Іодистые металлы, сверхъ того, содержатся въ золь морскихъ водорослей и сопутствуютъ чилийской селитрѣ (NaNO_3), откуда іодъ болѣе всего и извлекается. Соединенія этихъ элементовъ, въ особенности іода, значительно менѣе распространены въ природѣ, чѣмъ соединенія хлора. Въ свободномъ состояннн бромъ и іодъ получаютъ изъ бромистыхъ и іодистыхъ металловъ такимъ же путемъ, какъ и хлоръ, т. е. бромистые и іодистые металлы, при взаимодействіи съ сѣрной кислотой, даютъ бромистый и іодистый водороды, а эти послѣдніе, при взаимодействіи съ перикисью марганца, выдѣляютъ уже Br_2 и I_2 . Бромъ въ свободномъ состояннн представляетъ тяжелую жидкость темнубураго цвѣта, дающую удушливые пары и значительно растворимую въ водѣ. Іодъ—твердое тѣло, малорастворимое въ водѣ, откуда выкристаллизовывается въ видѣ темносѣрыхъ пластинокъ, съ металлическимъ блескомъ. Хорошо растворяется іодъ въ растворахъ солей и въ спирту, въ каковомъ видѣ онъ и примѣняется въ медицинѣ. При нагрѣваннн, іодъ плавится (114°) и затѣмъ превращается въ фіолетоваго цвѣта паръ (200°) или, какъ говорятъ, взгоняется. Кромѣ HBr и HI , для брома и іода имѣются такъ же, какъ и для хлора, кислородныя кислоты. Для брома извѣстна HBrO_3 —бромноватая кислота, для іода HJO_3 —іодноватая кислота и HJO_4 —іодная к. Послѣднія

представляютъ собою соединенія довольно прочныя, значительно превосходящія въ этомъ отношеннн соотвѣтствующія соединенія хлора. Отъ упомянутыхъ кислотъ имѣются, конечно, и соли.

Фторъ обладаетъ столь сильною способностью соединяться съ большинствомъ другихъ тѣлъ, что, благодаря этому, онъ не только въ природѣ не встрѣчается въ свободномъ состояннн, но даже химическимъ путемъ получить его въ чистомъ видѣ почти невозможно. Это тѣло газообразное, по цвѣту и запаху похожее на хлоръ, но блѣднѣе окрашенное. Вслѣдствіе громаднаго сродства къ водороду, фторъ при обыкновенной температурѣ отнимаетъ его отъ воды, образуя фтористый водородъ (HF) и выдѣляя кислородъ. Въ природѣ имѣется не мало солей фтористоводородной кислоты, изъ которыхъ наиболѣе распространена нерастворимая въ водѣ соль—фтористый кальцій или плавииковый шпатъ (CaF_2). Дѣйствіемъ на него сѣрною кислотой обыкновенно и получается фтористый водородъ $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$. Фтористоводородный газъ и происходящая отъ него, чрезъ раствореніе въ водѣ, фтористо водородная или плавииковая кислота раздѣляютъ большинство веществъ, въ томъ числѣ металлы и стекло. Только въ сосудахъ изъ гуттаперчи, свинца и платины можно сохранять эту кислоту, такъ какъ на эти вещества она не дѣйствуетъ. Если стеклянную пластинку покрыть тонкимъ слоемъ воска или парафина, начертить затѣмъ на ней рисунокъ или надпись и помѣстить ее надъ парами фтористоводороднаго газа, то онъ будетъ раздѣдать обнаженные отъ воска и парафина (вычерченныя) части пластинки, а покрытыя останутся нетронутыми, такъ какъ на воскъ и парафинъ фтористый водородъ также не дѣйствуетъ. Для этого въ фарфоровую или, лучше, въ свинцовую чашку всыпается небольшое количество порошкообразнаго фтористаго кальція и наливается крѣпкая сѣрная кислота. Затѣмъ чашка покрывается указанной пластинкой и слегка подогревается. Снявъ чрезъ нѣкоторое время пластинку и обнаживъ ее отъ воска или парафина, найдемъ рисунокъ и надпись вытравленными на стеклѣ. На этомъ свойствѣ фтористаго водорода основано примѣненіе его при гравированнн; съ помощью плавииковой кислоты наносятся дѣленія на термометры, барометры и другіе инструменты. При описанномъ опытѣ нужно быть весьма осторожнымъ, такъ какъ

фтористый водородъ своею удушливостью и ядовитостью въ значительной мѣрѣ превосходитъ даже хлоръ. Кислородныхъ соединений фторъ не образуетъ.

Если сравнить между собою соединенія галоидовъ съ другими тѣлами, то, при указанномъ въ началѣ сходствѣ типа этихъ соединений, найдемъ слѣдующее различіе въ ихъ прочности. Оказывается, что прочность соединений съ водородомъ и металлами наибольшая для фтора, затѣмъ для хлора, далѣе для брома и, наконецъ, для іода, гдѣ прочность остается уже малой. Прочность же соединений кислородныхъ располагается въ обратномъ порядкѣ, т. е., начиная съ соединений іода и переходя къ соединеніямъ брома и хлора; фторъ же—единственное изъ всѣхъ простыхъ тѣлъ, которое съ кислородомъ совсѣмъ не соединяется. Въ виду неодинаковаго сродства галоидовъ къ металламъ, можно тѣ изъ нихъ, сродство которыхъ къ послѣднимъ менѣе, вытѣснять изъ соединений галоидомъ, способнымъ вступить съ металломъ въ болѣе прочную связь. Такъ, бромъ и іодъ изъ бромистыхъ и іодистыхъ металловъ, могутъ быть вытѣснены посредствомъ хлора, а іодъ, сверхъ того,—посредствомъ брома. Это можно видѣть въ пробиркѣ, помѣстивъ туда бромистый или іодистый металлъ (обыкновенно KBr , KJ или $NaBr$, NaJ), въ твердомъ состояніи или растворѣ, и приливъ затѣмъ хлорной воды. Выдѣлившіеся бромъ и іодъ дадутъ о себѣ знать соотвѣтствующимъ окрашиваніемъ. Эта реакція примѣняется, между прочимъ, при добываніи іода.

У г л е р о д ъ.

Химическое обозначеніе углерода— C , атомный вѣсъ—12. Углеродъ встрѣчается въ природѣ въ свободномъ состояніи въ трехъ видахъ: угля, графита и алмаза. Кромѣ того, въ природѣ имѣется множество соединений, куда входитъ углеродъ. Такъ, въ соединеніи съ кислородомъ онъ образуетъ углекислый газъ (CO_2), находящійся въ воздухѣ. Съ водородомъ углеродъ даетъ цѣльный рядъ соединений, изъ смѣси которыхъ состоитъ, между прочимъ, нефть. Всѣ животныя и растительныя вещества непременно содержатъ въ своемъ составѣ углеродъ, что доказывается обугливаніемъ ихъ при высокой температурѣ и образованіемъ углекислаго газа при горѣніи. Кромѣ того, углеродъ входитъ въ составъ

многихъ минераловъ, напримѣръ, въ составъ углекислаго кальція, различныя видоизмѣненія котораго извѣстны подъ именемъ мѣла, мрамора и известняка; вообще,—въ составъ довольно многочисленныхъ углекислыхъ солей, представляющихъ соединеніе основныхъ окисловъ съ углекислымъ газомъ.

Уголь—аморфное (некристаллическое) видоизмѣненіе углерода. Различаются нѣсколько видовъ углей: уголь древесный, костяной, каменный и, наконецъ, сажа, т. е. уголь въ видѣ порошка. Изъ ежедневнаго опыта извѣстно, что уголь обладаетъ скважностью, весьма плохую теплопроводностью, значительною способностью поглощать свѣтовые лучи, что онъ ни при какой температурѣ не плавится, ни въ одной изъ извѣстныхъ жидкостей не растворяется и при обыкновенной температурѣ ни съ чѣмъ не соединяется.

Древесный уголь, остающійся въ печи послѣ горѣнія дерева, не вполне чистый, такъ какъ въ немъ, кромѣ углерода, имѣется зола, т. е. негоряемая минеральная вещества, находящаяся въ растеніи, и, сверхъ того, нѣкоторые другіе элементы, входящіе въ составъ органическихъ веществъ. Для полного удаленія послѣднихъ и полученія болѣе чистаго древеснаго угля прибѣгаютъ къ такъ называемой сухой перегонкѣ дерева. Этотъ опытъ производится слѣдующимъ образомъ (Рис. 19). Обыкновенная или лучше тугоплавкая пробирка наполняется до $\frac{2}{3}$ ея маленькими сухими кусочками соснового, елового, березоваго или дубоваго дерева, закрывается пробкой, чрезъ которую проходитъ коротенькая стеклянная трубочка, укрѣпляется въ штативѣ, нѣсколько внизъ пробкою, соединяется каучуковой трубкой съ маленькой баночкой, черезъ пробку которой проведены двѣ трубки: одна назначена для соединенія съ пробиркой, а другая, оканчивающаяся свободно наружи,—для выведенія газообразныхъ продуктовъ. Затѣмъ пробирка съ деревомъ нагревается. По мѣрѣ нагреванія, дерево будетъ обугливаться, и въ банку будутъ перегоняться жидкіе и газообразные продукты. Жид-

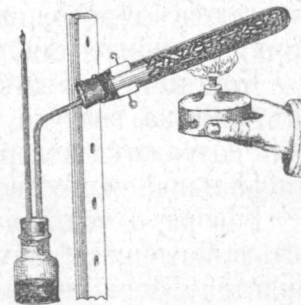


Рис. 19. Сухая перегонка дерева.

кіе — вода, деготь и небольшое количество древеснаго спирта и уксуса; они останутся въ банкѣ. Изъ газообразныхъ продуктовъ—болѣе всего свѣтильный газъ; онъ будетъ выходить изъ баночки второю, обращенною вверхъ, трубкой, при чемъ его можно зажечь. Большая часть бывшаго въ деревѣ углерода, за отсутствіемъ доступа воздуха въ пробирку, не можетъ сгорѣть и останется въ видѣ древеснаго угля. Пробирка должна быть слегка наклонена пробкою внизъ для того, чтобы капли жидкихъ продуктовъ не скатились къ нагрѣваемому концу ея и она не лопнула. Для упрощенія, можно обойтись безъ баночки, вставивъ въ пробирку одну газоотводную трубку, загнутую отверстіемъ вверхъ. Путемъ сухой перегонки дерева обыкновенно получаютъ деготь; самый простой способъ для этого, когда обжигаютъ дерево, сложенное въ кучкахъ, обложенныхъ сверху дерномъ, для затрудненія притока воздуха.

Костяной или животный уголь получается при обжиганіи безъ доступа воздуха костей. вмѣстѣ съ углеродомъ этотъ уголь содержитъ негорючія составныя части костей, именно, минеральное вещество—фосфорнокислый кальцій.

Говоря о водѣ, мы видѣли, что уголь обладаетъ способностью поглощать пахучія и красящія вещества, почему применяется для очищенія ея. Подобнымъ же образомъ онъ очищаетъ и другія жидкости. Въ большей мѣрѣ эта способность свойственна костяному углю. Въ большихъ размѣрахъ этимъ углемъ, какъ очистителемъ, пользуются на сахарныхъ заводахъ. Сокъ, получаемый непосредственно изъ свекловицы или сахарнаго тростника, окрашенъ различными посторонними веществами и, при выпариваніи, не могъ бы дать бѣлаго сахара. Но, послѣ прохожденія чрезъ фильтры изъ костяного угля, сокъ вполне обезцвѣчивается и, послѣ варки, сопровождающейся испареніемъ воды, даетъ вполне безцвѣтный сахаръ.

Чтобы наглядно показать способность угля поглощать пахучія и красящія вещества, слѣдуетъ, всыпавъ его въ стеклянную воронку надъ ватой или внутрь бумажнаго фильтра, профильтровать чрезъ него соотвѣтствующимъ образомъ загрязненную воду. Для полученія пахучей воды можно прибавить къ обыкновенной водѣ нѣсколько капель нашатырнаго спирта или немного навозной жижи или же растворить въ ней сѣрнистый газъ. Для подкрашиванія воды годятся лакмусъ или нѣкоторые сорта «канцелярскихъ» чернилъ. Если былъ

взять животный уголь, то обыкновенно, послѣ однократнаго процѣживанія, вода теряетъ запахъ и окраску. Когда этого не случилось сразу, слѣдуетъ еще разъ или два пропустить воду чрезъ тотъ же фильтръ. Чрезъ древесный уголь можетъ потребоваться пропускать ее и большее количество разъ. По окончаніи опыта, костяной уголь, чтобы онъ не пропадалъ, слѣдуетъ высушить, разсыпавъ его на бумагѣ, затѣмъ накаливъ въ прикрытой жестию фарфоровой чашкѣ и сохранить до слѣдующаго раза.

Каменный уголь и *торфъ* произошли изъ растеній, вслѣдствіе разложенія ихъ безъ доступа воздуха; каменный уголь—изъ растеній древесныхъ, а торфъ—травянистыхъ. Разложеніе происходило подъ покровомъ воды и, отчасти, осадившихся изъ нея наносныхъ слоевъ, въ родѣ глины, песка и т. п. Какъ при сухой перегонкѣ дерева изъ него удаляются всѣ составныя части, кромѣ углерода, дающаго въ концѣ концовъ уголь, такъ то же самое происходило и происходитъ съ разлагающимися на днѣ водъ растеніями. Разница только въ томъ, что въ первомъ случаѣ, подъ вліяніемъ сильнаго нагрѣванія, разложеніе происходитъ весьма быстро, а во второмъ—весьма медленно.

Какія же это растенія оказались на днѣ водныхъ бассейновъ и какъ они попали туда въ столь большомъ количествѣ?

Объяснимъ это сначала для торфа. Онъ образовался и въ настоящее время образуется изъ болотистыхъ растеній, главнымъ образомъ, изъ такъ называемыхъ торфяниковыхъ мховъ. Главною особенностью этихъ растеній является то, что они, распространяясь по почвѣ въ видѣ войлока, сильно впитываютъ въ себя влагу и удерживаютъ ее, не давая ей испаряться въ воздухъ. Пройдетъ ли дождь,—дождевая вода остается въ покрытой мхомъ почвѣ; увлажненъ ли воздухъ парами,—они также впитываются и задерживаются мхомъ. Если почва, на которой растетъ мохъ, непроницаема для воды, на примѣръ, глинистая, то, въ концѣ концовъ, подъ мховымъ покровомъ образуется цѣльное болото или озеро. Оно невидимо для глаза, но о существованіи его легко догадаться по тому, что, когда идешь по такимъ мѣстамъ, то чувствуешь, какъ наружный зеленый покровъ колеблется подъ ногами. Онъ колеблется по тому, что не имѣетъ подъ собою твердой опоры, такъ какъ находится надъ водою. Если проткнуть этотъ мховый коверъ палкой, то изъ него

брызнетъ кверху вода. На дно ея безпрестанно осаждаются отгнивающіе корешки, стебельки и т. д. старыхъ экземпляровъ мха и сопутствующихъ ему растеній (верескъ, осока и проч.). Умершія и отгнившія растенія ежегодно замѣняются новыми; благодаря этому, промежуточное пространство между гниющею торфяною массою на днѣ и живымъ ковромъ на поверхности, съ теченіемъ времени, все наполняется растительными трупами, разлагающимися здѣсь безъ доступа воздуха. Тогда болото высыхаетъ и превращается въ торфяникъ, въ которомъ торфъ лежитъ пластомъ, толщиною не рѣдко болѣе 5 саженой. Покрываются мхомъ и превращаются въ торфяники могутъ также и открытые водные бассейны. Мохъ сначала появляется у береговъ ихъ и затѣмъ, мало-по-малу, одѣваетъ своимъ плавающимъ покровомъ всю поверхность воды. Въ слѣдующемъ году этотъ покровъ опускается на дно, замѣняясь новымъ, и т. д., пока растительные остатки не заполнятъ весь бассейнъ. Въ болѣе рѣдкихъ случаяхъ торфяники могутъ образоваться и на такихъ мѣстахъ, гдѣ почва не допускаетъ большого скопленія воды, но гдѣ за то имѣется густая растительность, препятствующая испаренію атмосферной влаги, которая собирается въ ней. Мхи и здѣсь играютъ первую роль. Смотря по давности образованія и продолжительности разложенія, торфъ бываетъ цвѣта чернаго—болѣе давній или бураго—болѣе свѣжій. Въ послѣднемъ довольно явственно видны части растеній, что прямо указываетъ на растительное происхожденіе торфа. Торфъ легко горитъ, съ непріятнымъ запахомъ, оставляя много золы. Имъ пользуются для топки печей. Съ этою цѣлью его вынимаютъ изъ болотъ или торфяниковъ, просушиваютъ, спрессовываютъ и раздѣляютъ на куски, подобные кирпичамъ, которые употребляются уже, какъ дрова.

Подобно торфу, образовался и каменный уголь. Въ отдаленномъ прошломъ земли, ее въ изобиліи покрывали лѣса изъ исчезнувшихъ теперь громадныхъ древесныхъ растеній (древесныхъ папоротниковъ, сигиллярій, каламитовъ и т. п.). Оказавшись подъ водою и поверхностными слоями почвы и начавъ разлагаться безъ доступа воздуха, они постепенно, въ теченіе длинныхъ періодовъ времени, обугливались. Случиться это могло, между прочимъ, благодаря тѣмъ же мхамъ и торфяникамъ. И въ настоящее время наблюдается такое явленіе. На лѣсныхъ полянахъ, образовавшихся бла-

годаря порубкѣ лѣса, или на мѣстахъ, гдѣ лѣсъ поломанъ бурей и не убранъ, такъ какъ эти мѣста мало освѣщаются солнцемъ и потому сыры, появляется мохъ и отсюда распространяется вглубь лѣса. Подъ мхомъ собирается вода, и деревья, оказавшіяся на зыбкой торфяниковои почвѣ, чахнуть, засыхаютъ, наконецъ падаютъ на поверхностный мховый покровъ и проваливаются сквозь него. Въ концѣ концовъ, лѣсъ исчезаетъ. На его мѣстѣ остается непроходимый торфяникъ, скрывающій въ своихъ нѣдрахъ множество древесныхъ растеній, которыя и начинаютъ здѣсь разлагаться. Представимъ себѣ, что подобныя явленія происходили въ прежнія отдаленныя эпохи жизни земли. Въ наслѣдіе нашему времени отъ исчезнувшихъ тогда лѣсныхъ зарослей и должны были получиться обуглившіеся остатки деревьевъ, т. е. каменный уголь.

Указываются еще другіе способы происхожденія каменнаго угля. На днѣ морей и океановъ во многихъ мѣстахъ имѣются громадные заросли водорослей. Многія рѣки, напримѣръ, наши сибирскія, американскія (Амазонка и друг.), сплавляютъ въ море массу растительныхъ остатковъ, въ томъ числѣ и деревьевъ. Считается вѣроятнымъ, что подобныя водоросли и принесенные въ море, въ отдаленныя прошлыя времена, растительные остатки были покрыты осаждающимися изъ морской воды известняками, пескомъ, иломъ и т. п. и, разлагаясь здѣсь безъ доступа воздуха, постепенно превратились въ каменные угли. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, гдѣ такимъ способомъ образовались залежи каменнаго угля, дно морское дѣйствіемъ подземныхъ силъ (съ чѣмъ познакомимся въ главѣ о жизни земли) поднялось и обнажилось отъ воды. Благодаря этому, каменный уголь оказался подъ поверхностными слоями суши, гдѣ и находить его человѣкъ. Возможно, что и эти два способа происхожденія каменнаго угля имѣли мѣсто въ природѣ на ряду съ первымъ. Каменный уголь отличается отъ древеснаго гораздо болѣею плотностью, что объясняется его долгимъ лежаніемъ подъ наружными слоями земли, производящими большое давленіе.

Смотря по древности каменныхъ углей, они представляютъ болѣе, или менѣе полный продуктъ разложенія древесныхъ растеній. Въ этомъ отношеніи различаются три главныхъ вида ихъ: бурый уголь или лигнитъ, обыкновенный каменный уголь и антрацитъ. Изъ нихъ бурый уголь—самый молодой. Въ немъ имѣется около 70% углерода, а

остальные 30% приходятся на долю других составных частей дерева, не успевших еще вполне улетучиться. Значительное количество этих добавочных составных частей и является причиною того, что бурый уголь имѣетъ цвѣтъ, соотвѣтствующій его названію, а не черный. Въ пластахъ его нерѣдко попадаются стволы деревьевъ, отпечатки листьевъ, плодовъ и другихъ частей растенія, а его внутреннее строеніе сохранило слѣды строенія древесины. За бурымъ углемъ, по древности, слѣдуетъ обыкновенный каменный уголь. Въ немъ имѣется уже до 85% углерода, и цвѣтъ его, поэтому, черный. Строенія растительныхъ тканей въ немъ не сохранилось, но о его растительномъ происхожденіи можно заключить уже по тому, что въ массѣ затвердѣвшей глины и песчаниковъ, прилегающихъ къ слоямъ каменнаго угля, постоянно попадаются отпечатки листьевъ, стеблей и корней папортника и другихъ древнихъ растений. Самый древній изъ всѣхъ видовъ каменнаго угля—антрацитъ. Здѣсь разложеніе уже почти полное: углерода имѣется 94%—98%. Въ отношеніи горѣнія указанные виды угля различаются слѣдующимъ образомъ. Легче всего и съ большимъ выдѣленіемъ копоти горитъ бурый уголь или лигнитъ, затѣмъ обыкновенный каменный и, наконецъ, антрацитъ. Наоборотъ, жару болѣе всего даетъ антрацитъ, затѣмъ обыкновенный каменный уголь и менѣе всѣхъ—лигнитъ; послѣдній издаетъ при горѣніи непріятный запахъ. Разумѣется, между этими основными видами каменнаго угля имѣется множество переходныхъ ступеней.

Если каменный уголь, не представляющій еще чистаго или почти чистаго углерода, подвергнуть нагрѣванію безъ доступа воздуха, то процессъ разложенія его завершится. Какъ и при сухой перегонкѣ дерева, въ этомъ случаѣ получатся: густая, подобная дегтю, жидкость и горючій газъ, называемый свѣтильнымъ. Это—тотъ самый газъ, который указаннымъ пріемомъ получается изъ каменныхъ углей въ большомъ количествѣ и идетъ на освѣщеніе улицъ и домовъ. Подвергнувшійся сухой перегонкѣ уголь представляетъ губчатую спекшуюся массу и называется коксомъ.

Каменный уголь во многихъ мѣстахъ образуетъ громадные залежи. Богатѣйшія изъ нихъ находятся въ Сѣверной Америкѣ, каменноугольные поля которой, по занимаемой ими площади, превосходятъ всю Германію. Почти также

обширны залежи его въ Китаѣ. Въ Европѣ наиболѣе обширные залежи каменнаго угля находятся въ Англіи, гдѣ они занимаютъ площадь около $\frac{1}{8}$ части всей Великобританіи. У насъ въ Россіи огромныя каменноугольныя богатства имѣются въ Донецкомъ, Подмосковномъ, Кіево-Елисаветградскомъ бассейнахъ, въ Царствѣ Польскомъ, Сибири, на Уралѣ, Кавказѣ и другихъ мѣстахъ.

Каменный уголь имѣетъ громадное значеніе въ жизни человѣка. Онъ не только горитъ въ нашихъ печахъ, но приводитъ въ движеніе безчисленныя паровыя машины фабрикъ и заводовъ. Благодаря ему, извлекаются изъ рудъ металлы, наприм., какъ увидимъ, желѣзо. Онъ даетъ свѣтильный газъ. Наконецъ, при его, главнымъ образомъ, посредствомъ получается электрическая энергія, съ каждымъ годомъ приобретающая все большее и большее значеніе въ нашей жизни; электрическія динамомашинны приводятся въ движеніе паромъ, этотъ же послѣдній получается благодаря каменному углю, какъ топливу.

Графитъ и алмазъ представляютъ кристаллическое видоизмѣненіе углерода. Графитъ—непрозрачное тѣло, темносѣраго цвѣта, съ металлическимъ блескомъ. Онъ очень мягокъ, оставляетъ на бумагѣ черту, вслѣдствіе чего употребляется для приготовленія карандашей. Графитъ встрѣчается въ природѣ во многихъ мѣстахъ. Въ Россіи знаменитъ такъ называемый Алиберовскій графитъ, находящійся въ Алтайскихъ горахъ, около Китайской границы.

Алмазъ, иначе называемый брилліантомъ,—самый драгоценный камень, встрѣчающійся въ природѣ рѣдко и въ малыхъ количествахъ. Мѣста, гдѣ находятъ и добываютъ алмазъ, называются розсыпами. Наиболѣе извѣстныя изъ нихъ находятся въ Бразиліи, Индіи, Южной Африкѣ, Мексикѣ и друг. Алмазъ болѣею частью безцвѣтенъ, прозраченъ, обладаетъ сильнымъ характернымъ блескомъ, наиболѣею изъ всѣхъ тѣлъ твердостью и лучепреломляемостью. Благодаря высокой лучепреломляемости, кристаллы алмаза и обладаютъ тою игрою лучей, за которую такъ высоко цѣнятся.

Какъ убѣдиться, что уголь, графитъ и алмазъ, повидимому, ничего общаго неимѣющие, представляютъ видоизмѣненіе одного и того же элемента—углерода? Это доказывается самымъ убѣдительнымъ образомъ тѣмъ, что всѣ эти три тѣла, при сжиганіи, цѣликомъ переходятъ въ углекислый

газъ, представляющій соединеніе углерода съ кислородомъ. Если сжечь равныя вѣсовыя количества угля, графита и алмаза, то и углекислаго газа во всѣхъ трехъ случаяхъ получится поровну. Сжигаются они не одинаково легко: графитъ даже въ кислородѣ горитъ весьма затруднительно; алмазъ горитъ только въ кислородѣ и при очень сильномъ накаливаніи. Это не одинаковое отношеніе къ кислороду показываетъ, что не только физическія, но и химическія свойства угля, графита и алмаза различны.

Эти три тѣла могутъ переходить другъ въ друга, чѣмъ также доказывается тождественность лежащаго въ основѣ ихъ элемента. Алмазъ и уголь, послѣ продолжительнаго нагрѣванія безъ доступа воздуха при очень высокой температурѣ, обращаются въ графитъ. Въ природѣ есть мѣста, гдѣ антрацитъ постепенно переходитъ въ графитъ, по мѣрѣ углубленія слоевъ. Это показываетъ не только тождественность состава графита съ углемъ, но и то, что первый произошелъ изъ второго, вслѣдствіе продолжающагося разложенія безъ доступа воздуха и уплотненія подъ вышележащими слоями. Если уголь или графитъ растворить въ расплавленномъ желѣзѣ при температурѣ выше 2000° и медленно охладить, то большая часть углерода выдѣлится въ видѣ графита; если же охлажденіе произвести сначала быстро, такъ чтобы на поверхности образовалась плотная корка, а затѣмъ медленно, то внутри, подъ коркой, углеродъ выдѣлится въ формѣ алмаза. Есть еще и другіе способы искусственнаго полученія алмаза, но во всѣхъ случаяхъ кристаллы его весьма мелки и потому не имѣютъ большой цѣны.

Причина того, почему одинъ и тотъ же элементъ—углеродъ—является въ столь различныхъ по свойствамъ видоизмѣненіяхъ, намъ уже извѣстна. Она заключается въ аллотропіи, т. е. въ томъ, что частицы угля, графита и алмаза, при тождествѣ образующихъ ихъ атомовъ, не одинаковы, содержатъ не одинаковое количество атомовъ, которые не одинаково прочно соединены между собою.

Пользуясь такимъ нагляднымъ примѣромъ, какой представляютъ углеродъ и его аллотропическія видоизмѣненія, объяснимъ разницу между терминами: элементъ и простое тѣло. Углеродъ—элементъ; уголь, графитъ, алмазъ—простыя тѣла, состоящія изъ одного и того же элемента—углерода. Значитъ, въ понятіи элементъ не мыслится форма, въ ко-

торой онъ является, тогда какъ въ понятіи простое тѣло имѣется въ виду этотъ признакъ.

Углеродъ образуетъ съ кислородомъ два химическихъ соединенія: CO_2 —углекислый газъ, называемый также углекислотою, двуокисью углерода или угольнымъ ангидридомъ, и CO —окись углерода или угарный газъ.

Мы уже знаемъ, что углекислый газъ получается при горѣніи угля, графита, алмаза и всѣхъ органическихъ веществъ, такъ какъ въ составъ ихъ входитъ углеродъ, и при дыханіи. Въ описанныхъ въ главѣ о воздухѣ опытахъ мы видѣли также, что углекислый газъ, подобно азоту, не горитъ и не поддерживаетъ горѣнія и какъ составная часть воздуха, не имѣетъ ни цвѣта, ни запаха, ни вкуса.

Представляя собою какъ соединеніе металлоида съ кислородомъ, кислотный окисель, углекислый газъ, если бы онъ соединился съ водою, далъ бы кислоту, именно, угольную кислоту или углекислоту (названіе, неправильно прилагаемое къ углекислому газу). Но CO_2 на самомъ дѣлѣ съ водою не соединяется химически, а только растворяется въ ней. При обыкновенной температурѣ и давленіи, въ одномъ объемѣ воды растворяется около одного объема этого газа, а при усиленномъ давленіи—болѣе. Такъ называемая содовая вода представляетъ воду, насыщенную углекислотою подъ давленіемъ. При откупориваніи бутылей, вода начинаетъ выдѣлять углекислый газъ вслѣдствіе того, что, при этомъ, имѣющееся въ бутылѣ повышенное давленіе со стороны CO_2 замѣняется обыкновеннымъ атмосфернымъ давленіемъ со стороны воздуха, въ которомъ углекислаго газа содержится весьма мало. Въ природѣ имѣются источники, вытекающіе съ большой глубины, насыщенные большимъ количествомъ углекислоты подъ большимъ давленіемъ; таковъ, напримѣръ, Нарзанъ—кисловодскій источникъ (на Кавказѣ).

Такъ какъ углекислый газъ не соединяется съ водою, то и угольной кислоты въ дѣйствительности въ свободномъ состояніи не существуетъ. Однако, имѣется множество солей ея. Примѣръ существованія солей, безъ соотвѣтствующей кислоты, мы уже видѣли въ соляхъ сѣрнистой кислоты, которая въ свободномъ состояніи не бываетъ. Изъ солей угольной кислоты, называемыхъ углекислыми, наиболѣе извѣстны: CaCO_3 —углекальціевая соль, различныя видоизмѣненія которой извѣстны подъ именемъ мѣла, мрам-

мора и грубого известняка, Na_2CO_3 —сода и K_2CO_3 —поташь; съ этими минеральными веществами мы познакомимся впоследствии, когда будетъ рѣчь о входящихъ въ ихъ составъ металлахъ.

Мы уже знаемъ, что, если на соль какой-либо кислоты подѣйствовать другою кислотою, то при этомъ произойдетъ реакція перемѣщенія, и въ результатъ ея получится, между прочимъ, кислота, соль которой мы взяли. Согласно этому порядку, изъ углекислыхъ солей, при дѣйствіи на нихъ свободныхъ кислотъ, должна выдѣляться угольная кислота. Она дѣйствительно выдѣляется, но только, вслѣдствіе своей непрочности, тотчасъ же распадается на составляющіе ее углекислый газъ и воду. Эта реакція, обыкновенно, и примѣняется для получения углекислаго

газа. Берется мѣль или мраморъ и соляная кислота, причемъ происходитъ слѣдующее: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

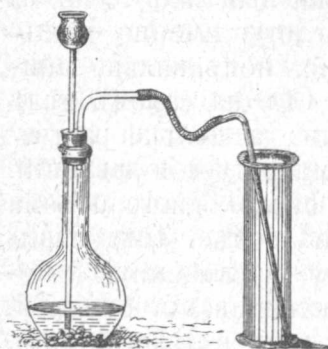


Рис. 20. Добываніе углекислаго газа.

Приборъ для этого опыта (рис. 20) составляется почти такъ же, какъ для добыванія водорода (сравни рис. 8). Разница въ томъ, что углекислый газъ собирается не надъ водою, а въ пустые открытые сосуды, такъ какъ онъ почти въ $1\frac{1}{2}$ раза тяжелѣе воздуха и потому опускается на дно сосуда, вытѣсняя оттуда воздухъ; въсь частицы его—44 (C—12 и O_2 —32). На

дно колбы осторожно кладется нѣсколько кусочковъ мѣла, мрамора или известняка, затѣмъ наливается вода нѣсколько выше уровня кусочковъ, и приливается соляная кислота въ такомъ количествѣ, чтобы получилось значительное выдѣленіе пузырьковъ газа. Онъ собирается по газоотводной трубкѣ въ стоящій цилиндръ или другой какой высокій сосудъ. Можно слѣдить за наполненіемъ сосуда углекислымъ газомъ, если отъ времени до времени вносить въ него зажженную лучинку или свѣчку, которыя будутъ гаснуть, по мѣрѣ наполненія сосуда, все ближе и ближе къ его отверстію. Такъ какъ углекислый газъ тяжелый, то его можно перелить изъ одного сосуда въ другой, что подтвердить зажженная и опущенная внутрь того и другого сосуда лучинка.

Хотя углекислота содержитъ въ себѣ кислородъ, но она не поддерживаетъ горѣнія по той причинѣ, что здѣсь O прочно связанъ съ углеродомъ, не отдается имъ зажженному тѣлу. Однако, если мы представимъ себѣ такое тѣло, сродство котораго къ кислороду значительно болѣе, чѣмъ у углерода, то оно будетъ отнимать O отъ послѣдняго, т. е. будетъ горѣть въ углекисломъ газѣ. Таковымъ, именно, является металлъ магній. Лента магнія, зажженная на воздухѣ и опущенная въ сосудъ съ углекислымъ газомъ, продолжаетъ, съ трескомъ, горѣть тамъ на счетъ извлекаемаго изъ углекислаго газа кислорода, при чемъ освобождающійся углеродъ выдѣляется въ видѣ маленькихъ, но замѣтныхъ частичекъ угля. Этотъ опытъ можетъ служить новымъ доказательствомъ того, что углекислый газъ есть соединеніе углерода съ кислородомъ.

Вслѣдствіе того, что углекислый газъ, безпрестанно выдѣляемый въ воздухъ дышащими животными и разлагающимися организмами, потребляется растеніями, извлекающими изъ него углеродъ и выдѣляющими кислородъ, происходитъ настоящій круговоротъ углерода въ природѣ. Попадъ изъ углекислаго газа въ составъ растительнаго тѣла, углеродъ отсюда, если растеніе умретъ и будетъ разлагаться, снова выдѣляется въ атмосферу, въ видѣ углекислоты, откуда опять извлекается растеніями и т. д. Если растеніе идетъ на питаніе животнаго, то передаетъ ему и углеродъ свой. Но животные организмы—или чрезъ дыханіе, при жизни, или чрезъ гніеніе, по смерти—точно также выдѣляютъ углеродъ, въ видѣ углекислоты, откуда онъ снова извлекается растеніями. Если растенія разлагались безъ доступа воздуха и образовали залежи торфа или каменнаго угля, то эти послѣдніе, сдѣлавшись достояніемъ человѣка, сжигаются, т. е. точно также превращаются въ углекислый газъ и, слѣдовательно, опять идутъ на образованіе новыхъ растеній и т. д.

Второе соединеніе углерода съ кислородомъ CO—окись углерода или *угарный газъ*. Онъ получается, между прочимъ, тогда, когда имѣется недостаточный доступъ воздуха къ горящимъ въ печи углямъ, т. е. когда не хватаетъ кислорода для образованія CO_2 . Жаровня съ дымящими углями даетъ обильное количество этого газа, чѣмъ часто пользуются для самоубійства. Если чрезъ накаленные угли пропустить углекислый газъ, то они отнимутъ отъ него поло-

вину кислорода и получится также угарный газъ, т. е. произойдетъ такая реакція: $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$. Представляя продуктъ неполнаго окисленія углерода, угарный газъ съ большою энергіей присоединяетъ къ себѣ еще кислородъ, причемъ горитъ блѣдноглубымъ пламенемъ. Такое пламя наблюдается въ печи надъ раскаленными углями и оно есть именно пламя горящей окиси углерода. Въ результатъ этого горѣнія получается углекислый газъ: $\text{CO} + \text{O} = \text{CO}_2$. Окись углерода газъ безцвѣтный, безъ запаха и вкуса, нерастворимый въ водѣ. При вдыханіи онъ дѣйствуетъ весьма ядовито, вызывая «угаръ», откуда и происходитъ второе названіе этого газа. При значительномъ вдыханіи CO , можно угорѣть до смерти, почему слѣдуетъ остерегаться, чтобы этотъ газъ не попадалъ въ жилы помѣщенія; между прочимъ, не слѣдуетъ закрывать вьюшекъ, прежде чѣмъ не прогорятъ хорошо угли. Ядовитость окиси углерода основана на ея большомъ сродствѣ къ крови, именно, къ красящему веществу красныхъ кровяныхъ тѣлецъ (гемоглобину). Приходя въ легкія, эти тѣльца должны соединяться съ кислородомъ и отсюда разносить его по всему тѣлу. Но, соединившись съ CO , они уже не въ состояніи взять O , такъ какъ ихъ сродство къ послѣднему болѣе слабое. Въ случаѣ отравленія окисью углерода, угорѣвшему слѣдуетъ выйти (или вынести его) на свѣжій открытый воздухъ и дышать полною грудью, чтобы кислородъ, входя въ легкія въ возможно большемъ количествѣ, началъ вытѣснять угарный газъ своею массою (законъ Бертолле).

Органическія вещества.

Углеродъ входитъ во всѣ вещества, находящіеся въ тѣлѣ растительныхъ и животныхъ организмовъ и потому называемыя органическими. Здѣсь онъ соединенъ химически или съ однимъ водородомъ (углеводороды) или одновременно съ водородомъ и кислородомъ (спирты, органическія кислоты, жиры, масла, крахмалъ, сахаръ, клѣтчатка и проч.) или же, наконецъ, одновременно съ водородомъ, кислородомъ, азотомъ, сѣрою и друг. (бѣлковыя вещества).

Въ прежнее время думали, что вещества, вырабатываемыя въ растеніяхъ и животныхъ, обязаны дѣйствію особыхъ жизненныхъ силъ и не могутъ быть получены искус-

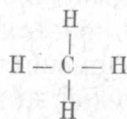
ственнымъ путемъ. Теперь это оказалось невѣрнымъ: большинство такихъ веществъ готовится въ лабораторіяхъ. Ученые безсильны создать живой организмъ, хотя бы самый простѣйшій, но отдѣльныя вещества, входяція въ растенія и животныя и взятые въ мертвомъ видѣ, ими получаютъ. Хотя это, конечно, далеко не одно и то же, что созданіе живого организма, но во всякомъ случаѣ прежнее различіе между веществами органическими и неорганическими теперь уже утратило свой смыслъ. Однако, названіе органическихъ веществъ сохранилось; только оно теперь прилагается ко всѣмъ уже, безъ исключенія, соединеніямъ углерода, независимо отъ того, встрѣчаются ли они въ организмахъ, въ мертвой природѣ или получаютъ искусственно. Въ виду того, что соединеній углерода чрезвычайно много и они обладаютъ большими особенностями, ихъ изученіе представляетъ предметъ самостоятельной и очень обширной науки, которая называется, примѣнительно къ прежней терминологіи, *органическою химіей*. Химія же, занимающаяся изученіемъ другихъ элементовъ и ихъ соединеній, находящихся въ мертвой неорганической природѣ, называется *неорганическою*. Въ первой части этой книги излагаются основы неорганической химіи, и только настоящую главу мы посвятимъ общей характеристикѣ главнѣйшихъ типовъ органическихъ соединеній, въ виду ихъ большой важности. Исходнымъ типомъ для всѣхъ нихъ являются соединенія углерода съ водородомъ или углеводороды, которые, поэтому, и слѣдуетъ поставить во главѣ всѣхъ органическихъ соединеній.

Углеводородовъ имѣется громадное количество. Большинство изъ нихъ, какъ увидимъ, находятся въ природѣ, внѣ организмовъ; нѣкоторые вырабатываются въ живыхъ организмахъ или получаютъ при гніеніи ихъ; равнымъ образомъ, углеводороды получаютъ и искусственнымъ путемъ.

Простѣйшій изъ углеводородовъ— CH_4 ; это—*метанъ* или *болотный газъ*. Послѣднее названіе дано ему потому, что онъ образуется, между прочимъ, на днѣ болотъ, вслѣдствіе разложенія безъ доступа воздуха растительныхъ остатковъ. Если идти по болоту, то можно наблюдать выдѣленіе на поверхность его большого количества пузырьковъ газа. Если ихъ собрать въ сосудъ (наполненный для этого предварительно водою), то потомъ можно видѣть, что

этотъ газъ горитъ. Это и есть метанъ. Въ свѣтильномъ газѣ, образующемся при сухой перегонкѣ дерева и каменныхъ углей и представляющемъ смѣсь различныхъ газообразныхъ продуктовъ, болѣе третьей части (по объему) занимаетъ метанъ (еще есть H , CO_2 и друг.). Весьма понятно, что метанъ встрѣчается также въ каменноугольныхъ копяхъ, почему и называется еще рудничнымъ газомъ. Здѣсь онъ нерѣдко бываетъ причиною несчастій—взрывовъ; взрываетъ смѣсь метана съ воздухомъ, при зажиганіи. Съ цѣлью предупрежденія подобныхъ катастрофъ, для употребленія въ рудникахъ изобрѣтены особыя предохранительныя лампы.

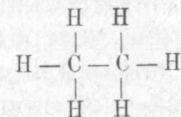
Изъ формулы метана— CH_4 —видно, что углеродъ—четырехъ-атомный элементъ, т. е., прибѣгая къ нашему грубому сравненію, мы можемъ сказать, что онъ обладаетъ четырьмя связями или крючками для соединенія съ другими атомами. Наглядно строеніе частицы метана, поэтому, можно изобразить такимъ образомъ:



Существенною особенностію углерода является то, что онъ способенъ, входя въ соединеніе съ другими элементами, образовывать громаднѣйшія частицы. Именно, атомы углерода могутъ, зацѣпляясь другъ за друга, дать длиннѣйшій рядъ, или замкнутую цѣпь (кольцо), при чемъ оставшіяся свободныя связи идутъ на соединеніе съ атомами другихъ тѣлъ. Благодаря этому, отъ метана, путемъ присоединенія новыхъ атомовъ углерода на мѣсто водорода, т. е. путемъ реакціи замѣщенія, производится длиннѣйшій рядъ углеводородовъ, частью найденныхъ въ природѣ, частью полученныхъ искусственнымъ путемъ. На этой способности углерода, какъ увидимъ, основано громадное разнообразіе органическихъ соединеній и всѣхъ другихъ типовъ.

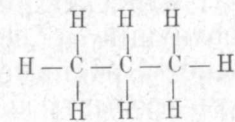
Представимъ себѣ, что у CH_4 одинъ H замѣщенъ посредствомъ C . У первоначальнаго атома углерода осталось три атома водорода, у новаго—ихъ можетъ быть тоже три, такъ какъ у обоихъ C по одной связи пошло на взаимное соединеніе и по три остались свободными, благодаря которымъ могутъ быть присоединены атомы H или другихъ

элементовъ. Такимъ образомъ, отъ метана можетъ быть произведенъ углеводородъ C_2H_6 , называемый *этаномъ* и имѣющій такое строеніе:



Про отношеніе этана къ метану, очевидно, можно еще такъ сказать, что первый произошолъ отъ второго замѣщеніемъ одного атома водорода группою или радикаломъ CH_3 . Подобно метану, этанъ—бесцвѣтный горючій газъ.

Продолжая далѣе дѣлать тоже самое, т. е. замѣщать H посредствомъ CH_3 и вводя, такимъ образомъ, все новые и новые атомы углерода, можно добраться до сложнѣйшихъ частицъ. Слѣдующій за этаномъ углеводородъ, очевидно, имѣетъ формулу C_3H_8 и строеніе его:

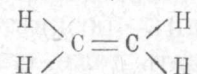


За нимъ слѣдуетъ C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} и т. д. и т. д. По мѣрѣ увеличенія углеводородныхъ частицъ, ихъ подвижность постепенно уменьшается, и мы имѣемъ сначала газообразные продукты, затѣмъ жидкіе (начиная съ частицы, имѣющей C_5) и, наконецъ, твердые (отъ C_{16}).

Въ этомъ рядѣ углеводородовъ у всѣхъ атомовъ углерода на соединеніе другъ съ другомъ идетъ по одной связи, всѣ же остальные связи ихъ идутъ на соединеніе съ атомами H . Поэтому, мы не можемъ что либо ввести въ эти частицы путемъ присоединенія. Это возможно сдѣлать только реакціей замѣщенія, какъ мы замѣщали, напримѣръ, атомы водорода радикаломъ CH_3 , получая все большія и большія частицы углеводородовъ. Присоединить къ атомамъ углерода что либо здѣсь можно развѣ такимъ только путемъ, если мы разорвемъ два сосѣднихъ углерода и такимъ образомъ сдѣлаемъ у нихъ по одной связи свободной. Но въ этомъ случаѣ нарушится уже и цѣльность частицы: вмѣсто одной, получатся двѣ. Произвести же реакцію присоединенія къ этимъ углеводородамъ, безъ разрыва ихъ частицъ на части, не возможно. Для этой реакціи здѣсь предѣлъ,

почему описываемые углеводороды и называются предѣльными.

Кромѣ того, имѣется множество непредѣльных углеводородовъ, т. е. способныхъ къ реакціи присоединенія. Представимъ себѣ, что два атома углерода на взаимное соединеніе другъ съ другомъ направили не по одной, а по двѣ связи. Въ такомъ случаѣ, на присоединеніе водорода у нихъ осталось тоже только по двѣ связи (а не по три, какъ въ предшествующемъ рядѣ) и мы, слѣдовательно, имѣемъ углеводородъ C_2H_4 или, нагляднѣе:



Это—*этиленъ*, безцвѣтный, горючій газъ.

Два атома углерода, наконецъ, могутъ быть соединены тройною связью и имѣть при себѣ только по одному атому водорода: $H-C\equiv C-H$ или C_2H_2 . Это—*ацетиленъ*, безцвѣтный, непріятно пахнущій и весьма ярко горящій газъ. Благодаря послѣднему обстоятельству, онъ примѣняется для освѣщенія въ особыхъ ацетиленовыхъ горѣлкахъ.

Отъ этилена и ацетилена, какъ и отъ метана, производятся длиннѣйшіе ряды углеводородовъ, постепеннымъ замѣщеніемъ атомовъ водорода радикаломъ CH_3 ; при чемъ, въ большихъ частицахъ двойныя связи между углеродами могутъ быть повторяемы нѣсколько разъ.

Всѣ такіе углеводороды, съ двойною или тройною связями между двумя или нѣсколькими атомами углерода, способны не только къ реакціямъ замѣщенія, но и присоединенія. Вторыя и третьи связи между атомами C здѣсь могутъ быть разорваны и направлены на присоединеніе другихъ атомовъ, вводимыхъ въ частицу. Цѣльность частицы углеводорода при этомъ не нарушится, такъ какъ оставшейся одной связи, съ той и другой стороны, между соѣдинными атомами углерода, достаточно для соединенія ихъ.

Въ природѣ встрѣчаются громадныя скопленія углеводородовъ, въ видѣ *нефти*. Особенно въ большомъ количествѣ она добывается: въ Россіи—на Апшеронскомъ полуостровѣ (на Кавказѣ, около Баку), въ Америкѣ—въ Пенсильваніи и Канадѣ, въ Индіи—въ Бирмѣ и въ Галиціи—около Карпатъ. Нефть проникаетъ на поверхность изъ глу-

бокихъ слоевъ земли, откуда иногда бьетъ фонтанами. По своему составу, она представляетъ не одинъ какой либо углеводородъ, а смѣсь многихъ, предѣльныхъ и непредѣльныхъ. Смотря по количественному отношенію разныхъ углеводородовъ, бываютъ различные сорта нефти, отличающіеся другъ отъ друга плотностью, внѣшнимъ видомъ и другими свойствами. Нефть—жидкость, потому что большинство находящихся въ ней углеводородовъ жидкіе, но въ нихъ содержатся въ растворѣ также газообразные и твердые. Нефть подвергаютъ перегонкѣ и такимъ путемъ выдѣляютъ изъ нея различныя составныя части. То, что перегоняется вначалѣ, представляетъ весьма подвижную безцвѣтную жидкость, образующую бензинъ (а также газولينъ, лигроинъ и др.). Тѣ части нефти, которыя кипятъ и перегоняются выше 130° (и содержатъ углеводороды съ C_9 , C_{10} , C_{11} и т. д.), входятъ въ составъ керосина. При $275-300^\circ$ и выше гонится безопасное отъ воспламененія масло. Далѣе слѣдуетъ смазочное машинное масло. Остаточная послѣ того, въ видѣ дегтя, часть, при перегонкѣ около 410° (съ помощью перегрѣтаго водяного пара), даетъ вазелинъ. Всѣ эти части нефти находятъ много практически-цѣнныхъ примѣненій, и сама она, взятая въ цѣльномъ видѣ, а также всякіе отбросы отъ нея, получающіеся при добычѣ изъ нея керосина и проч., въ большихъ размѣрахъ примѣняются для отопленія.

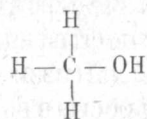
Какимъ образомъ появилась въ землѣ нефть? Этотъ вопросъ не рѣшенъ еще окончательно. Дано нѣсколько предположительныхъ объясненій, изъ которыхъ наиболѣе вѣроятно слѣдующее. Возможно, что на недосигаемыхъ глубинахъ земли имѣются углеродистые, т. е. соединенные съ углеродомъ, металлы, въ особенности—углеродистое желѣзо, подобно тому, какъ оно встрѣчается въ метеорныхъ (падающихъ на землю изъ небеснаго пространства) камняхъ. Въ эти глубины съ поверхности земли проникаетъ по трещинамъ вода. Вступая здѣсь въ реакцію съ углеродистыми металлами, она и даетъ въ результатъ углеводороды, образующіе нефть. Правильность этой реакціи подтверждается прямымъ опытомъ. Напримѣръ, упомянутый выше газъ ацетиленъ получается дѣйствіемъ воды на карбидъ-кальцій, т. е. углеродистый кальцій: $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. Такъ называемый зеркальный—богатый углеродомъ—чугунъ (чугунъ есть соединеніе желѣза съ

углеродомъ), при обработкѣ кислотами, даетъ жидкіе углеводороды, по составу, виду и свойствамъ совершенно одинаковые съ нефтью.

Изъ углеводовъ, вырабатываемыхъ и встрѣчающихся въ живыхъ организмахъ, назовемъ такіа извѣстныя вещества, какъ скипидаръ и камфору.

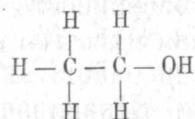
Органическія вещества, состоящія изъ углерода, водорода и кислорода, еще болѣе многочисленны и разнообразны. Они соотвѣтствуютъ нѣсколькимъ основнымъ типамъ, изъ которыхъ познакомимъ съ главнѣйшими.

Мы видѣли, что водороды углеводовъ подлежатъ замѣщенію, т. е. могутъ быть замѣняемы атомами другихъ элементовъ или даже сложными группами. Если Н замѣщается въ углеводородѣ воднымъ остаткомъ или гидроксидомъ, т. е. посредствомъ ОН, то получается вещество, называемое спиртомъ или алкоголемъ. Если такое замѣщеніе произвести въ метанѣ, то вмѣсто CH_4 получимъ CH_4OH или, чтобы нагляднѣе отмѣтить присутствіе здѣсь воднаго остатка, $\text{CH}_3(\text{OH})$; еще нагляднѣе:



Это будетъ *древесный* или *метиловый спиртъ*, заключающійся въ числѣ жидкихъ продуктовъ сухой перегонки дерева, откуда выдѣляется посредствомъ дробной перегонки (т. е. на томъ основаніи, что всякая жидкость имѣетъ свою температуру кипѣнія). Этотъ спиртъ прекрасно горитъ и, такъ какъ цѣна его ниже виннаго спирта, примѣняется въ спиртовыхъ лампочкахъ.

Если Н замѣнить посредствомъ ОН въ углеводородѣ этанѣ, то вмѣсто C_2H_6 получимъ $\text{C}_2\text{H}_5(\text{OH})$ или:

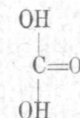


Это—обыкновенный *винный* или *этиловый спиртъ*, находящійся въ водкѣ, виноградныхъ винахъ и пивѣ. Онъ получается такъ называемымъ спиртовымъ броженіемъ, подъ вліяніемъ пивныхъ дрожжей, сахаристыхъ веществъ. На

винокуренныхъ заводахъ его получаютъ изъ продуктовъ, содержащихъ крахмалъ, именно, изъ хлѣбныхъ сѣмянъ или картофеля. Эти вещества подвергаются распариванію и затѣмъ (по охлажденіи до 50°) смѣшиваются или, какъ говорятъ, затираются въ заторномъ чану съ солодомъ. Солодъ представляетъ проросшія сѣмена ржи или ячменя. Подъ вліяніемъ его крахмалъ превращается въ сахаръ. Когда осахариваніе кончится, сладкое сусло сливаютъ въ квасильные чаны и туда (при температурѣ 20°) прибавляютъ пивныхъ дрожжей, вызывающихъ спиртовое броженіе. Изъ полученной послѣ броженія такъ называемой бражки спиртъ отдѣляется при помощи перегонки.

Изъ обыденной жизни хорошо извѣстенъ только одинъ винный спиртъ; на самомъ же дѣлѣ спиртовъ громадное множество,—значительно болѣе, чѣмъ углеводовъ. Отъ каждаго углеводорода можетъ быть произведено по нѣскольку спиртовъ, въ зависимости отъ двухъ обстоятельствъ: 1) отъ количества введенныхъ водныхъ остатковъ и 2) отъ занимаемого ими въ частицѣ спирта положенія. Последнее зависитъ, наприм., отъ того, съ какимъ углеродомъ соединено ОН: съ тѣмъ ли, при которомъ имѣлось три атома водорода, или два атома, или одинъ. Изъ общей характеристики углеводовъ мы видѣли, что въ одной и той же частицѣ углеводорода могутъ быть углероды съ различнымъ числомъ Н и, слѣдовательно, въ одной и той же частицѣ ОН можетъ занимать не одинаковыя мѣста и, въ зависимости отъ этого, давать отличные продукты.

Водородные атомы углеводовъ могутъ быть замѣняемы также посредствомъ группы COOH , представляющей собою остатокъ угольной кислоты. Припомнимъ, что отъ присоединенія къ углекислому газу воды должна бы была получиться угольная кислота— H_2CO_3 , которая въ свободномъ состояніи не существуетъ, но имѣетъ множество солей. Если разобрать строеніе частицы этой кислоты, то оказывается, что она представляетъ CO , соединенное съ двумя водными остатками:



Если отсюда удалить одинъ ОН, то получится COOH — остатокъ угольной кислоты или карбоксиль, обладающій, очевидно, одною свободною связью и сохранившій въ себѣ кислотныя свойства. Подобно ОН, онъ можетъ замѣщать водородные атомы углеводовъ, при чемъ онъ сообщаетъ послѣднимъ кислотныя свойства. Такъ получается новый типъ органическихъ соединений — *органическія кислоты*. Ихъ присутствіемъ обуславливается кислый вкусъ нѣкоторыхъ растений, напримѣръ, щавеля или кислицы, заключающаго въ себѣ такъ называемую щавелевую кислоту. Органическія кислоты вырабатываются и въ животныхъ организмахъ; такъ, ядовитость укуса муравьевъ обуславливается одною изъ такихъ кислотъ, именно, муравьиною, выпускаемою этимъ животнымъ въ ранку.

Относительно количества органическихъ кислотъ слѣдуетъ сказать то же самое, что сказано про количество спиртовъ. Самая общеизвѣстная изъ нихъ *уксусная кислота*, которая, въ разбавленномъ видѣ, подается къ пицѣ подъ именемъ столового уксуса. Она производится отъ метана, замѣною одного Н посредствомъ COOH , т. е. ея формула — CH_3COOH . Эта кислота присутствуетъ также въ растеніяхъ и получается въ большихъ количествахъ при сухой перегонкѣ дерева. На жидкіе продукты перегонки дѣйствуютъ известью, при взаимодействіи съ которою уксусная кислота переходитъ въ уксусноизвестковую соль, кристаллизующуюся при выпариваніи, изъ которой уже извлекается чистая кислота. Такимъ способомъ полученная уксусная кислота не идетъ, однако, въ пищу. Столовый уксусъ содержитъ въ небольшомъ количествѣ различныя ароматическія вещества, сообщающія ему извѣстный запахъ и вкусъ, и готовится изъ спиртовыхъ жидкостей (вино, пиво, разбавленный хлѣбный спиртъ и т. п.), подвергающихся уксуснокислому броженію, т. е. окисляющихся въ уксусъ, подъ вліяніемъ особаго грибка.

Органическія кислоты, подобно минеральнымъ, могутъ вступать въ реакціи съ основаніями и давать соединения, соотвѣтствующія солямъ. При этомъ роль основанія могутъ играть не только основные окислы и щелочи, но также спирты. Продукты взаимодействія органическихъ, а также минеральныхъ кислотъ со спиртами, аналогичные солямъ, образуютъ новый типъ органическихъ соединений, называемыхъ *сложными эфиромъ*. Спирты имѣютъ сходство со ще-

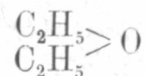
лочами въ ихъ отношеніи къ кислотамъ, и, до нѣкоторой степени, по составу: и тамъ, и здѣсь мы видимъ присутствіе воднаго остатка. Какъ минеральныя кислоты и щелочи, при взаимодействіи, образуютъ соли и при этомъ выделяютъ воду, происходящую на счетъ водныхъ остатковъ кислоты и щелочи, такъ то же мы видимъ въ отношеніи спиртовъ и органическихъ кислотъ; напримѣръ, $\text{HNO}_3 + \text{KOH} = \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ и, подобно этому: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{OH}) = \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COO}\cdot\text{CH}_3$; послѣднее соединеніе — уксуснометиловый эфиръ. Весьма многіе изъ сложныхъ эфировъ представляютъ летучія жидкости, обладающія приятнымъ запахомъ. Такіе эфиромъ весьма распространены въ растительномъ царствѣ. Ароматъ плодовъ и цвѣтовъ часто зависитъ отъ присутствія этого рода соединений. Многіе искусственно приготовляемые сложные эфиромъ идутъ въ духи вмѣсто природныхъ душистыхъ веществъ.

Къ этому же типу соединений относятся такія распространенныя въ растительныхъ и животныхъ организмахъ вещества, какъ *масла* и *жиры*. Если пахучіе эфиромъ — летучія жидкости, то здѣсь мы, наоборотъ, имѣемъ неподвижныя жидкости или же твердыя тѣла. Эта разница зависитъ отъ величины частицъ тѣхъ и другихъ эфировъ. Жиры и масла суть эфиромъ спирта $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$, имѣющаго три водныхъ остатка и извѣстнаго подъ именемъ глицерина, и трехъ кислотъ — пальмитиновой, стеариновой и олеиновой, изъ которыхъ первая имѣетъ формулу $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$, вторая — $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ и третья — $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$. Первая изъ нихъ образуетъ съ глицериномъ сложный эфиромъ, называющійся пальмитиномъ $[\text{C}_3\text{H}_5\cdot(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO})_3]$; вторая — стеаринъ $[\text{C}_3\text{H}_5\cdot(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_3]$ и третья — олеинъ $[\text{C}_3\text{H}_5\cdot(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO})_3]$. Первые два продукта — твердые, а третій — жидкій. Въ жирахъ и маслахъ они обыкновенно перемѣшаны, при чемъ, смотря по преобладанію того или другого изъ нихъ, мы имѣемъ или жидкій эфиромъ, называемый масломъ, или же твердый — жиромъ. Очевидно, въ растительныхъ маслахъ преобладаетъ олеинъ, а въ жирѣ животныхъ — стеаринъ и пальмитинъ. Баранье, бычачье и свиное сало богаты стеариномъ, а человѣческій жиромъ — пальмитиномъ. Изъ сказаннаго ясно, что масла и жиры суть продукты однородные и что масло можно назвать жидкимъ жиромъ. Три означенныя кислоты, входящія въ составъ жировъ, называются жирными.

Намъ извѣстно, что изъ солей можно вытѣснять кис-

лоты дѣйствіемъ другихъ, въ особенности болѣе сильныхъ, кислотъ и щелочи—другими щелочами. Точно также и изъ сложныхъ эировъ, представляющихъ соединенія, аналогичныя солямъ, можно вытѣснять спирты, играющіе здѣсь роль основанія, минеральными щелочами. Тогда получаются соли органической кислоты и минеральнаго основанія. Такія соли отъ кислотъ пальмитиновой, стеариновой и олеиновой образуютъ *мыла*. Обыкновенное мыло, употребляемое для мытья бѣлья, тѣла и проч., представляетъ натровую соль жирныхъ кислотъ. Оно готовится нагреваніемъ сала съ ѣдкимъ натромъ. Образующееся при этомъ мыло всплываетъ на поверхность и при охлажденіи застываетъ, а подъ нимъ остается вытѣсненный ѣдкимъ натромъ изъ жира жидкій глицеринъ (растворенный въ водѣ). Бѣлящая способность мыла основана на томъ, что теплая вода разлагаетъ его на щелочь и кислоту, щелочь же удаляетъ жировыя части, способствующія приставанію грязи.

Въ спиртахъ, органическихъ кислотахъ и сложныхъ эирахъ мы видѣли соединенія, аналогичныя минеральнымъ щелочамъ, кислотамъ и солямъ. Точно также существуютъ органическія соединенія, до нѣкоторой степени аналогичныя безводнымъ основаніямъ. Если къ основному окислу прибавить воду, то получится щелочь и, наоборотъ, если отъ щелочи отнять H_2O , то получится безводное основаніе. Точно также можно отнять воду отъ спирта, и тогда получится безводное органическое соединеніе, называемое *простымъ эиромъ*. Такъ, если отъ виннаго спирта, т. е. $C_2H_5(OH)$, отнять H_2O , то получимъ $(C_2H_5)_2O$ или:



Это—обыкновенный или *спиртный эиръ*. Онъ представляетъ легко подвижную жидкость характернаго запаха, быстро испаряющуюся. Пары этого эира при вдыханіи усыпляютъ (производятъ анестезію), почему онъ употребляется (однаково съ хлороформомъ) при операціяхъ. Имъ также пользуются для умерщвленія насѣкомыхъ, при коллектированіи ихъ, и усыпленія или умерщвленія другихъ животныхъ, подвергающихся вскрытію. Сѣрный эиръ легко воспламеняется. Пары его, въ смѣси съ воздухомъ, образуютъ взрывчатый газъ. Названіе сѣрнаго дано ему по тому, что онъ

получается, между прочимъ, дѣйствіемъ сѣрной кислоты на спиртъ, отнимающей отъ послѣдняго воду.

Весьма распространены въ растительныхъ организмахъ, и отчасти въ животныхъ, вещества, извѣстныя подъ общимъ названіемъ *углеводовъ*. Сюда относятся виноградный сахаръ или глюкоза, тростниковый сахаръ, крахмалъ и клѣтчатка. Всѣ они представляютъ химическое соединеніе углерода, водорода и кислорода. Названіе углеводовъ дано имъ по тому, что въ ихъ частицахъ отношеніе числа атомовъ водорода къ кислороду такое же, какое въ водѣ, т. е. водорода ровно вдвое болѣе, такъ что, какъ будто бы, эти вещества представляютъ соединеніе углерода (угля) съ водою.

Глюкоза или виноградный сахаръ ($C_6H_{12}O_6$) находится въ виноградномъ сокѣ, а также въ сокѣ другихъ плодовъ, обуславливая ихъ сладкій вкусъ. Въмѣстѣ съ тростниковымъ сахаромъ, глюкоза входитъ въ составъ меда, образуя его кристаллическую часть.

Тростниковый сахаръ ($C_{12}H_{22}O_{11}$) точно также распространенъ въ растеніяхъ. Особенно много его въ сахарномъ тростникѣ, откуда онъ и получилъ свое названіе, и сахарной свекловицѣ. Сахарный тростникъ растетъ въ тропическихъ странахъ. Въ Европѣ же сахаръ добывается исключительно изъ свекловицы. Изъ нея извлекается сокъ или гидравлическимъ прессомъ, или же дѣйствіемъ горячей воды. Для удаленія изъ сока постороннихъ веществъ, на него дѣйствуютъ известью (отъ 2 до 3%) при кипяченіи, а избытокъ растворившейся извести осаждаютъ углекислымъ газомъ. Затѣмъ сокъ обезцвѣчивается фильтрованіемъ чрезъ костяной уголь и подвергается выпариванію въ особыхъ сосудахъ, нагреваемыхъ паромъ, при чемъ сахаръ кристаллизуется, давая сахарный песокъ-сырецъ. Этотъ послѣдній, для полученія изъ него очищеннаго сахара (рафинада), снова растворяется въ водѣ, фильтруется чрезъ уголь и выпаривается. Выпаренный крѣпкій растворъ спускаютъ въ формы, откуда сахаръ получаютъ въ видѣ головъ. Остатокъ свекловичнаго сока, по выдѣленіи изъ него сахарнаго песка, образуетъ патоку, содержащую въ себѣ, на ряду съ сахаромъ, нѣкоторыя другія вещества, препятствующія кристаллизациі остальнаго сахара. Для полученія сахара изъ сахарнаго тростника, послѣдній выжимаютъ между желѣзными валами, нагреваемыми паромъ, а затѣмъ тростниковый сокъ подвергаютъ подобной же обработкѣ, какъ и свекловичный.

Въ Россіи добывается изъ свекловицы ежегодно около 30 миллионѣвъ пудовъ сахара.

Еще болѣе распространенъ въ растительномъ царствѣ *крахмалъ* ($C_6H_{10}O_5$), встрѣчающійся во всѣхъ частяхъ растений, а главнымъ образомъ въ сѣменахъ, корняхъ и клубняхъ. Онъ представляетъ главную составную часть сѣмянъ всѣхъ хлѣбныхъ злаковъ и клубней картофеля, а слѣдовательно—хлѣбной и картофельной муки. Изъ 2-й части книги мы узнаемъ, что крахмалъ имѣетъ форму микроскопически мелкихъ зеренъ. Если измельченные картофельные клубни или хлѣбныя зерна подвергнуть дѣйствию струи воды, то она унесетъ крахмальные зернышки, которые затѣмъ, при отстаиваніи, осаждаются. Такимъ путемъ получается чистый крахмалъ, существующій въ продажѣ. Въ человѣческомъ и животномъ организмѣ крахмалъ, принимаемый въ пищу, подъ вліяніемъ слюны превращается въ виноградный сахаръ и въ такомъ видѣ всасывается сквозь стѣнки пищеварительнаго канала и переходитъ въ кровь. И крахмалъ, и тростниковый сахаръ можно превратить въ глюкозу кипяченіемъ ихъ въ слабой сѣрной кислотѣ. Сущность происходящихъ при этомъ реакцій заключается въ присоединеніи воды: $C_6H_{10}O_5$ (крахмалъ) + $H_2O = C_6H_{12}O_6$ (глюкоза); $C_{12}H_{22}O_{11}$ (тростниковый сахаръ) + $H_2O = 2C_6H_{12}O_6$.

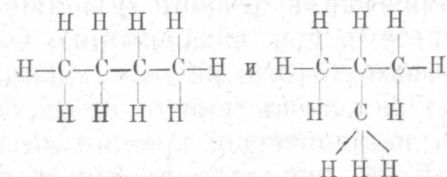
Клетчатка ($C_6H_{10}O_5$)—самый распространенный углеводъ въ растительномъ царствѣ. Она, какъ мы узнаемъ изъ 2-й части книги, образуетъ оболочку растительныхъ клѣтокъ и, слѣдовательно, представляетъ остовъ всѣхъ растительныхъ тканей. Твердая часть древесныхъ растений (древесина), растительныя волокна, употребляемая для изготовленія тканей и т. п.—все это состоитъ почти изъ одной клетчатки.

Названіе углеводовъ указываетъ на относительное количество атомовъ водорода и кислорода въ частицѣ обозначаемыхъ такимъ именемъ веществъ, но не опредѣляетъ, какого типа эти соединенія. Изученіе ихъ строенія показало, что здѣсь атомы углерода соединены съ атомами водорода и воднымъ остаткомъ, какъ въ спиртахъ, и кромѣ того здѣсь имѣется группа COH (а иногда CO). Соединенія, характеризующіяся присутствіемъ группы COH , вводимой на мѣсто водорода въ частицу углеводорода, и представляющія, по сравненію съ органическими кислотами (гдѣ $COOH$), какъ бы не вполне доокисленные продукты, называются

алдегидами (а CO —кетонами). Слѣдовательно, углеводы суть соединенія смѣшаннаго типа—алдегидо-спирты (или кето-спирты).

Самыя важныя и самыя распространенныя въ животныхъ и растительныхъ организмахъ вещества—*бѣлки*. Они образуютъ главнѣйшія части клѣтокъ—протоплазму и ядро. Бѣлковъ очень много, но всѣ они очень сходны по составу и свойствамъ и отличаются отъ всѣхъ другихъ органическихъ веществъ тѣмъ, что кромѣ углерода, водорода и кислорода въ ихъ частицу обязательно входятъ еще азотъ и сѣра, а въ нѣкоторые бѣлки, сверхъ того, фосфоръ, желѣзо и другіе элементы. Бѣлковые вещества менѣе другихъ изучены, такъ что строеніе ихъ частицъ еще не извѣстно. Несомнѣнно одно, что эти частицы громадны, хотя опять-таки съ безспорною точностью число атомовъ ихъ не установлено. Укажемъ для примѣра, что, по одному изъ опредѣленій, частица яичнаго бѣлка (альбумина) имѣетъ такую формулу: $C_{720}H_{1134}N_{218}S_5O_{249}$.

При ограниченномъ числѣ типовъ органическихъ соединеній, количество органическихъ веществъ, какъ уже указано, необыкновенно велико, а если принять во вниманіе возможность искусственнаго образованія новыхъ веществъ тѣхъ же типовъ,—можно сказать, безгранично. Съ одной стороны, это зависитъ, какъ уже упоминалось, отъ способности углерода образовывать большія частицы, а съ другой—отъ того, что въ большихъ частицахъ возможна большая перегруппировка атомовъ. При одномъ и томъ же количествѣ атомовъ въ частицѣ могутъ быть разнообразныя по свойствамъ вещества, въ зависимости отъ того, какъ эти атомы между собою расположились. Такъ, углеводородъ C_4H_{10} можетъ имѣть и дѣйствительно имѣетъ слѣдующіе два случая строенія:



Слѣдующій углеводородъ— C_5H_{12} —имѣетъ уже три случая различнаго строенія частицы, углеводородъ съ шестью атомами углерода — пять такихъ случаевъ, съ семью—

9 съ восемью—18, съ девятью—35 и т. д. и т. д. Словомъ, по мѣрѣ того, какъ увеличивается частица, количество такихъ случаевъ быстро возрастаетъ. О возможности различнаго строенія частицы спиртовъ, при одинаковомъ количествѣ образующихъ ихъ атомовъ, уже говорилось. Тоже слѣдуетъ сказать и про всѣ остальные типы органическихъ соединеній. Различіе въ строеніи частицъ можетъ быть даже настолько значительнымъ, что, при одномъ и томъ же числѣ атомовъ однихъ и тѣхъ же элементовъ, могутъ получиться соединенія различныхъ типовъ. Такъ, формулѣ $H_4N_{10}O$ отвѣчаютъ два соединенія $C_4H_9(OH)$ и $C_2H_5.O.C_2H_5$, изъ которыхъ первое—спиртъ, а второе—простой эфиръ.

Со способностью вещества измѣнять свои свойства, въ зависимости отъ строенія частицы, при тождествѣ образующихъ ее атомовъ, мы уже встрѣчались при изученіи простыхъ тѣлъ—фосфора и углерода. Тамъ мы назвали это явленіе аллотропіею. Для сложныхъ же тѣлъ оно называется *изомеріею*, а различныя видоизмѣненія вещества, въ зависимости отъ строенія частицы, другъ по отношенію къ другу, называются *изомерами*.

Кремній и кремнеземъ.

Кварцъ, песокъ, песчаники; силикаты, стекло.

Химическое обозначеніе кремнія — Si, атомный вѣсъ его—28. Этотъ элементъ, какъ увидимъ, въ высшей степени распространенъ въ минеральномъ царствѣ въ качествѣ составной химической части многочисленныхъ горныхъ породъ, въ свободномъ же состояніи въ природѣ онъ не встрѣчается. Однако, онъ можетъ быть извлеченъ изъ своихъ соединеній, съ большимъ трудомъ, посредствомъ нѣкоторыхъ химическихъ реакцій (дѣйствіемъ натрія или магнія на кремнеземъ при накаливаніи). Онъ принимаетъ видъ или аморфнаго, бураго, не блестящаго порошка, или же блестящихъ кристалловъ чернаго цвѣта, болѣе твердыхъ, чѣмъ стекло. Кристаллическій кремній не горитъ въ кислородѣ, а аморфный при накаливаніи воспламеняется на воздухѣ.

Въ ряду многочисленныхъ соединеній этого элемента на первомъ мѣстѣ долженъ быть поставленъ *окиселъ кремнія* или *кремнеземъ*— SiO_2 . Изъ него состоятъ такіе распро-

страненные минералы. какъ кварцъ, кремень, песокъ, песчаники и друг. Кромѣ того, кремнеземъ, какъ увидимъ, входитъ, въ качествѣ составной химической части, во множество другихъ породъ.

Кварцъ имѣетъ широкое распространеніе въ природѣ. Иногда онъ одинъ образуетъ мощные пласты, или цѣльныя горы, а чаще въ смѣси съ другими минералами входитъ въ составъ такъ называемыхъ сложныхъ горныхъ породъ. Окраска кварца въ большинствѣ случаевъ бѣлая, сѣрая или голубоватая, рѣдко—красная. Онъ обладаетъ стекляннмъ блескомъ и прозрачностью; при сильномъ окрашиваніи едва прозраченъ только въ тонкихъ пластинкахъ. Кварцъ—тверже всѣхъ обыкновенныхъ минераловъ за исключеніемъ нѣкоторыхъ драгоценныхъ камней. Иногда онъ встрѣчается въ природѣ въ видѣ правильныхъ кристалловъ (шестигранныхъ столбиковъ, на концѣ которыхъ сидятъ шестигранныя пирамиды). Болѣе всего распространены кристаллы совершенно безцвѣтные, носящіе названіе горнаго хрустала. Довольно часто также встрѣчаются кристаллы, окрашенные въ бурый цвѣтъ, которые называются дымчатымъ топазомъ, и въ фіолетовый, называемые аметистомъ. При чистотѣ окрашиванія, аметистъ употребляется какъ драгоценный камень. Всѣ эти кристаллы находятся или въ одиночку, или же цѣлыми группами, которыя называются друзами или щетками. Непрозрачная и не обладающая блескомъ разновидность кварца, преимущественно сѣраго или чернаго цвѣта, называется кремнемъ. И кварцъ, и кремень, при ударѣ о сталь, даютъ искры—мельчайшія наваленныя частички. Въ былое старое время, когда еще не было спичекъ, этимъ пользовались, какъ однимъ изъ средствъ добыванія огня. Съ кремнемъ сходна другая непрозрачная разновидность кварца, яркоокрашенная въ желтые, бурые, красные и зеленые цвѣта; это—яшмы, идущія на изготовленіе вазъ, ступокъ и даже колоннъ, такъ какъ яшмы встрѣчаются иногда очень значительными массами. Изъ сложныхъ горныхъ породъ, гдѣ встрѣчается кварцъ, первое мѣсто занимаетъ гранитъ. Бѣлые кусочки кварца перемѣшаны здѣсь съ розовыми или бѣлыми же кусочками полевого шпата и черными—слюдами. Кварцъ и всѣ его разновидности не растворяются и не измѣняются химически ни отъ воды, ни отъ кислотъ. Щелочи же, взятыя въ растворахъ, дѣйствуютъ на нихъ, но чрезвычайно медленно.

Въ главѣ о жизни земли мы узнаемъ, что всѣ самыя твердыя породы подлежатъ разрушенію отъ совокупнаго дѣйствія воды и атмосферы. Такой участи подвергается между прочимъ, и кварцъ, распадаясь на мельчайшія частички и давая массы *песку*. Песокъ встрѣчается въ громадныхъ количествахъ на днѣ океановъ, морей, озеръ и рѣкъ, куда уносится водою, а также на сушѣ. Существуютъ громадныя песчаныя пустыни и толстые слои песка, скрытые подъ верхними пластами почвы. Въ составъ всякой почвы въ большемъ или меньшемъ количествѣ также входитъ песокъ. Кромѣ частичекъ кварца, въ песокъ могутъ попадаться и другія каменистыя вещества, но эти послѣднія, при продолжительномъ дѣйствіи воды, болѣе или менѣе измѣняются и удаляются (вымываются). Обыкновенный песокъ отъ подмѣси постороннихъ минераловъ имѣетъ желтый или красно-бурый цвѣтъ (зависящій отъ желѣзистыхъ минераловъ). Совершенно же чистый кварцевый песокъ, попадающійся, впрочемъ, рѣдко, характеризуется своею безцвѣтностью и тѣмъ, что, взболтанный съ водою, онъ не даетъ мути, которая говоритъ о подмѣси глины. Частички кварца, а также другихъ каменистыхъ породъ, еще не размельчившіяся въ мелкія песчинки, носятъ, по мѣрѣ ихъ увеличенія, названія—гравія, щебня галекъ и валуновъ.

Древніе слои песка, подъ давленіемъ выше лежащихъ пластовъ и съ помощью цементирующихъ (склеивающихъ) веществъ, иногда превращаются въ плотныя твердыя массы и тогда опять образуютъ сплошные камни—*песчаники*. Всмотриваясь въ нихъ, можно замѣтить весьма мелкія зернушки—песчинки, сліяніемъ которыхъ они образовались. Песчаники занимаютъ громадныя пространства въ землѣ и принадлежатъ къ числу наиболѣе распространенныхъ горныхъ породъ. Иногда они образуютъ горы, но чаще лежатъ болѣе или менѣе ровными пластами, различной толщины, тянущимися нерѣдко на много верстъ. Пласты эти часто находятся подъ слоями другихъ горныхъ породъ и почвы, и тогда мы можемъ видѣть ихъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ края ихъ выступаютъ наружу, на примѣръ, на высокихъ берегахъ обнаженныхъ рѣкъ. Цементирующимъ веществомъ въ песчаникахъ является или глинистый илъ, или растворенный въ водѣ (благодаря углекислому газу) углекислый кальцій (известнякъ). Значеніе послѣдняго, какъ склеивающаго цемента, извѣстно изъ работъ нашихъ каменщи-

ковъ. Они мѣшаютъ гашеную известь съ водою и пескомъ и скрѣпляютъ ею кирпичи. По прошествіи нѣкотораго времени, цементъ этотъ сильно отвердѣваетъ, благодаря тому, что известь, поглощая углекислый газъ изъ воздуха, переходитъ въ углекислый кальцій. Природа въ этомъ отношеніи дѣлаетъ тоже, что и каменщики. Песчаники имѣютъ различные цвѣта, зависящіе, главнымъ образомъ, отъ примѣшанныхъ къ нимъ и цементирующихъ веществъ. Благодаря своей прочности и легкости полученія, въ видѣ большихъ камней правильныхъ формъ, песчаники имѣютъ большое примѣненіе въ качествѣ прекраснаго строительнаго матеріала. Изъ нихъ готовятъ также мельничные жернова. Болѣе нѣжные песчаники, съ глинистымъ цементомъ, идутъ на точила и бруски. Подобно кварцу и другимъ породамъ, песчаники также подлежатъ разрушительному дѣйствію воды и атмосферы, снова превращаясь въ песокъ, который опять можетъ цементироваться и т. д. Въ безпрестанномъ разрушеніи и новообразованіи, какъ увидимъ потомъ, и заключается жизнь земной коры.

Кварцъ и всѣ его разновидности нерастворимы въ водѣ. Однако, есть растворимое видоизмѣненіе кремнезема. Ничтожныя слѣды его имѣются во всякой водѣ, но нѣкоторые минеральные источники, особенно горячіе, содержатъ его болѣе или менѣе значительныя количества. Изъ воды кремнеземъ поглощается растеніями, посредствомъ корней, и низшими животными. Отлагаясь въ растеніяхъ, на примѣръ, въ соломѣ злаковъ и хвощей, въ узлахъ бамбука и друг., кремнеземъ сообщаетъ имъ твердость. Многія низшія морскія микроскопическія животныя дѣлаютъ себѣ изъ кремнезема панцырь. Собраніе такихъ панцырей, такъ называемый трепель, попадаетъ иногда въ видѣ песчанистой массы значительными слоями и употребляется, между прочимъ, вслѣдствіе твердости и заостренности формъ панцырей, для полированія. Микроскопическія водныя растенія, извѣстныя подъ именемъ діатомовыхъ водорослей, также имѣютъ панцырь изъ кремнезема. Имѣющая SiO_2 вода, пропитывая встрѣчающіеся предметы, на примѣръ, дерево, отлагаетъ внутри ихъ кремнеземъ, т. е. переводитъ ихъ въ окаменѣлое состояніе. Выдѣляющійся изъ растворовъ SiO_2 образуетъ уже нерастворимыя разновидности кремнезема. Это можно наблюдать у многихъ горячихъ источниковъ. Горячая вода растворяетъ относительно болѣе крем-

незема, а потому мѣста выхода ея на дневную поверхность, гдѣ происходитъ охлажденіе, покрыты натеками кремнезема. Проникая по трещинамъ горныхъ породъ, кремнеземистые растворы и образовали, по всей вѣроятности, большую часть минераловъ, состоящихъ изъ кремнезема.

SiO_2 —кислотный окисель и потому съ водою долженъ образовать кремневую кислоту, соответствующую формулѣ H_2SiO_3 . Какое бы изъ видоизмѣненій кремнезема мы ни взяли, непосредственнымъ путемъ этого достигнуть нельзя. такъ какъ H_2O на нихъ не дѣйствуетъ. Какъ увидимъ далѣе, можно только косвенно получить химическое соединеніе кремнезема съ водою. Что же касается солей кремневой кислоты, то онѣ въ громадномъ количествѣ существуютъ въ природѣ, и кромѣ того, ихъ можно получать искусственно.

Природныя соли кремневой кислоты, извѣстныя подъ общимъ названіемъ *силикатовъ*, чрезвычайно разнообразны и многочисленны. Всѣ онѣ, не считая искусственно получаемыхъ натровой и калиевой солей, нерастворимы въ водѣ и образуютъ большинство каменистыхъ веществъ—минераловъ. Таковы, какъ увидимъ, полевой шпатъ, слюда, глина, гранитъ, гнейсы и т. д. и т. д. При этомъ, въ большинствѣ случаевъ, кремнеземъ соединенъ не съ однимъ какимъ либо основаніемъ, а съ нѣсколькими; напримѣръ, полевой шпатъ имѣетъ формулу: $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$; въ виду сложности силикатовъ принято, ради удобства, входящіе въ нихъ окислы писать раздѣльно. Главная масса земной коры состоитъ изъ кремнеземныхъ соединеній. Множество горныхъ хребтовъ образованы почти исключительно изъ силикатовъ и кремнезема, въ видѣ кварца. Принимая все это во вниманіе, можно сказать, что кремній играетъ такую же роль въ минеральномъ царствѣ, какую углеродъ—въ органическомъ. Послѣ кислорода, онъ самый распространенный элементъ въ природѣ.

При сплавленіи кремнезема съ щелочами получаютъ химическія соединенія того и другого, т. е. соли или искусственные силикаты. Такимъ силикатомъ является *стекло*. Обыкновенное или натровое стекло содержитъ окись натрія (около 13%), известъ, т. е. окись кальція (ок. 12%) и кремнеземъ (ок. 12%). Сплавленіе этихъ веществъ производится въ большихъ глиняныхъ горшкахъ или тигляхъ, которые ставятся въ большія печи, дающія

сильный жаръ. Изъ расплавленной массы или выдуваютъ стеклянную посуду, при помощи желѣзныхъ трубокъ, или же готовятъ стеклянные листы. Окись натрія кладется въ смѣсь не въ готовомъ видѣ, но для образованія ея берется въ смѣсь сѣрнатая соль и уголь, между которыми происходитъ такая реакція: $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{C} = \text{CO} + \text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{O}$, т. е. окись натрія. Такъ называемое богемское—тугоплавкое стекло вмѣсто окиси натрія содержитъ окись калия, а въ хрустальныхъ стеклахъ окись кальція замѣняется окисью свинца.

Если кремнеземъ (песокъ) сплавлять съ окислами натрія и калия, съ ѣдкимъ натромъ и ѣдкимъ кали или же съ углекислыми натріемъ и калиемъ, т. е. съ содой и поташемъ (которые, какъ увидимъ потомъ, обладаютъ щелочными свойствами), то получаютъ растворимыя кремненатровая и кремнекалиевая соли. Это—такъ называемое растворимое стекло. При дѣйствіи растворовъ названныхъ щелочей на кремнеземъ получаютъ подобныя же соединенія, но только чрезвычайно медленно. Если на растворимое стекло, т. е. кремненатровую и кремнекалиевую соль подѣйствовать какою либо кислотой, то, по общему правилу, эта послѣдняя должна будетъ вытѣснить кремневую кислоту изъ ея соли. Такъ дѣйствительно и происходитъ, при чемъ кремневая кислота выпадаетъ въ видѣ студенистаго осадка, т. е. нерастворимаго гидрата.

Въ заключеніе о кремніи укажемъ его сходство съ углеродомъ. Оно не только внѣшнее, т. е. заключается не только въ указанной выше аналогіи ихъ распространенія—одного въ минеральномъ царствѣ, а другого въ органическомъ, но и внутреннее, проявляющееся въ свойствахъ ихъ самихъ и ихъ соединеній. Указанныя свойства аморфнаго и кристаллическаго кремнія напоминаютъ аморфный и кристаллическій углеродъ. Этотъ послѣдній образуетъ соединеніе CO_2 , точно также и кремній даетъ SiO_2 . Внѣшнее несходство этихъ окисловъ—одного газообразнаго и другого твердаго—объясняется, вѣроятно, тѣмъ, что частица кремнезема очень большая, заключающая не одно SiO_2 , а много ихъ, соединенныхъ вмѣстѣ. Подобно газообразному CH_4 , полученъ газообразный SiH_4 . Какъ въ первомъ H можно замѣщать другими элементами и получить напримѣръ CCl_4 , также полученъ SiCl_4 и т. д. и т. д. Слѣдовательно, какъ сѣра съ кислородомъ, фосфоръ, сурьма и мышьякъ

съ азотомъ относились нами къ группамъ сходныхъ элементовъ, такъ тоже слѣдуетъ сказать и относительно углерода съ кремніемъ

Кремніемъ мы заканчиваемъ знакомство съ главнѣйшими металлоидами и переходимъ къ металламъ. Въ немъ кислотныя свойства выражены слабо, и потому онъ долженъ быть отнесенъ не къ типичнымъ металлоидамъ, а къ элементамъ переходнымъ. устанавливающимъ связь металлоидовъ съ металлами.

Металлы.

Металлы суть простые твердые (за исключеніемъ ртути—жидкой) тѣла, обладающія въ большей или меньшей степени ковкостью, тягучестью, вязкостью, металлическимъ блескомъ, сравнительно хорошою теплопроводностью и электропроводностью и основностью (щелочными свойствами). Нѣкоторыя изъ этихъ свойствъ, въ отдѣльности взятые, можно найти и у нѣкоторыхъ металлоидовъ (фосфоръ—мягкій, графитъ, алмазъ и кремній—блестящіе и т. п.). Металлы же характеризуются одновременнымъ присутствіемъ всѣхъ ихъ. Металловъ болѣе, чѣмъ металлоидовъ: они составляютъ около $\frac{2}{3}$ всѣхъ извѣстныхъ элементовъ. Но большинство изъ нихъ чрезвычайно рѣдки и не играютъ видной роли въ жизни человѣка. Наиболѣе распространенные въ природѣ и важные въ практическомъ отношеніи металлы болѣе или менѣе извѣстны изъ обыденной жизни.

Только такъ называемые благородные металлы, т. е. золото, платина и серебро, а также иногда ртуть и мѣдь встрѣчаются въ природѣ въ самородномъ видѣ, т. е. въ свободномъ химически состояніи. Всѣ же прочіе металлы, вслѣдствіе сравнительной легкости, съ которою происходятъ ихъ соединенія съ другими элементами, и въ особенности съ кислородомъ, въ избыткѣ находящемся въ свободномъ состояніи, встрѣчаются не въ самородномъ видѣ, а лишь въ химическихъ соединеніяхъ, откуда уже и получаютъ. Въ общемъ, эти соединенія намъ уже извѣстны. Въ природѣ имѣются основные окислы, т. е. соединенія металловъ съ кислородомъ, сѣрнистые металлы—соединенія ихъ съ сѣрою и множество солей различныхъ кислотъ и различ-

ныхъ металловъ. Тѣ соединенія, изъ которыхъ металлы добываются сравнительно легко и которыя служатъ источникомъ для полученія ихъ, называются рудами. Наиболѣе важны въ этомъ отношеніи соединенія металловъ съ кислородомъ—кислородныя руды, съ сѣрою—сѣрнистыя руды и углекислымъ газомъ.

Добываются металлы изъ рудъ различными способами. Главнѣйшіе изъ нихъ слѣдующіе: 1) Отнятіе кислорода изъ основныхъ окисловъ посредствомъ угля или возстановленіе металловъ. Если смѣсь окиси свинца и угля подвергнуть сильному накаливанію, то свинецъ выдѣлится въ свободномъ состояніи. Этотъ способъ, въ специально-устроенныхъ печахъ, какъ увидимъ, примѣняется при добычаніи желѣза, а также мѣди, олова и друг. 2) Вытѣсненіе одного металла изъ его соединенія съ какимъ либо элементомъ другимъ металломъ, имѣющимъ къ этому элементу болѣе сродство. Если подвергнуть нагрѣванію смѣсь сѣрнистой ртути (киновари) съ желѣзомъ, то ртуть выдѣлится, а желѣзо соединится съ сѣрой. Этимъ же путемъ извлекаются магній и кальцій изъ ихъ соединеній съ хлоромъ, посредствомъ натрія, и друг. 3) Выжиганіе сѣры изъ сѣрнистыхъ соединеній металловъ прокачиваніемъ этихъ соединеній, при свободномъ доступѣ воздуха. Такъ добываются ртуть, мѣдь, свинецъ и друг. 4) Электролизъ, т. е. полученіе металловъ изъ солей посредствомъ электрическаго тока. Способъ этотъ основанъ на томъ, что металлы электроположительны, а металлоиды электроотрицательны и потому первые выдѣляются на отрицательномъ полюсѣ, а вторые—на положительномъ. Электролизъ примѣняется для полученія алюминія, калия, натрія и друг.

Остановимся на тѣхъ металлахъ и ихъ естественныхъ соединеніяхъ—минералахъ, которые наиболѣе распространены въ природѣ или имѣютъ большое практическое значеніе.

Натрій, калий и ихъ соединенія: поваренная соль, сода, поташъ, селитры и друг.

Натрій—Na—и калий—K—весьма распространены въ природѣ въ различныхъ соединеніяхъ, но въ свободномъ состояніи не встрѣчаются, вслѣдствіе громаднаго сродства

Карело-Финская База

Академии Наук СССР

БИБЛИОТЕКА

ихъ къ кислороду и другимъ тѣламъ. Получаются они или дѣйствіемъ угля на углекислые натрій (Na_2CO_3) и калий (K_2CO_3), при сильномъ накаливаніи, или же электролизомъ. Эти металлы обладаютъ сходными свойствами. Они мягки и на свѣжѣмъ разрѣзѣ имѣютъ серебристый блескъ, скоро, впрочемъ, исчезающій, такъ какъ оба металла съ поверхности скоро превращаются въ окислы. Ихъ сродство къ кислороду настолько велико, что они быстро отнимаютъ его даже отъ воды. Химическая энергія натрія нѣсколько слабѣе, чѣмъ у калия. Оба эти металла одноатомные, т. е. атомъ каждаго изъ нихъ замѣщаетъ въ кислотахъ мѣсто одного атома водорода. Всѣ извѣстныя намъ кислоты имѣютъ соотвѣтствующія имъ натріевыя и калиевыя соли. Всѣ онѣ растворимы въ водѣ. Только силикаты, т. е. соли кремневой кислоты, гдѣ кромѣ окисловъ калия и натрія имѣются окислы другихъ металловъ, представляютъ нерастворимыя каменистыя массы, содержащія калий и натрій. Соли этихъ металловъ въ небольшомъ количествѣ входятъ въ составъ почвы, содержатся въ растворѣ въ морской водѣ, а въ глубокихъ слояхъ земли, недоступныхъ или мало доступныхъ атмосферной влагѣ, какъ увидимъ, встрѣчаются въ нѣкоторыхъ мѣстахъ сплошными твердыми массами.

Въ ряду соединений натрія, на первомъ мѣстѣ долженъ быть поставленъ хлористый натрій— NaCl , извѣстный подъ именемъ *поваренной соли*, о которомъ уже упоминалось выше (61 стр.). Это вещество въ большомъ количествѣ содержится въ водѣ морей, нѣкоторыхъ озеръ и ключей, извѣстныхъ подъ именемъ соленыхъ, а также въ твердомъ видѣ, подъ именемъ каменной соли, образующей въ нѣкоторыхъ мѣстахъ богатые залежи. Изъ всѣхъ этихъ источниковъ хлористый натрій извлекается человекомъ для употребленія.

Морская вода содержитъ въ растворѣ многія вещества, среди которыхъ NaCl занимаетъ первое мѣсто, сообщая ей соленый вкусъ. Какъ показали произведенныя изслѣдованія, вода Атлантического и Тихаго океановъ содержитъ 3,5% растворенныхъ твердыхъ веществъ, Средиземнаго моря—отъ 3,7 до 3,9%, Балтійскаго моря—1,5%, Сѣвернаго ледовитаго океана—3%. При выпариваніи морской воды, эти вещества выпадаютъ въ видѣ твердаго осадка, въ 100 частяхъ котораго поваренной соли содержится около 78 частей. Всѣ эти вещества принесены въ море съ суши. Входя въ составъ горныхъ породъ, они попадаютъ, по раз-

рушеніи ихъ, въ почву и затѣмъ вымываются атмосферною водою, которая, въ концѣ концовъ, впадаетъ въ море. Морская вода испаряется, снова падаетъ на сушу изъ облаковъ, въ видѣ дождя, и опять несетъ въ море растворенныя твердыя вещества. Эти послѣднія не испаряются и потому, въ теченіе долгихъ періодовъ времени, накапливаются въ моряхъ въ громадномъ количествѣ.

Для извлеченія поваренной соли изъ морской воды, въ теплыхъ странахъ, напримѣръ въ Европѣ по берегамъ Средиземнаго моря и Атлантическаго океана и у насъ въ Крыму, пользуются лѣтними жарами, благоприятствующими испаренію воды. Для этого на низменныхъ и равныхъ берегахъ устраиваютъ цѣлую систему неглубокихъ бассейновъ, раздѣленныхъ другъ отъ друга земляными или каменными стѣнами. Дно ихъ состоитъ изъ огнеупорной, непроницаемой для воды глины. Бассейны расположены такъ, что первый рядъ ихъ къ морю лежитъ выше второго, второй—третьяго и т. д. Во время прилива вода поступаетъ въ верхніе бассейны, гдѣ начинаетъ испаряться. Ко времени слѣдующаго прилива, она чрезъ отверстія въ стѣнахъ переводится во второй рядъ бассейновъ. Затѣмъ отверстія закрываются, и первый рядъ бассейновъ снова наполняется свѣжею морскою водою. Подобнымъ же образомъ изъ второго ряда бассейновъ вода переводится въ третій, а изъ перваго опять во второй. Постепенно переходя изъ одного бассейна въ другой, вода испаряется и дѣлается все болѣе и болѣе густымъ растворомъ. Въ первомъ и во второмъ рядѣ бассейновъ изъ нея осаждаются всѣ механически взвѣшенныя частицы и труднорастворимыя соли (гипсъ и друг.), а въ послѣднихъ бассейнахъ выпадаетъ уже поваренная соль, которую и вынимаютъ оттуда.

Въ сѣверныхъ странахъ, напримѣръ, у насъ на берегахъ Бѣлаго моря и Сѣвернаго Ледовитаго океана, соль извлекается изъ морской воды съ помощью морозовъ. Вода напускается въ бассейнъ, гдѣ замерзаетъ съ поверхности. Ледъ удаляется, и вода снова замерзаетъ, что повторяется нѣсколько разъ. Такъ какъ соль не входитъ въ составъ льда, то оставшаяся вода постепенно превращается въ густой соляной растворъ, который болѣе уже не замерзаетъ. Изъ него соль извлекается выпариваніемъ на огнѣ.

Большія также количества соли растворены въ водѣ нѣкоторыхъ озеръ. Таково, напримѣръ, находящееся въ

Палестинѣ Мертвое море, въ которое впадаетъ рѣка Иорданъ. Его вода содержитъ 27% поваренной соли, т. е. представляетъ насыщенный растворъ ея. Въ такомъ озерѣ не можетъ быть рыбъ, и по берегамъ его нѣтъ растительности. Подобныя же озера, огромнѣйшія въ мірѣ, имѣются въ Россіи. Первое мѣсто среди нихъ принадлежитъ Эльтону, расположенному на лѣвомъ берегу Волги, въ 300 верстахъ отъ Саратова, и занимающему площадь болѣе 200 квадратныхъ верстъ. Дно его сплошь покрыто солью, мощность (толщина слоя) которой до сихъ поръ остается неизвѣстной. Въ теченіе 150 лѣтъ отсюда добыто свыше 550 милл. пудовъ соли. Другое, почти столь же огромное озеро—Баскунчакское, лежащее въ 50 верстахъ отъ Волги въ Астраханской губ. Такъ какъ къ этому озеру проведена желѣзная дорога, то Эльтонское потеряло уже свое промышленное значеніе. Кромѣ этихъ двухъ огромныхъ соленоводныхъ бассейновъ, въ одной Астраханской губ. извѣстно около 700 соленыхъ озеръ. Лѣтомъ, во время жары, вода въ этихъ озерахъ дѣлается настолько соленою, что изъ нея выпадаетъ соль, и притомъ—не только на дно, но и на поверхности озеръ, въ видѣ коры, которую прямо снимаютъ. Такая соль называется самоосадочною. Весною и осенью, когда въ эти озера впадаетъ много прѣсной воды, выдѣленія соли въ нихъ не происходитъ.

Откуда же взялась соль въ озерахъ? На этотъ вопросъ помогаетъ отвѣтить слѣдующее наблюденіе. Многія изъ астраханскихъ соленыхъ озеръ, при усиленной добычѣ соли, истощаются въ 3—5 лѣтъ. Но какъ только промыселъ прекращается, они, чрезъ извѣстный промежутокъ времени, снова обогащаются солью. Очевидно, она приносится сюда водою изъ почвы степей, богатыхъ ею. Въ почву же она попала потому, что въ отдаленныя прошлыя времена вся эта мѣстность была покрыта моремъ. Современныя Каспійское и Аральское моря, а также всѣ соленыя озера, представляютъ остатки бывшего когда то здѣсь сплошного воднаго бассейна. Затѣмъ, вслѣдствіе поднятія морского дна, здѣсь образовалась суша, въ которой и отложились бывшая въ морской водѣ соль.

Если отложенія соли находятся въ глубинѣ, и къ нимъ просачивается вода, то эта послѣдняя, выходя на поверхность, образуетъ соленые ключи, которые извѣстны въ громадномъ количествѣ въ различныхъ мѣстахъ. У насъ въ

Россіи такіе ключи эксплуатируются въ губерніяхъ Пермской, Харьковской, Екатеринославской и друг. Для этой цѣли устраиваются такъ называемыя градирни. Это—высокіе, узкіе, но длинныя сараи, тянущіеся иногда нѣсколько верстъ и поставленные перпендикулярно къ господствующему вѣтру. Съ боковъ сараи открыты, а внутри они наполняются сверху до низу хворостомъ. Наверху градирни, во всю длину ея, тянется желобъ, въ который насосомъ накачивается соленая вода. Переливаясь чрезъ края желоба, она распространяется по хворосту, благодаря чему представляетъ большую поверхность испаренія. Подъ хворостомъ вода собирается въ особый желобъ уже значительно сгущенною. Если растворъ еще не достаточно крѣпокъ, то вода накачивается отсюда на градирню во второй и третій разъ. Наконецъ, когда соли въ водѣ получится 12—15%, ее выпариваютъ уже посредствомъ огня въ плоскихъ металлическихъ сосудахъ. Градирни работаютъ только лѣтомъ, когда возможно большое испареніе воды.

Отложеніе соли изъ когда-то бывшихъ, но затѣмъ исчезнувшихъ морей въ нѣкоторыхъ мѣстахъ образовало сплошныя толстыя залежи ея, въ видѣ такъ называемой каменной соли, съ теченіемъ времени покрывшейся пескомъ, который принесъ вѣтеръ, и т. п. Въ такихъ залежахъ прокладываютъ шахты, и соль извлекаютъ на поверхность. У насъ въ Россіи имѣется большая залежь каменной соли въ Оренбургской губ., у крѣпостцы Илецкая Защита, занимающая площадь въ двѣ версты длиною и около версты шириною; глубина ея—болѣе 65 сажень. По своей чистотѣ илецкая соль не имѣетъ соперницъ, и общій запасъ ея равняется, по крайней мѣрѣ, 15 миллиардамъ пудовъ. Изъ всѣхъ европейскихъ залежей каменной соли самою большою извѣстностью пользуются соляныя копи Велички, въ западной Галиціи (въ Австріи), разрабатывающіяся уже съ XI вѣка. Помимо своихъ колоссальныхъ богатствъ, онѣ обращаютъ на себя вниманіе величіемъ своихъ подземныхъ галлерей, расположенныхъ въ пять этажей на глубину до 200 футовъ, и даже залъ, украшенныхъ часовнями, статуями, лѣстницами и люстрами, сдѣланными изъ каменной соли.

Если представимъ себѣ, что испарилась вся вода Великаго океана, то на дно его, при средней глубинѣ въ 5000 метровъ, выпалъ бы слой соли мощностью не болѣе 100 метровъ. Между тѣмъ, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ залежи

соли простираются въ глубину на 1000 метровъ и болѣе. Откуда взялась такая масса ея? Вѣроятно, дѣло нужно представлять такимъ образомъ, что въ этихъ мѣстахъ высыхавшіе водные бассейны получали новый притокъ соленой воды. Подобное явленіе наблюдается въ настоящее время, наприкладъ, въ заливѣ Каспійскаго моря Кара-Бугазъ. Въ силу климатическихъ условій, вода его подлежитъ сильному испаренію, выдѣляя ежедневно около 3 милліоновъ килограммовъ поваренной соли. Тѣмъ не менѣе, названный заливъ не высыхаетъ, такъ какъ убыль воды здѣсь пополняется изъ Каспійскаго моря. Благодаря этому, слой соли образуется въ Кара-Бугазѣ значительно толще того, какой можетъ выдѣлится вода, только въ данное время находящаяся въ заливѣ, если бы она вся испарилась. Со временемъ Кара-Бугазъ, вѣроятно, отдѣлится отъ моря и высохнетъ, и на его мѣстѣ окажутся весьма мощныя залежи каменной соли. Добыча поваренной соли во всей Европѣ достигаетъ въ годъ 450 милліоновъ пудовъ.

Заслуживаетъ также вниманія соль натрія и не существующей въ свободномъ состояніи угольной кислоты, т. е. углекислый натрій— Na_2CO_3 . Это вещество извѣстно подъ именемъ *сода*. Въ свободномъ состояніи сода въ природѣ не встрѣчается, а готовится искусственно. Самый распространенный способъ для этого заключается въ томъ, что въ насыщенный растворъ хлористаго натрія вводятся сперва пары амміака, а затѣмъ углекислый газъ, чтобы произошла кислая углеамміачная соль— NH_4HCO_3 . Это же вещество, вступая во взаимодействіе съ NaCl , вслѣдствіе реакціи перемѣщенія, даетъ NaHCO_3 , т. е. кислую угленатровую соль (или двууглекислый натръ); кислыми солями, какъ было объяснено въ своемъ мѣстѣ (24 стр.), называются такія, въ которыхъ не всѣ атомы водорода, бывшіе въ соотвѣтствующей кислотѣ, замѣщены металломъ. NaHCO_3 , въ противоположность содѣ, плохо растворяется въ водѣ и потому осаждается, а затѣмъ, при прокаливаніи, переходитъ въ соду, по такой реакціи: $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Хотя Na_2CO_3 представляетъ среднюю угленатровую соль, т. е. такую, въ которой не осталось ни водорода кислоты, ни воднаго остатка щелочи, тѣмъ не менѣе, реакція ея щелочная. Это зависитъ отъ того, что здѣсь основаніе, какимъ является окисель натрія, очень сильное, кислота же—слабая, такъ что кислотная и щелочная половины въ

этой соли не уравниваются. Представляя сравнительно слабую щелочь, сода (а также амміакъ) употребляется для нейтрализаціи кислотъ, которыми обито платье и т. п., такъ какъ ѣдкія щелочи разрушительно дѣйствуютъ на ткани. При прибавленіи какой либо кислоты къ содѣ, она съ шипѣніемъ выдѣляетъ углекислый газъ. Сода представляетъ одинъ изъ важнѣйшихъ продуктовъ химической промышленности, такъ какъ имѣетъ большое примѣненіе въ медицинѣ и играетъ важную роль въ стеклянномъ и мыловаренномъ производствахъ.

Соль натрія и азотной кислоты, т. е. NaNO_3 , называется селитрой, которая, какъ уже сообщалось (42 стр.), образуетъ большія залежи въ Чили (въ Америкѣ), а также въ другихъ мѣстахъ, и употребляется для добыванія изъ нея азотной кислоты дѣйствіемъ H_2SO_4 . Говорилось также и о ѣдкомъ натрѣ— NaOH (23 стр.). Онъ получается дѣйствіемъ гашеной извести— Ca(OH)_2 на соду. Соль натрія и сѣрной кислоты— Na_2SO_4 (имѣющая 10 частицъ кристаллизационной воды) извѣстна подъ именемъ глауберовой соли.

Изъ солей калия большое практическое значеніе имѣютъ азотнокалиевая соль или селитра— KNO_3 , о которой уже говорилось (42 стр.), и углекалиевая соль или поташъ— K_2CO_3 . Калиевая селитра, употребляемая для приготовленія пороха, получается, между прочимъ, смѣшеніемъ крѣпкихъ растворовъ хлористаго калия и чилийской селитры: $\text{KCl} + \text{NaNO}_3 = \text{KNO}_3 + \text{NaCl}$. При охлажденіи горячей смѣси, изъ нея выдѣляется получившаяся калиевая селитра, такъ какъ коэффициентъ растворимости ея, съ пониженіемъ температуры, сильно уменьшается (32 стр.).

Поташъ содержится готовымъ въ золѣ растений, откуда и извлекается посредствомъ воды. Какъ и сода, онъ представляетъ щелочное вещество и вообще обладаетъ сходными съ нею свойствами. Въ домашнемъ обиходѣ поташъ примѣняется при отмываніи тканей, бѣлья и проч. Для этой цѣли пользуются даже не очищеннымъ поташемъ, а водянымъ растворомъ, получающимся изъ золы, извѣстнымъ подъ именемъ щелока. Въ то время, когда искусственно приготовляемая сода была мало распространена, употребленіе поташа было весьма значительно; теперь же онъ вытѣсняется содой.

Изъ поташа получается ѣдкое кали— KOH —точно также, какъ ѣдкій натръ изъ соды, т. е. дѣйствіемъ гаше-

ной извести. Въ природѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ встрѣчаются залежи хлористаго калия, получившагося также, вѣроятно, осажденіемъ изъ морской воды. Имъ пользуются, какъ исходнымъ веществомъ, для получения другихъ соединений калия.

Соединенія калия болѣе поглощены почвою и потому въ большемъ количествѣ содержатся въ ней, чѣмъ соединенія натрія. Этихъ же послѣднихъ болѣе имѣется въ морской водѣ.

Кальцій и его соединенія: известняки, известь, гипсъ и др.

Кальцій, по его рѣзко выраженнымъ основнымъ свойствамъ, по сродству къ кислороду и другимъ тѣламъ, стоитъ близко къ натрію и калию. Поэтому, въ свободномъ состояніи онъ также не встрѣчается и получается изъ своихъ соединений электролизомъ или же дѣйствіемъ натрія, вытѣсняющаго кальцій изъ соединений съ галоидами. Кальцій металлъ 2-атомный, т. е. одинъ атомъ его замѣщаетъ два атома водорода. Самъ онъ практическаго значенія не имѣетъ, но заслуживаютъ вниманія его соединенія: известняки, известь и гипсъ.

Известняками называются минералы, состоящіе изъ углекальціевой соли— CaCO_3 . Сюда относятся три главные разновидности: обыкновенный грубый известнякъ, мѣль и мраморъ. Внѣшнимъ признакомъ для всѣхъ нихъ является то, что, будучи нерастворимы въ водѣ, они растворяются въ кислотахъ и при этомъ съ шипѣніемъ выдѣляютъ углекислый газъ. На этомъ основанъ описанный выше (74 стр.) опытъ получения CO_2 . Достаточно коснуться известняка какою либо кислотою, какъ увидимъ какъ бы вскипаніе поверхности его отъ выдѣленія углекислаго газа. Всѣ разновидности известняка имѣютъ большое практическое примѣненіе. Грубый известнякъ, въ виду его твердости, идетъ на постройки, на мощеніе паннелей, на плиты для лѣстницъ и для приготовления извести. Изъ мѣла также получается известь и, кромѣ того, онъ употребляется для бѣленія стѣнъ и, какъ мягкій минераль, оставляющій слѣды на деревѣ, для писанія. Значеніе мрамора, какъ драгоцен-

наго строительнаго матеріала, идущаго на постройки, украшенія и произведенія скульптуры, всѣмъ извѣстно.

Посмотримъ, какъ образовались известняки, послѣ чего будетъ понятно и то, почему, при тождествѣ ихъ состава, они такъ сильно отличаются въ своихъ внѣшнихъ свойствахъ.

Въ большемъ или меньшемъ количествѣ, углекислый кальцій входитъ въ составъ каждой почвы. Атмосферная влага, падающая на почву, растворяетъ его и несетъ въ море, гдѣ онъ осаждается, образуя сплошныя массы. Сама по себѣ вода не можетъ растворить известняка, но она дѣлаетъ это благодаря углекислотѣ. Дождевыя капли поглощаютъ углекислый газъ, прежде всего, изъ воздуха и падаютъ съ нимъ на землю. Здѣсь вода находитъ еще большее количество этого газа, образующагося отъ разложенія гниющихъ организмовъ, масса которыхъ составляетъ перегной почвы. Растворяясь въ водѣ, углекислый газъ сообщаетъ ей до нѣкоторой степени кислотныя свойства и дѣлаетъ ее способною растворять небольшое количество известняка. Въ этомъ легко убѣдиться посредствомъ слѣдующаго простаго опыта. Если выдыхать воздухъ черезъ известковую воду, то вода, какъ показано ранѣе (46 стр.), замутится отъ образовавшагося чрезъ соединеніе извести съ CO_2 известняка. Если послѣ того продолжить выдыханіе, то вода снова начнетъ свѣтлѣть и сдѣлается совершенно прозрачною, потому что избытокъ углекислаго газа сдѣлаетъ ее способною растворить известнякъ. Нагрѣваніе препятствуетъ растворенію газовъ; поэтому, если прокипятить эту воду, то углекислый газъ изъ нея удалится, а растворившійся благодаря ему известнякъ снова выпадетъ въ осадкъ. Нѣчто подобное происходитъ и въ природѣ. Насытившаяся въ почвѣ углекислымъ газомъ вода растворяетъ известнякъ и несетъ его въ ручьи, рѣки и моря. При значительномъ количествѣ раствореннаго известняка, вода дѣлается жесткою. Отъ такой воды образуется накипь въ самоварѣ и котлахъ, которая есть ни что иное, какъ выпавшій изъ воды, вслѣдствіе кипяченія, известнякъ. Въ морской водѣ известнякъ хотя также остается въ растворѣ, но сравнительно въ маломъ количествѣ. Здѣсь онъ осаждается, по слѣдующимъ причинамъ.

Во время сильныхъ морскихъ волненій, когда вода брызгами поднимается кверху, углекислый газъ вытѣсняется изъ нея воздухомъ. Вслѣдствіе этого осаждается на дно и

соотвѣтствующая часть известняка. Эта причина замѣтно дѣйствуетъ около береговъ, такъ какъ о нихъ волны безпрестанно разбиваются на мелкія брызги. Во многихъ мѣстахъ извѣстны отложенія известняка, образовавшіяся такимъ путемъ. Когда эти осадки уплотняются, они даютъ *обыкновенный или грубый известнякъ*.

Гораздо большее значеніе въ образованіи известняковъ принадлежитъ морскимъ животнымъ. Извлекая углекислый кальцій изъ воды, они дѣлаютъ себѣ изъ него раковинки, которыя, по смерти животныхъ, остаются на днѣ и образуютъ здѣсь сплошные слои. Изъ раковинокъ микроскопически мелкихъ животныхъ, извѣстныхъ подъ именемъ корненожекъ, образовался *мѣлъ*, въ чемъ можно убѣдиться, если разсмотрѣть порошокъ мѣла подъ микроскопомъ. Эти животныя неисчислимыми количествами обитаютъ въ морскихъ водахъ. Ежедневно они рождаются и умираютъ цѣлыми милліонами, а ихъ скорлупки непрерывнымъ дождемъ осаждаются на морское дно. Первоначально эти раковинки, обладающія самыми причудливыми правильными формами, образуютъ глубоководный морской илъ, а затѣмъ, уплотняясь благодаря давленію воды и цементирующему дѣйствию углекислота кальція, осаждающагося изъ воды, переходятъ въ мѣлъ. Чрезъ долгіе промежутки времени мѣловые слои настолько уплотняются, что также образуютъ грубый известнякъ. Вслѣдствіе колебаній морского дна, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ мѣловые и известняковые пласты выступили на поверхность земли и образовали: или—болѣе или менѣе ровные слои, покрытые современемъ другими слоями почвы или даже—цѣлыя горы. Таковы южные хребты Альпъ, Жигулевскія горы на Волгѣ, мѣловыя скалы Англіи, все побережье Средиземнаго моря до границъ Азіи, и далѣе, вплоть до Гиммалаевъ протянувшіеся известковые пласты, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ достигающіе толщины многихъ тысячъ футовъ. Теченіе многихъ рѣкъ, наприм., Волги и Волхова, обнаруживаетъ въ берегахъ болѣе или менѣе толстые слои известняка. И все это является сооруженіемъ микроскопически мелкихъ существъ—корненожекъ!

Съ корненожками, по части возведенія известняковыхъ построекъ, конкурируютъ кораллы. Эти животныя обитаютъ большими, тѣсно сплоченными колоніями. Они воздвигаютъ себѣ большія плотныя раковины изъ известняка, въ небольшихъ, но многочисленныхъ отверстіяхъ которыхъ

помѣщаются отдѣльные экземпляры этихъ крохотныхъ также, хотя замѣтныхъ и безъ микроскопа, живыхъ существъ. Такъ какъ кораллы—обитатели тропическихъ морей, то здѣсь только и встрѣчаются ихъ постройки. Къ нимъ прежде всего относятся многочисленные коралловые рифы, изъ которыхъ нѣкоторые имѣютъ въ длину болѣе 1000 верстъ и въ ширину—нѣсколько сотъ верстъ. Сплошь изъ коралловыхъ построекъ состоитъ полуостровъ Флорида и многіе острова.

Кромѣ корненожекъ и коралловъ, въ образованіи известковыхъ пластовъ принимали и принимаютъ участіе моллюски (пластинчатожаберные и брюхоногіе)—своими раковинами и иглокожія (морскіе ежи, звѣзды и лиліи)—своими скелетами. Слѣдуетъ также отмѣтить участіе морскихъ водорослей, которыя, поглощая изъ морской воды углекислый газъ, для питанія, этимъ самымъ вызываютъ осажденіе известняковъ.

Заслуживаютъ вниманіе нерѣдко встрѣчающіяся въ природѣ известняковыя образованія, извѣстныя подъ именемъ *сталактитовъ и сталагмитовъ*. Дождевая вода, просачиваясь сквозь богатую известнякомъ почву или сквозь известняковые пласты, иногда встрѣчаетъ на пути подземныя пещеры. Появляющіяся на потолкѣ ихъ капли такой воды, прежде чѣмъ упасть на полъ, частію испаряются и, вслѣдствіе этого, отлагаютъ на потолкѣ нѣкоторое количество известняка. Постепенно, по мѣрѣ просачиванія и паденія капель, эти отложенія вырастаютъ на подобіе ледяныхъ сосулекъ, достигающихъ большихъ размѣровъ. Эти свѣшивающіяся съ потолка известняковые наросты называются сталактитами. Но капли не оставляютъ всего раствореннаго въ нихъ известняка на потолкѣ. Часть его онѣ уносятъ съ собою на полъ, и такъ какъ онѣ продолжаютъ испаряться, то и здѣсь отлагаютъ известнякъ, въ видѣ подобныхъ же сосулекъ, но обращенныхъ тонкимъ концомъ кверху и обладающихъ болѣе широкимъ основаніемъ. Это—сталагмиты. Идя навстрѣчу другъ другу и сливаясь, сталактиты и сталагмиты образуютъ сплошныя колонны. Пещеры съ подобными образованіями въ большомъ количествѣ встрѣчаются преимущественно въ мѣстностяхъ гористыхъ. Не мало ихъ находится, напримѣръ, у насъ въ Крыму.

Мраморъ отличается отъ другихъ разновидностей известняка своею твердостью и кристаллическимъ сложеніемъ.

Онъ состоитъ не изъ раковинъ, а изъ мелкихъ кристалликовъ, слившихся въ плотную массу. Произошелъ мраморъ изъ обыкновеннаго известняка, благодаря его перекристаллизации. Вода, проникая въ верхніе слои известняка, можетъ заимствовать отъ нихъ углекислую известь и отлагать ее, въ видѣ кристаллическихъ зеренъ, въ нижнихъ слояхъ, среди обломковъ панцирей и раковинъ различныхъ организмовъ. Если это происходитъ въ теченіе весьма длинныхъ промежутковъ времени, то вода можетъ такимъ путемъ вызвать болѣе или менѣе полную перекристаллизацию известняка и превратить его въ разновидность, называемую мраморомъ. Большею частію мраморы бываютъ бѣлаго цвѣта, но нерѣдко встрѣчаются также мраморы желтые, сѣрые, голубые, красноватые и разноцвѣтные. Богатые залежи высокаго качества мрамора находятся у Каррары въ Италіи и во многихъ мѣстахъ Греціи. Пестрые, невысокой цѣнности мраморы находятся у насъ въ Олонецкой губ. и Финляндіи.

Если изъ известняка удалить углекислый газъ, то получится основной окиселъ кальція, т. е. негашеная известь: $\text{CaCO}_3 - \text{CO}_2 = \text{CaO}$. Такъ, именно, и получается известь, при чемъ берется грубый известнякъ или мѣлъ, и отнятіе отъ нихъ углекислоты происходитъ благодаря сильному накаливанію, совершающемуся въ особо устроенныхъ печахъ. Если негашеную известь облить водою, то произойдетъ энергичная реакція химическаго соединенія, сопровождающаяся выдѣленіемъ большого количества тепла. Получится гидратъ окиси кальція или гашеная известь: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$. При смѣшеніи съ водою, она образуетъ тѣстообразную массу, извѣстную подъ именемъ известки. Смѣсь известки съ чистымъ пескомъ образуетъ цементъ, которымъ смазываются кирпичи при постройкахъ. Какъ уже говорилось, этотъ цементъ на воздухѣ твердѣетъ и становится настоящимъ камнемъ, потому, что вода изъ него испаряется, а известь снова поглощаетъ углекислый газъ изъ воздуха и обращается въ плотный известнякъ. Известь не только соединяется химически съ водою, но затѣмъ и растворяется въ ней въ небольшомъ количествѣ, образуя щелочь; одна часть извести требуетъ для растворенія 800 частей воды. Такъ какъ кальцій входитъ въ составъ извести, то, поэтому, всѣ соли этого металла носятъ названіе известковыхъ.

Соль кальція и сѣрной кислоты образуетъ также весьма извѣстный минералъ—*гипсъ*. Чистый гипсъ совершенно прозраченъ, но въ природѣ онъ встрѣчается различныхъ цвѣтовъ: бѣлый, сѣрый, желтоватый, красноватый, буроватый и т. д.; ему сообщаютъ окраску различныя подмѣси. Гипсъ—мягкій минералъ, чертится даже ногтемъ. Онъ кристаллическаго сложенія, при чемъ кристаллы его раскалываются на тонкія пластинки. Кромѣ того, въ природѣ встрѣчается другая разновидность гипса—плотная и мелкозернистая, носящая названіе алебаstra.

Замѣчательно примѣненіе гипса для полученія отпечатковъ со всякаго рода изображеній. Это примѣненіе основано на томъ, что гипсъ содержитъ въ себѣ кристаллизационную воду; формула частицы его — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Если его прожечь, то получается безводный гипсъ, который, въ смѣси съ водою, образуетъ жидкое тѣсто, легко принимающее всѣ формы. Затѣмъ вода соединяется съ гипсомъ химически, и эта масса затвердѣваетъ, удерживая принятую ею форму. Это свойство гипса легко проверить слѣдующимъ опытомъ. Возьмемъ большую монету, тщательно вымоемъ ее мыломъ, разотремъ на ея поверхности одну каплю деревяннаго масла и обернемъ ее бумагою такъ, чтобы получился открытый цилиндръ, дно котораго составляетъ монета. Чтобы концы бумаги не расходились, склеимъ ихъ. Затѣмъ сдѣлаемъ въ стаканѣ смѣсь полфунта прожженного порошкообразнаго гипса и 30 граммовъ (что составляетъ нѣсколько болѣе $\frac{1}{6}$ части вѣса взятаго гипса) воды и полученное тѣсто быстро выльемъ въ цилиндръ. Вскорѣ масса нагрѣется, вслѣдствіе реакціи химическаго соединенія гипса съ водою, и затвердѣетъ. Удаливъ чрезъ нѣкоторое время бумагу и снявъ монету, увидимъ на гипсѣ совершенно точный отпечатокъ ея. Чтобы на немъ закупорились всѣ поры, положимъ гипсовую массу, когда она совершенно высохнетъ, въ крѣпкую мыльную воду, къ которой прибавлено нѣсколько масла, и затѣмъ опять дадимъ цилиндру высохнуть. Въ полученномъ отпечаткѣ возвышеніямъ монеты, соотвѣтствуютъ углубленія и наоборотъ; такіе отпечатки называются негативными. Съ нихъ, въ свою очередь, точно также можно получать отпечатки, которые будутъ уже позитивными, т. е. ихъ возвышенія и углубленія будутъ соотвѣтствовать возвышеніямъ и углубленіямъ предмета. Такое техническое примѣ-

неніе гипса имѣть огромную практическую важность, давая возможность дешевымъ способомъ воспроизводить великія творенія скульпторовъ.

На томъ же свойствѣ гипса—химически соединяться съ водою—основано примѣненіе его въ хирургіи. Во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда требуется полный покой того или другого члена, напримѣръ, при переломахъ костей, растяженіяхъ связокъ и т. п., употребляется гипсовая повязка. Пострадавшее мѣсто обертывается гигроскопическою марлей, на которую накладывается гипсовое тѣсто, затвердѣвающее въ плотную массу и препятствующее какимъ бы то ни было движеніямъ.

Плотная разновидность гипса—алебастръ—служить для приготовленія разныхъ декоративныхъ вещицъ, вазъ и т. п. Въ сельскомъ хозяйствѣ гипсъ употребляется для удобренія почвы. Въ смѣси съ известью и пескомъ, онъ служитъ для штукатурныхъ работъ и т. п.

Гипсъ растворимъ въ водѣ, хотя въ небольшомъ количествѣ; для растворенія одного грамма его требуется около 400 граммовъ воды (т. е. его растворимость вдвое выше растворимости извести). Поэтому гипсъ содержится въ водѣ рѣкъ и морей. Осажденіе его изъ воды, при испареніи ея (особенно, при высыханіи морей) является однимъ изъ способовъ образованія сплошныхъ залежей его въ природѣ. Хотя гипсъ не имѣетъ такого широкаго распространенія, какъ известняки, тѣмъ не менѣе, онъ принимаетъ видное участіе въ составѣ земной коры. Въ Европѣ онъ въ большихъ количествахъ встрѣчается во Франціи, Сѣверной и Южной Германіи, въ Англіи, Сициліи, на Уралѣ и Кавказѣ, въ Нижегородской губ., на Волгѣ у Казани, въ Астраханской губ. Кромѣ двухъ указанныхъ разновидностей, гипсъ встрѣчается еще въ видѣ ангидрита, т. е. сѣрнокальціевой соли, не имѣющей кристаллизаціонной воды. Ангидритъ въ отличіе отъ обожженного гипса не можетъ соединиться съ водою и потому не имѣетъ основанныхъ на этомъ примѣненій.

Растворимость гипса въ водѣ приводитъ къ образованію подземныхъ пустотъ и пещеръ, которыя имѣютъ широкое распространеніе въ мѣстахъ залеганія гипса. Огромныя пещеры, происшедшія такимъ путемъ, имѣются въ Нижегородской губерніи. Иногда въ такихъ пещерахъ происходят обвалы. Если пещера располагается близко къ по-

верхности земли, то, вслѣдствіе обвала ея, образуются трещины и воронкообразныя углубленія. Если же пещера залегаетъ въ глубокихъ слояхъ, то, при ея обвалѣ, происходятъ мѣстныя землетрясенія, распространяющіяся на небольшой районъ.

Въ значительныхъ также количествахъ распространены въ природѣ соединенія сходнаго съ кальціемъ металла *магнія*. Важнѣйшія изъ нихъ: магнезитъ— $MgCO_3$, соответствующій известняку, и доломитъ, представляющій углекислую соль двухъ металловъ—магнія и кальція. Сѣрно-кислый магній— $MgSO_4$ —за свой вкусъ извѣстенъ подъ именемъ горькой соли и употребляется въ медицинѣ въ качествѣ слабительнаго. Встрѣчающіяся въ природѣ естественныя «горькія воды» обязаны своимъ вкусомъ, главнымъ образомъ, этому минералу. Металлическій магній, получающійся изъ хлористаго магнія дѣйствіемъ натрія при высокой температурѣ или электролизомъ, въ сухомъ воздухѣ, при обыкновенной температурѣ, не окисляется. Это—серебристо-бѣлаго цвѣта металлъ, которому обыкновенно придаютъ форму ленточекъ. Накаленный въ воздухѣ надъ пламенемъ, магній загорается и горитъ безъ дальнѣйшаго нагрѣванія, испуская ослѣпительно яркій бѣлый свѣтъ. Этимъ свѣтомъ пользуются въ фотографіи, когда снимаютъ помѣщенія, въ которыя дневной свѣтъ не имѣетъ доступа. Ослѣпительность магніеваго свѣта зависитъ отъ накаляющагося продукта соединенія магнія съ кислородомъ, т. е. MgO , называемаго магнезійей и имѣющаго видъ бѣлаго порошка.

Аллюминій, полевой шпатъ, слюда, глина.

Аллюминій въ свободномъ состояніи въ природѣ также не встрѣчается, но весьма распространенъ въ химическихъ соединеніяхъ. Чтобы показать это, достаточно сказать, что онъ входитъ въ составъ глины и тѣхъ горныхъ породъ, разрушеніемъ которыхъ, какъ увидимъ, образовалась глина. Аллюминій извлекается изъ соединеній при помощи электричества. Онъ обладаетъ цвѣтомъ олова, красивымъ блескомъ и весьма малымъ удѣльнымъ вѣсомъ. Способенъ вытягиваться въ тонкую проволоку и расплющиваться въ тонкіе листы. По твердости аллюминій не

уступаетъ серебру и хорошо сохраняется какъ въ сухомъ, такъ и во влажномъ воздухѣ. Онъ совсѣмъ не измѣняется азотною кислотою, съ трудомъ поддается дѣйствию слабой сѣрной кислоты, и только соляная кислота легко растворяетъ его. Органическія кислоты (уксусная и друг.) дѣйствуютъ на него только при температурѣ кипѣнія. Благодаря этимъ качествамъ, алюминій имѣетъ много практическихъ примѣненій, и, по мѣрѣ того, какъ производство его совершенствуется и удешевляется, онъ получаетъ все большее и большее распространение. Въ послѣднее время пошла въ ходъ алюминіевая посуда. Неудобство ея въ томъ, что она поддается дѣйствию кислотъ и солей при температурѣ кипѣнія. Этотъ недостатокъ, однако, не можетъ внушать серьезныхъ опасеній, такъ какъ алюминій переходитъ въ растворъ въ очень ничтожныхъ количествахъ. Благодаря своему красивому блеску, онъ примѣняется для приготовления изящныхъ вещей и бездѣлушекъ: портсигаровъ, браслетъ, портмоне и т. п. Большая легкость алюминія сдѣлала его пригоднымъ для изготовленія физическихъ приборовъ: биноклей, зрительныхъ трубъ, вѣсовъ и т. п.; особенно удобны алюминіевыя мелкія разновѣски, такъ какъ, при значительной величинѣ, онѣ обладаютъ ничтожнымъ вѣсомъ.

Говоря о кремнеземѣ, мы упоминали, что имѣется много разнообразныхъ соединений SiO_2 съ окислами другихъ элементовъ. Въ ряду этихъ послѣднихъ первое мѣсто принадлежитъ окиси алюминія— Al_2O_3 . Въ твердыхъ каменистыхъ горныхъ породахъ весьма распространенъ минералъ *полевои шпата*, представляющій химическое соединеніе окисловъ кремнія, алюминія и еще калия, или натрія, или кальція. Смотря потому, какой третій окисель, различаются нѣсколько видовъ полевого шпата. Самый обыкновенный изъ нихъ, называемый ортоклазомъ или просто полевымъ шпатомъ, содержитъ окисель калия, и формула его: $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$. (Натріевый полевой шпатъ называется альбитомъ, кальціевый—анортитомъ. Есть еще разновидности, представляющія смѣсь альбита и анортита и называемыя: олигоклазмъ, если преобладаетъ альбитъ, и лабрадормъ, если преобладаетъ анортитъ). Преобладающій цвѣтъ полевыхъ шпатовъ—бѣлый и красный. По твердости они уступаютъ немногимъ минераламъ, на примѣръ, кварцу. Они встрѣчаются, какъ сплошными залежами, такъ и въ составѣ слож-

ныхъ горныхъ породъ; на примѣръ, гранитъ представляетъ соединеніе зернышекъ кварца, полевого шпата и слюды.

Довольно извѣстный минералъ *слюда*, отличающійся способностью раскалываться на чрезвычайно тонкіе листочки, также представляетъ соединеніе окисловъ алюминія и кремнія съ другими. Если въ числѣ этихъ послѣднихъ преобладаетъ окисель калия, то получается бѣлая слюда; если же преобладаетъ окисель магнія, то—черная слюда. Этотъ минералъ также принимаетъ видное участіе въ составѣ земной коры. Отдѣльно слюда встрѣчается не часто, но за то входитъ въ составъ очень многихъ горныхъ породъ и въ томъ числѣ, какъ уже сказано, гранита. Въ прежнее время, когда еще не выдѣлывались тонкія стеклянные пластинки, бѣлою или калиевою слюдою пользовались для оконъ. Въ настоящее время изъ нея дѣлаютъ ламповые цилиндры для нѣкоторыхъ горѣлокъ и т. п.

Если полевой шпатъ подвергается продолжительному дѣйствию воды, то онъ не только механически раздробляется ею, но также измѣняется химически. Кремнекислые калий, натрій и кальцій растворяются водою, и остается только кремнекислый алюминій. Это и есть *глина*, имѣющая составъ: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Подобнымъ же образомъ глина получается изъ слюды, хотя эта послѣдняя разрушается водою медленно. Такъ какъ почти во всѣхъ горахъ, какія только существуютъ на земной поверхности, есть полевой шпатъ, который, разрушаясь, постепенно превращается въ глину, то поэтому она, какъ каждому извѣстно, имѣетъ громадное распространение въ природѣ. Глина не остается около мѣста своего образованія, а далеко разносится водою. Осаждаясь на днѣ рѣкъ и морей, наполняя низменности, котловины и рытвины, она образуетъ сплошные мощные слои, а кромѣ того, въ большемъ или меньшемъ количествѣ, она входитъ въ составъ всякой почвы.

Въ обыденной жизни многіе привыкли смотрѣть на глину, какъ на размельченный песокъ. Это—большая ошибка. Будучи различны по химическому составу (песокъ— SiO_2 и глина— $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), песокъ и глина, въ связи съ этимъ, имѣютъ еще слѣдующія существенныя отличія.

1) Глина жадно впитываетъ въ себя воду, а песокъ не впитываетъ. Если взять равныя по вѣсу количества того и другого и, всыпавъ ихъ въ воронку (надъ ватой или въ бумажный фильтр), пропустить чрезъ нихъ воду

и послѣ того свѣситъ, то окажется, что глина вѣситъ уже значительно болѣе песка, такъ какъ она удержала много воды. 2) Глина, насытившись водою, съ трудомъ пропускаетъ ее сквозь себя, а песокъ—легко, что можно замѣтить въ предшествующемъ опытѣ. На этихъ двухъ особенностяхъ основано то, что глинистыя почвы послѣ дождя не скоро просыхаютъ, а песчаныя—скоро. На глинистыхъ почвахъ образуются болота, а на песчаныхъ, если подъ пескомъ нѣтъ другихъ водонепроницаемыхъ слоевъ, не образуются. 3) Глина вбираетъ въ себя красящія, пахучія и жирныя вещества. Когда говорилось объ очищеніи воды (36 стр.), мы видѣли, что подкрашенная (наприм., лакмусомъ, сандаломъ, чернилами и т. п.) или обладающая неприятнымъ запахомъ вода, фильтруясь чрезъ глину, очищается отъ того и другого. Посредствомъ глины можно также выводить жирныя пятна изъ дерева, бумаги и пр., для чего стоитъ только обмазать ихъ тѣстомъ изъ глины и оставить въ такомъ видѣ на полдня или долѣе. Такъ называемая сукновальная глина употребляется на фабрикахъ для удаленія изъ суконъ растительнаго масла, которымъ смазывались шерстяныя нити, когда ихъ пряли. Песокъ этими свойствами не обладаетъ. 4) Напитавшись водою, глина образуетъ тягучую и липкую или пластичную массу, изъ которой можно лѣпить различныя фигуры. Песокъ же, какъ сухой, такъ и мокрый, разсыпается.

Глина большею частію имѣтъ желтый или синеватый цвѣтъ, который зависитъ отъ примѣси постороннихъ веществъ. Это обыкновенная или, такъ называемая, горшечная глина. Чистая же совершенно глина—бѣлая и называется *каолиномъ* или *фарфоровой глиной*. Она также находится въ природѣ, но въ значительно меньшемъ количествѣ.

Благодаря пластичности глины и ея способности дѣлаться при высокой температурѣ совершенно твердой, она имѣетъ множество важныхъ практическихъ примѣненій. Изъ обыкновенной глины дѣлаютъ кирпичи, кровельную черепицу, горшки (почему она и называется горшечной) и всевозможную посуду. Каолинъ же идетъ на фарфоровыя и фаянсовыя издѣлія.

Подобно тому, какъ песокъ превращается въ твердый песчаникъ, такъ и изъ глины, вслѣдствіе давленія и другихъ причинъ, образовалось нѣсколько горныхъ породъ, въ болѣе или меньшей степени твердыхъ. Эти породы обла-

даютъ способностью раскалываться на тонкія пластинки, напоминая въ этомъ отношеніи слюду. Они называются глинистымъ сланцемъ; сланцами называются всѣ вообще камни, раскалывающіеся такимъ образомъ. Глинистый сланецъ—очень распространенная порода, образующая въ нѣкоторыхъ мѣстахъ цѣлыя горы. Очень твердый и тонко-слоистый глинистый сланецъ идетъ на черепицу для крышъ и потому называется кровельнымъ сланцемъ. Черный кровельный сланецъ идетъ на грифельныя или аспидныя доски для письма и называется аспиднымъ сланцемъ. Если глинистый сланецъ легко разбивается на палочки, то изъ него дѣлаютъ грифели, и онъ называется грифельнымъ сланцемъ. Менѣе твердый глинистый сланецъ называется сланцеватою глиною. Иногда этотъ минералъ бываетъ пропитанъ чернымъ горючимъ веществомъ (смолою), представляющимъ продуктъ разложенія растений безъ доступа воздуха, и тогда называется горючимъ сланцемъ.

Окись алюминія— Al_2O_3 —встрѣчается въ природѣ въ видѣ рѣдкихъ минераловъ—драгоценныхъ камней: рубина (краснаго цвѣта), сапфира (синяго цвѣта) и менѣе цѣннаго—корунда (бураго цвѣта). Первые два встрѣчаются на Цейлонѣ и другихъ индійскихъ островахъ въ розсыпяхъ. Нечистое видоизмѣненіе корунда, встрѣчающееся въ видѣ кристаллической массы въ Малой Азіи и Массачузетѣ (въ Сѣв. Америкѣ) и называемое наждакомъ, употребляется, вслѣдствіе своей твердости, для шлифовки и полированія.

Далѣе мы переходимъ къ металламъ, соединенія которыхъ, сравнительно, менѣе распространены въ природѣ, но за то сами они имѣютъ большее практическое значеніе, чѣмъ разсмотрѣнные выше металлы.

Ж е л ѣ з о.

Ни одинъ металлъ не имѣетъ такого широкаго практическаго примѣненія и не добывается въ такомъ большомъ размѣрѣ, какъ желѣзо. Въ природѣ оно иногда встрѣчается въ свободномъ состояніи, но въ очень ничтожныхъ количествахъ. Желѣзо добывается изъ рудъ, которыя хотя и уступаютъ въ своемъ распространеніи описаннымъ выше минераламъ, какъ кварцъ, известняки, глина и др., но, тѣмъ

не менѣе, находятся во многихъ мѣстахъ и въ большихъ количествахъ.

Главнѣйшія изъ желѣзныхъ рудъ—кислородныя, которыхъ имѣется нѣсколько видовъ. Соединенія окиси желѣза— Fe_2O_3 —встрѣчаются въ двухъ видахъ: красного желѣзняка, представляющаго аморфную (некристаллическую) массу, большею частію красного цвѣта, и желѣзнаго блеска, имѣющаго кристаллическое строеніе и темносѣрый цвѣтъ съ металлическимъ блескомъ. Закись желѣза— FeO —никогда не встрѣчается въ видѣ руды, но средняя степень окисленія между окисью и закисью— Fe_3O_4 —является одною изъ главныхъ желѣзныхъ рудъ. Она называется магнитнымъ желѣзнякомъ, такъ какъ сильно притягивается магнитомъ или даже сама притягиваетъ желѣзо, представляя, такимъ образомъ, естественный магнитъ. Магнитный желѣзнякъ распространенъ преимущественно въ сѣверныхъ частяхъ земного шара и лежитъ громадными массами въ Норвегіи, Швеціи, Россіи и Сѣверной Америкѣ. У насъ въ Россіи знаменитое мѣсторожденіе магнитнаго желѣзняка представляютъ горы Благодать и Магнитная на Уралѣ. Соединяясь химически съ водою, окись желѣза образуетъ гидратъ окиси или бурый желѣзнякъ. По наружному виду, онъ представляетъ много различныхъ видоизмѣненій, къ которымъ относится, между прочимъ, такъ называемая болотная или озерная руда, почти всюду встрѣчающаяся на днѣ болотъ, озеръ и въ торфяникахъ и сообщающая имъ желто-бурый цвѣтъ. Во многихъ такъ же мѣстахъ въ природѣ находится углекислое желѣзо— FeCO_3 , называемое шпатовымъ желѣзнякомъ, который, какъ и кислородныя руды, является прекраснымъ матеріаломъ для добыванія желѣза.

Изъ всѣхъ желѣзныхъ рудъ наиболѣе распространены сѣрнистыя, т. е. представляющія соединеніе желѣза съ сѣрою. Однако, для добыванія желѣза эти руды почти совсѣмъ непригодны, такъ какъ трудно выдѣлить изъ нихъ всю сѣру, подмѣсь которой дѣлаетъ металлъ очень хрупкимъ. Онъ въ большомъ количествѣ примѣняются для полученія сѣры и приготовленія сѣрной кислоты и желѣзнаго купороса. Главною разновидностью сѣрнистаго желѣза является желѣзный колчеданъ (или пиритъ). Колчеданами, вообще, называются такія соединенія металловъ съ сѣрою, которыя имѣютъ желтый цвѣтъ и металлическій блескъ. Сѣрнистыя же металлы, имѣющія сѣрый цвѣтъ и металлическій блескъ,

носятъ общее наименованіе блесковъ. Въ виду большой важности желѣза, и для знакомства, хотя бы на одномъ примѣрѣ, съ добываніемъ металловъ изъ ихъ рудъ, опишемъ, какъ добывается желѣзо.

Полученіе металлическаго желѣза сводится къ отдѣленію отъ него постороннихъ веществъ, связанныхъ съ нимъ химически, а также подмѣшанныхъ механически. Изъ числа послѣднихъ слѣдуетъ назвать глину, кремнеземъ и известнякъ, которые въ большемъ или меньшемъ количествѣ обыкновенно бываютъ подмѣшаны къ рудамъ и, по мѣрѣ возможности, отдѣляются отъ нихъ до выплавки металла. Для этой цѣли руда разбивается на мелкіе куски, изъ которыхъ въ обработку поступаютъ только тѣ, которые представляютъ почти чистую руду, а остальные выбрасываются. Если подмѣсь рыхла (напр. глина), то она удаляется промывкою. Для этого раздробленная руда кладется въ ручей, который уноситъ всѣ мельчайшія механическія подмѣси. Затѣмъ руда высушивается прокаливаніемъ ея, послѣ чего уже приступаютъ къ выплавкѣ изъ нея металла. Выплавка производится въ особыхъ громадныхъ печахъ, называемыхъ доменными или домнами. Печь, прежде чѣмъ класть въ нее руду, прогреваютъ: зажигаютъ въ горнѣ дрова, а затѣмъ подсыпаютъ уголь. Когда температура печи поднимется до необходимой высоты, туда начинаютъ засыпать чрезъ верхнее отверстіе чередующимися слоями руду и уголь (коксъ). Такъ какъ въ рудѣ остались еще постороннія подмѣси, то къ ней прибавляется особый легкоплавкій составъ, называемый флюсомъ или плавнемъ. Расплавляясь, онъ растворяетъ въ себѣ кремнеземъ, известь и проч. примѣси къ рудѣ, которые въ такомъ состояніи легко удаляются изъ печи чрезъ особое отверстіе. Эта сплавленная масса называется шлакомъ. Уголь кладется для трехъ цѣлей: 1) для горѣнія и накаливанія руды; 2) для отнятія отъ руды кислорода, который, соединяясь съ углеродомъ, переходитъ въ углекислый газъ; 3) для соединенія съ желѣзомъ. Само желѣзо при температурѣ доменныхъ печей не плавится, но, соединяясь съ небольшимъ количествомъ угля, оно образуетъ чугуны, который сравнительно легко расплавляется. Для усиленія горѣнія, въ доменную печь, при помощи особаго аппарата, вдувается воздухъ. Расплавленный чугунъ вмѣстѣ со шлакомъ стекаетъ на дно печи. Такъ какъ шлакъ легче чугуна, то онъ покрываетъ послѣдній съ поверхно-

сти и тѣмъ предохраняетъ его отъ ржавчины, которая могла бы явиться отъ вдуваемаго воздуха. Избытокъ шлака стекаетъ чрезъ порогъ. Когда масса расплавленного чугуна поднимется до той же высоты, она выпускается изъ печи чрезъ особое отверстіе, которое ранѣе было замазано глиной, а теперь пробивается рабочимъ. Падая на песчаный полъ доменнаго сарая, чугунъ наполняетъ здѣсь отформованныя для него помѣщенія, въ видѣ желобковъ. Здѣсь онъ застываетъ въ видѣ кусковъ длиною болѣе аршина, плоскихъ съ одной стороны и округлыхъ съ другой и по концамъ и называемыхъ свинками.

Итакъ, изъ желѣзныхъ рудъ прежде всего получается *чугунъ*, а изъ этого послѣдняго, путемъ послѣдующей обработки его, производящейся въ особыхъ печахъ и заключающейся въ отнятіи углерода, — уже *желѣзо* и *сталь*. Эти три видоизмѣненія одного и того же металла зависятъ отъ присоединенія къ желѣзу углерода. Въ чугунѣ его содержится отъ 3 до 5%, въ стали — около 1—1½%, въ химически чистомъ желѣзѣ его совсѣмъ не должно быть, но въ обыкновенномъ кузнечномъ содержится до ¼%.

Отъ различія въ составѣ чугуна, желѣза и стали зависятъ ихъ физическія особенности, обуславливающія то или иное ихъ примѣненіе.

Чугунъ легко плавится и отличается большою твердостью. Онъ ломокъ и, поэтому, не гнется; не обладает ковкостью. Для соединенія отдѣльных кусковъ чугуна ихъ нужно расплавить. Отливая чугунъ въ формы, изъ него можно готовить самыя разнообразныя вещи. Изъ него дѣлаются остовы всевозможныхъ машинъ, паровые котлы, балки для зданій, арки мостовъ и т. д. и т. д. Различаются бѣлый и сѣрый чугунъ. Въ первомъ углеродъ химически связанъ съ желѣзомъ, а во второмъ присутствуетъ въ видѣ мелкихъ частичекъ графита. Послѣдній сортъ менѣе хрупокъ и потому онъ преимущественно употребляется для отливокъ.

Желѣзо, въ противоположность чугуна, весьма тугоплавко (требуется для расплавленія около 1500°), ковка, тягуче и гнется, не ломаясь. Оно весьма твердо, но въ бѣлокалильномъ жару размягчается, такъ что въ этомъ состояніи его можно ковать, т. е. сообщать ему молотомъ какія угодно формы. Размягченные полосы желѣза спаиваются (свариваются), если ихъ положить другъ на друга на

наковальнѣ и ударять по нимъ молотомъ. Въ виду большой тугоплавкости, желѣзо имѣетъ значительно меньшее примѣненіе, чѣмъ чугунъ.

Сталь, какъ по составу, такъ и по свойствамъ, занимаетъ промежуточное положеніе между чугуномъ и желѣзомъ. Она не такъ хрупка, какъ чугунъ, но за то и не гнется какъ желѣзо и, въ противоположность ему, обладаетъ большою упругостью. Она плавится легче желѣза, но при болѣе высокой температурѣ, чѣмъ чугунъ. вмѣстѣ съ тѣмъ, сталь можетъ коваться и свариваться. Благодаря этимъ свойствамъ, примѣненія ея въ высшей степени разнообразны. Большое практическое значеніе имѣетъ и то, что стали можно по произволу придавать различную степень твердости. Если раскаленную сталь быстро охладить, опустивъ ее въ холодную воду, то она сдѣлается чрезвычайно твердою, но въ тоже время и хрупкою. Если же ее медленно охлаждать, она потеряетъ твердость, и тѣмъ въ большей степени, чѣмъ значительнѣе было предшествующее нагрѣваніе. вмѣстѣ съ тѣмъ, сталь сдѣлается упругою. Это измѣненіе твердости стали называется отпусканіемъ ея. Такимъ путемъ можно и твердую сталь обратить въ мягкую и наоборотъ. Предпочтительно предъ всѣми металлами, сталь идетъ на приготовленіе всевозможныхъ рѣжущихъ инструментовъ, для которыхъ важна не только твердость матеріала, но опредѣленная степень твердости. Изъ стали дѣлаются желѣзнодорожные рельсы. Сталь упругая идетъ на приготовленіе пружинъ, рессоръ и т. п. Такъ какъ сталь можетъ и коваться, и плавиться, то множество вещей готовится и тѣмъ, и другимъ способомъ. Въ послѣднее время все въ большее и большее употребленіе входитъ литая сталь, изъ которой отливаютъ предметы большихъ размѣровъ, напимѣръ, пушки. Сталь цѣнится дороже желѣза, а тѣмъ болѣе чугуна, и идетъ на болѣе дорогія издѣлія.

Нѣтъ нужды говорить о томъ, что, по отношенію къ потребностямъ человѣка, желѣзо — самый необходимый металлъ. Куда бы мы ни посмотрѣли, на какую бы сторону жизни ни обратили вниманіе, вездѣ оно несетъ ту или другую службу. О его пользѣ для человѣчества краснорѣчивѣе всего говорятъ цифры его ежегоднаго потребленія. Въ настоящее время міровая производительность желѣза превышаетъ 25 милліоновъ тоннъ въ теченіе одного года.

М ѣ д ъ.

Первое мѣсто послѣ желѣза по приносимой человѣку пользѣ занимаетъ мѣдь. Въ природѣ она довольно распространена какъ въ рудахъ, такъ и въ самородномъ состояніи. Хотя мѣдь ржавѣетъ на воздухѣ, т. е. соединяется съ кислородомъ, но ржавчина образуется только съ поверхности металла, а въглубь не проникаетъ. Поэтому, мѣдь находятъ въ природѣ въ самородномъ состояніи, иногда очень большими кусками и глыбами, или же въ формѣ красивыхъ кристалловъ, соединенныхъ вмѣстѣ въ видѣ вѣточекъ, проникающихъ другія породы. Большая часть мѣди извлекается, однако, изъ рудъ, которыя напоминаютъ собою руды желѣза. Какъ и тамъ, мы видимъ здѣсь кислородныя руды, сѣрнистыя и углекислыя. Во многихъ мѣстахъ находится красная мѣдная руда, представляющая закись мѣди— Cu_2O . Сѣрнистыя руды встрѣчаются въ видѣ мѣднаго калchedана, представляющаго самую распространенную мѣдную руду, и мѣднаго блеска. Углекислая мѣдная соль, въ соединеніи съ гидратомъ окиси мѣди, образуетъ весьма цѣнный минералъ—малахитъ. Благодаря его красивому синему цвѣту и красивому рисунку, онъ употребляется на украшенія: вазы, обкладку колоннъ, запонки, брошки, серьги и т. п. Впрочемъ, такое примѣненіе имѣютъ только плотные куски малахита, которыхъ сравнительно очень мало. Большею же частью онъ встрѣчается въ видѣ ноздреватыхъ массъ, идущихъ на выплавку металла.

Извлечение мѣди изъ кислородныхъ, а также углекислыхъ рудъ, не представляетъ затрудненій и идетъ тѣмъ же путемъ, какъ и извлечение желѣза. Въ такъ называемыхъ шахтенныхъ печахъ, похожихъ на доменные, но имѣющихъ меньшій размѣръ, руда накаливается вмѣстѣ съ углемъ, который отнимаетъ отъ нея кислородъ. Къ рудѣ прибавляется также пламень, образующій вмѣстѣ съ негодными подмѣсями легкоплавкой шлакъ, и т. д. Наибольшее количество мѣди получается, однако, не изъ кислородныхъ рудъ, а изъ сѣрнистыхъ. Обработка этихъ послѣднихъ значительно сложнее, такъ какъ здѣсь приходится отдѣлять отъ мѣди сѣру, что достигается предварительнымъ сильнымъ прокачиваніемъ руды въ особыхъ печахъ.

Металлическая мѣдь имѣетъ характерный красный цвѣтъ съ значительнымъ блескомъ. Она ковкая, подъ уда-

рами молота плющится, а при прокатываніи образуетъ тонкіе листы; обладаетъ значительною вязкостью и прочностью. Примѣненія этого металла въ практической жизни весьма обширны. Изъ него дѣлаютъ монеты и кухонную утварь. Относительно послѣдней слѣдуетъ замѣтить, что нужно быть весьма осторожнымъ при употребленіи мѣдной посуды для приготовления пищи, особенно кислыхъ блюдъ. Мѣдь ржавѣетъ и жадно соединяется съ кислотами, давая въ томъ и другомъ случаѣ ядовитыя вещества. Чтобы этого не было, всѣ мѣдные сосуды должны быть изнутри вылужены, т. е. покрыты оловомъ.

Въ большинствѣ случаевъ мѣдь употребляется не въ чистомъ видѣ, а сплавленная съ другими металлами. Сплавъ мѣди и олова извѣстенъ подъ именемъ *бронзы*, изъ которой въ настоящее время выдѣлываютъ различные предметы комфорта и роскоши, а также пушки и колокола. Смотря по количеству мѣди и олова, а равно другихъ примѣсей, входящихъ въ современную бронзу, ея цвѣтъ и другія свойства мѣняются. При избыткѣ мѣди, бронза имѣетъ желтый цвѣтъ. Сплавъ, примѣняющійся для отливки колоколовъ, содержитъ около 78% мѣди и 22% олова. Для отливки статуй и различныхъ предметовъ украшеній употребляются сплавы, содержащіе около 2—5% олова, 10—30% цинка и 65—85% мѣди. Оловянная бронза была извѣстна еще первобытному человѣку, а въ послѣднее время большое распространеніе пріобрѣтаетъ алюминіевая бронза, представляющая сплавъ мѣди съ 3—10% алюминія. Этотъ сплавъ отличается способностью выполнять мельчайшія углубленія формъ, въ которыя его отливаютъ, большою твердостью, гибкостью, вязкостью, способностью хорошо полироваться, неизмѣняемостью подъ вліяніемъ воздуха и кислотъ, красивымъ цвѣтомъ и блескомъ (при 50% алюминія), которые можно сравнить съ цвѣтомъ и блескомъ золота. Послѣ всего этого понятно, что алюминіевая бронза нашла также широкое примѣненіе для приготовления различныхъ предметовъ практическаго употребленія: различныхъ украшеній, ложекъ, часовъ, сосудовъ, вилокъ, ножей и т. п.

Изъ мѣди и цинка получаютъ два весьма важныхъ сплава—*латунь* и *томпакъ*. Латунь, извѣстная также подъ названіемъ желтой мѣди, содержитъ 2 части мѣди и одну часть цинка или 7 частей мѣди и 3 части цинка. Изъ всѣхъ

мѣдныхъ сплавовъ она является самымъ распространеннымъ: изъ нея готовятъ самовары, дверныя и оконныя ручки, крючки, петли и множество другихъ вещей. Томпакъ содержитъ не менѣе 80% мѣди. Онъ обладаетъ способностью подъ вліяніемъ сильныхъ ударовъ парового молота соплющиваться въ необыкновенно тонкіе листочки, которые, подъ именемъ сусальнаго золота, идутъ на дешевую позолоту дерева и проч. Съ тою же цѣлью и подъ тѣмъ же именемъ примѣняется двусѣрнистое олово (SnS_2), имѣющее также видъ золота и расплющивающееся на чрезвычайно тонкіе листочки.

Изъ мѣди, цинка и никкеля дѣлается сплавъ, извѣстный подъ именемъ *мельхиора* или *нейзильбера*. Его составъ подлежитъ колебаніямъ, но большею частью онъ содержитъ около 60% мѣди, 30% цинка и 10% никкеля. Изъ мельхиора готовятъ многіе предметы—посуда, столовыя и чайныя ложки и др., которые въ большинствѣ случаевъ серебрятся (гальваническимъ путемъ). Мельхиоровая посуда не пригодна для храненія въ ней кислыхъ веществъ, такъ какъ подъ дѣйствіемъ ихъ мѣдь переходитъ въ растворъ.

Превосходные синіе и зеленые цвѣта нерастворимыхъ солей мѣди обуславливаютъ ихъ широкое примѣненіе въ качествѣ красокъ.

Свинецъ, олово, цинкъ, ртуть.

Свинецъ—Pb—въ самородномъ состояніи почти не встрѣчается. Главнѣйшая руда, изъ которой онъ добывается—свинцовый блескъ, т. е. соединеніе свинца съ сѣрой (PbS). Этотъ металлъ—синеvато-сѣраго цвѣта, на свѣжѣмъ разрѣзѣ имѣетъ красивый блескъ, который скоро тускнѣетъ отъ образующагося тонкаго слоя окиси. Свинецъ—тяжелый, но очень мягкій металлъ: рѣжется ножомъ, даже чертится ногтемъ и пишетъ, оставляя сѣрую черту на бумагѣ. Его можно расплавить даже на пламени свѣчи—при 335° . Мягкость свинца дѣлаетъ его непригоднымъ для издѣлія большинства тѣхъ предметовъ, которые готовятъ изъ другихъ металловъ, но его стойкость противъ кислотъ, способность спаиваться и вытягиваться въ шесты, трубы и т. п., дѣлаютъ этотъ металлъ весьма драгоцѣннымъ для многихъ техническихъ

примѣненій. Свинцовыя трубы употребляются для проведенія воды и многихъ другихъ жидкостей. Изъ свинца дѣлаютъ пули, дробь, разнаго рода пломбы и т. п. Свинцовыми листами обкладываютъ сосуды, вмѣщающіе кислоты. Такъ какъ свинецъ, подобно мѣди, ядовитъ, то изъ него нельзя дѣлать посуды. Соединенія свинца образуютъ также очень хорошія краски: бѣлую (свинцовыя бѣлила—соединеніе углекислаго свинца съ гидратомъ окиси его), красную (сурикъ— Pb_3O_4) и желтую (хромовокислый свинецъ).

Олово—Sn—въ самородномъ состояніи также представляетъ большую рѣдкость. Главнѣйшая руда его—окись олова (SnO_2), называемая оловяннымъ камнемъ. Цвѣтъ олова бѣлый, нѣсколько темнѣе серебра. Это мягкій, легко кующійся и самый легкоплавкій металлъ; температура плавленія его— 230° . Такъ какъ олово не поддается дѣйствію влаги и воздуха, то поэтому оно находитъ много примѣненій въ жизни. Изъ него готовится разная домашняя утварь: блюда, подсвѣчники и т. п.; при этомъ, для сообщенія посудѣ болѣе твердости и для удешевленія ея, обыкновенно къ олову прибавляется немного свинца. Оловомъ покрывается внутри, т. е. лудится, мѣдная посуда. Это дѣлается такимъ образомъ. Взявъ, на примѣръ, мѣдную кастрюлю и вымывъ ее внутренность кислотою и водою, лудильщикъ кладетъ туда кусокъ чистаго олова съ бурою и ставитъ кастрюлю на горячіе угли. Олово растопляется и затѣмъ растирается по дну и стѣнкамъ, къ которымъ пристаеъ. Олово идетъ для приготовленія жести, которая представляетъ тонкіе желѣзные листы, покрытые съ поверхности оловомъ; это достигается опусканіемъ горячихъ листовъ въ расплавленное олово по нѣскольку разъ. При помощи олова спаиваются металлы. Для этого спаиваемые металлическіе предметы накаляются, и между ними кладется олово съ бурою; послѣдняя нужна потому, что она очищаетъ металлы отъ ржавчины и, покрывая ихъ раскаленными поверхностями, защищаетъ ихъ отъ доступа кислорода, который при высокой температурѣ легко бы могъ соединиться съ металлами. Вслѣдствіе тягучести олова, изъ него готовятъ весьма тонкіе листы (листовое олово), которыми обвертываются, для защиты отъ влаги, многіе продажные предметы: чай, табакъ, шоколадъ, мыло и т. п. Подобные листы можно готовить и изъ свинца, но ихъ запрещено примѣнять для этой цѣли, такъ какъ свинецъ ядовитъ.

Цинкъ въ свободномъ состояніи не встрѣчается. Главнѣйшая руда его—углекислый цинкъ или галмей (ZnCO_3). Менѣе важное значеніе имѣетъ другая руда—сѣрнистый цинкъ (ZnS) или цинковая обманка (такъ названа вслѣдствіе того, что по внѣшнему виду иногда напоминаетъ золото). Цинкъ—синеvато-бѣлый металлъ, при обыкновенной температурѣ хрупкій, но при 100° мягкій, такъ что его можно плющить и тянуть. Въ сухомъ воздухѣ онъ вовсе не измѣняется, а въ сильно влажномъ—только съ поверхности покрывается незначительнымъ слоемъ ржавчины. Въ виду этого, цинкъ въ послѣднее время начинаетъ приобрѣтать все большее и большее распространеніе въ кровельномъ дѣлѣ, служа для покрытія желѣзныхъ листовъ, идущихъ на крышу (оцинкованное желѣзо). Онъ идетъ также для приготовленія всевозможныхъ сосудовъ, примѣняется въ электрическихъ приборахъ. Изъ соединений цинка имѣютъ большое примѣненіе: цинковый купоросъ (ZnSO_4)—въ медицинѣ и окись цинка (ZnO)—въ красильномъ дѣлѣ, подъ именемъ цинковыхъ бѣлилъ.

Ртуть — единственный металлъ, находящійся при обыкновенной температурѣ въ жидкомъ состояніи. Въ природѣ встрѣчается самородная ртуть, обыкновенно въ видѣ капель, вкрапленныхъ въ различные минералы и, въ рѣдкихъ случаяхъ, въ значительныхъ скопленіяхъ въ пустотахъ породъ. Большая часть этого металла добывается изъ рудъ, среди которыхъ первое мѣсто принадлежитъ киновари. Минералъ этотъ характеризуется ярко-краснымъ цвѣтомъ и представляетъ соединеніе ртути съ сѣрю (HgS). При -40° по Цельсію ртуть замерзаетъ. Жидкая ртуть по своему внѣшнему виду напоминаетъ расплавленное серебро, а застывая похожа на олово: ее можно рѣзать и ковать. На воздухѣ ртуть не измѣняется. При нагреваніи обращается въ паръ и улетучивается. Пары ртути такъ же, какъ и всѣ ея соединенія, ядовиты: они производятъ слюноистеченіе, дрожаніе рукъ и другіе болѣзненные припадки, особенно часто наблюдаемые у рабочихъ, обрабатывающихъ этотъ металлъ. Ртуть обладаетъ способностью растворять въ себѣ многіе металлы: золото, серебро, мѣдь, олово, свинецъ, цинкъ. Эти растворы или сплавы называются амальгамами или сортучками. При нагреваніи амальгамъ, ртуть выдѣляется и улетучивается. На этомъ основано ея примѣненіе при золоченіи и серебреніи, а

также, какъ потомъ увидимъ, при добываніи золота. При золоченіи и серебреніи предметъ покрывается слоемъ соответствующей амальгамы и затѣмъ сильно нагревается, отъ чего ртуть улетучивается, а золото и серебро остаются. Этотъ способъ называется золоченіемъ и серебреніемъ чрезъ огонь. Многія амальгамы сохраняютъ почти жидкій видъ и могутъ быть натерты на разные предметы. Оловянная амальгама идетъ для натиранія обратной стороны зеркалъ, а цинковая—для подушекъ электрической машины. Какъ извѣстно, ртуть идетъ на приготовленіе термометровъ и барометровъ. Изъ соединений ртути важное значеніе имѣютъ: хлористая ртуть или сулема (HgCl_2)—ядовитое вещество, употребляющееся для дезинфекціи; хлористая ртуть или каломель (HgCl), примѣняющаяся въ медицинѣ, и киноварь, употребляющаяся въ качествѣ красной краски.

Благородные металлы.

Подъ именемъ благородныхъ металловъ разумѣются серебро, золото и платина. Названіе благородныхъ дано имъ потому, что они совсѣмъ не окисляются на воздухѣ, т. е. не ржавѣютъ, а изъ своихъ соединеній, которыя для золота и платины всѣ искусственныя, легко выдѣляются при накаливаніи. Это свойство указываетъ на то, что названные металлы, въ особенности золото и платина, обладаютъ ничтожною химическою энергіей, ничтожнымъ средствомъ къ другимъ тѣламъ.

Серебро — Ag —встрѣчается въ природѣ и въ самородномъ состояніи, и въ рудахъ. Самородное серебро чаще всего прорѣзываетъ массы другихъ (материнскихъ) породъ тонкими ниточками и жилками. Нерѣдко также оно встрѣчается въ видѣ кристалловъ (кубы, октаэдръ) и плотныхъ массъ. Важнѣйшія руды: серебряный блескъ, т. е. сѣрнистое серебро (Ag_2S) и роговое серебро — соединеніе этого металла съ хлоромъ (AgCl), названное такъ потому, что по своему внѣшнему виду и мягкости представляетъ нѣкоторое сходство съ рогомъ. Хотя серебро не ржавѣетъ, однако, серебряныя вещи иногда тускнѣютъ. Это зависитъ отъ присутствія въ воздухѣ какихъ либо сѣрнистыхъ соединеній и образованія на поверхности ме-

талла тонкаго слоя сѣрнистаго серебра. Такъ, серебряная ложка чернѣетъ отъ яйца, такъ какъ въ составъ послѣдняго входитъ сѣра; если яйцо испортившееся, то образуется сѣроводородъ, который въ особенности легко вступаетъ въ реакцію съ металломъ. На образахъ въ теченіе долгаго времени чернѣютъ серебряныя ризы, что зависитъ опять отъ сѣрнистыхъ соединений, получающихся, на примѣръ, при зажиганіи простыхъ сѣрныхъ спичекъ. По этой причинѣ, на сѣрныхъ водахъ нельзя имѣть при себѣ серебряныхъ вещей. Вслѣдствіе того, что серебро имѣетъ красивый бѣлый цвѣтъ съ сильнымъ блескомъ и не ржавѣетъ, оно дорого цѣнится и идетъ на украшенія, на дорожную посуду и на монету. Такъ какъ чистое серебро слишкомъ мягко и легко стирается, его употребляютъ на издѣлія обыкновенно въ сплавѣ съ мѣдью. Количество серебра въ сплавѣ обозначается пробой, т. е. числомъ, показывающимъ, сколько золотниковъ серебра имѣется въ фунтѣ этого сплава. Обыкновенное наше серебро 84-й пробы, т. е. въ фунтѣ его содержится 84 золотника серебра и 12 золотниковъ мѣди. Вслѣдствіе своей мягкости, серебро способно вытягиваться въ проволоку и расплющиваться въ тонкіе листы. Изъ соединений этого металла заслуживаетъ вниманіе азотно-серебряная соль (AgNO_3), называемая ляписомъ или адскимъ камнемъ. Это вещество бѣлаго цвѣта, обладающее ѣдкимъ, жгучимъ свойствомъ и, поэтому, примѣняемое въ медицинѣ для прижиганія ранъ и т. п. Ляписъ замѣчателенъ еще тѣмъ, что отъ свѣта онъ чернѣетъ, вслѣдствіе выдѣленія металлическаго серебра. На этомъ основано его примѣненіе въ фотографіи. Наиболѣе богатые залежи серебра находятся въ Мексикѣ, Перу, Чили; у насъ въ Россіи — на Алтаѣ, въ Нерчинскомъ округѣ.

Золото—Au—находится въ природѣ только въ самородномъ состояніи. Оно встрѣчается или въ видѣ тонкихъ нитей, пронизывающихъ твердыя горныя породы и образующихъ сплетенія въ древовидныхъ и мохообразныхъ формахъ, или же въ видѣ кристалловъ, зернышекъ и кусочковъ различныхъ размѣровъ, вкрапленныхъ въ эти породы. Иногда встрѣчаются большіе куски, носящіе названіе самородковъ; наприм., въ музеѣ Горнаго института (въ С.-Петербургѣ) хранится самородокъ, вѣсомъ въ 2 пуда 7 фунт. 92 зол., найденный на Южномъ Уралѣ. Если гор-

ныя породы, содержащія золото, разрушаются и превращаются въ песокъ и т. п., то получаютъ золотосыныя розсыпи. Золото добывается какъ изъ массивныхъ породъ или коренныхъ мѣсторожденій, такъ и изъ розсыпей. Въ первомъ случаѣ оно называется горнымъ или рудничнымъ, во второмъ — шлиховымъ.

Добывается золото путемъ промывки. Промывается золотосыный песокъ, при чемъ, если разрабатываются массивныя породы, то они раздробляются и искусственно превращаются въ песокъ. Приборы или машины для промывки устраиваются весьма разнообразныя, но суть ихъ одна и та же и заключается въ томъ, что, такъ какъ удѣльный вѣсъ всѣхъ минераловъ значительно ниже вѣса золота, то струя воды уноситъ ихъ песчинки, оставляя золото. Вотъ наиболѣе простые снаряды для промывки, называемые вашгердами. Устраивается деревянная гора, поперекъ которой приколачиваются тоненькія дощечки, въ родѣ ступенекъ, а на нихъ кладутъ полоски войлока или рогожки. Сверху горы высыпается золотосыный песокъ и безпрестанно бѣжитъ вода. Она уноситъ минеральныя песчинки, а частички золота, какъ болѣе тяжелыя, засѣдаютъ въ войлокѣ или же скатываются только внизъ, къ подножію горки, гдѣ потомъ собираются. Для разработки уплотнившейся золотосыной почвы устраивается, на примѣръ, такой приборъ. Почва кладется въ большую чугунную чашу, на днѣ которой сдѣланы крупныя отверстія. Въ чашу падаетъ струя воды, а внутри ея вращается валъ съ чугунными лапами. Отъ дѣйствія послѣднихъ пески перетираются съ водою и чрезъ отверстія на днѣ поступаютъ во вторую подобную же чашу, имѣющую еще болѣе мелкія отверстія. Здѣсь песокъ снова подвергается перетиранию подобныхъ же лапъ и отсюда уже, въ видѣ мути, идетъ на наклонный корытообразный помостъ, при чемъ гальки, т. е. болѣе крупныя кусочки минерала, остаются въ чашкахъ. Рабочіе стоятъ около помоста и граблями возмущаютъ воду, чтобы лучше отыскать металлъ. Путемъ промывки нельзя, конечно, совершенно раздѣлить все золото и весь песокъ, такъ какъ этотъ способъ слишкомъ грубый. Поэтому, въ послѣднее время при добываніи золота пользуются ртутью, которая, растворяя этотъ металлъ, образуетъ амальгаму. Ртутью обрабатываютъ золотосыный песокъ, предварительно промытый. Такъ какъ количество ртути, по сравне-

нію съ извлекаемымъ ею золотомъ, очень большое, то амальгама остается жидкою и легко отдѣляется отъ песка фильтрованіемъ. При нагреваніи амальгамы, ртуть испаряется, а золото остается. Несмотря на то, что розсыпи нерѣдко называются золотыми песками, золота въ нихъ содержится чрезвычайно мало и онѣ даже мало бываютъ похожи на песокъ, такъ какъ иногда заключаютъ въ себѣ столько глины и такъ крѣпко съеживаются въ землѣ, что и лопата не беретъ ихъ. Розсыпи считаются стоящими обработки, если изъ 100 пудовъ почвы добывается до $\frac{1}{4}$ золотника золота.

Золото отличается своимъ желтымъ цвѣтомъ, громадною ковкостью и тягучестью, превосходящею всѣ другіе металлы. Одинъ гранъ золота, т. е. кусочекъ съ булавочную головку, можно вытянуть въ проволоку до 500 футовъ длины, а небольшую монету (величиною съ пятиалтынный) изъ чистаго золота можно выковать въ листокъ въ 20 квадратныхъ футовъ.

Золото идетъ, главнымъ образомъ, на монету и на украшенія. Въ виду большой мягкости, оно употребляется, какъ и серебро, въ сплавѣ съ мѣдью. Обыкновенно въ издѣліяхъ золото бываетъ 56-й или 92-й пробы.

Первое мѣсто по богатству золотомъ занимаетъ западная часть Сѣверной Америки, въ особенности Калифорнія. Затѣмъ слѣдуютъ Мексика, Чили, Бразилія, Австралія, Южная Африка. Въ Европѣ золото добывается на Карпатахъ; всѣ же остальные мѣсторожденія совершенно истощены. Въ Россіи золотопромышленность существуетъ на Уралѣ, Алтаѣ и въ восточной Сибири. Такъ какъ золото—самый красивый и не окисляющійся металлъ, который встрѣчается довольно рѣдко, и добываніе его обходится дорого, то цѣна его выше цѣны всѣхъ другихъ металловъ.

Платина встрѣчается въ природѣ только въ самородномъ состояніи. Добывается изъ розсыпей. Почти вся валяющаяся въ мірѣ платина получена съ Урала. Цвѣтъ этого металла—стально-сѣрый; блескъ незначительный. Платинаковка и тягуча не менѣе золота. Она—самый тяжелый изъ всѣхъ металловъ; удѣльный вѣсъ ея 21 (а золота—19). Драгоценными качествами платины являются то, что она ни при какой температурѣ не окисляется и при этомъ превосходитъ тугоплавкостью всѣ металлы (плавится только при 1750°). Благодаря этому, она идетъ на приготовленіе многихъ химическихъ приборовъ и посуды: тиглей, въ которыхъ про-

исходитъ сплавленіе веществъ, требующихъ высокой температуры, наконечниковъ для паяльных трубокъ и т. п. Такъ какъ въ этомъ отношеніи платина никакимъ другимъ металломъ не можетъ быть замѣнена, такъ какъ эта роль ея весьма важная, и въ то же время этотъ металлъ чрезвычайно рѣдкій, то цѣнность платины, несмотря на ея не красивую виѣшность, приближается къ цѣнности золота.

Сложныя горныя породы.

Вещества, изъ которыхъ состоитъ земная кора, называются минеральными или *минералами*, а образуемые минералами скопленія называются горными породами. Различаются *простыя и сложныя горныя породы*, изъ которыхъ первыя состоятъ изъ одного какого либо минерала, а вторыя—изъ нѣсколькихъ. Съ нѣкоторыми болѣе распространенными минералами и образуемыми ими простыми горными породами мы уже познакомились; таковы—кварцъ, известняки, гипсъ, полевые шпаты, слюда, каменная соль, селитры, руды металловъ и проч. Теперь, для примѣра, опишемъ двѣ наиболѣе распространенныя сложныя горныя породы: гранитъ и гнейсъ.

Гранитъ состоитъ изъ трехъ главныхъ минераловъ—полевого шпата, кварца и слюды, которые, въ видѣ зеренъ большаго или меньшаго размѣра, соединились здѣсь въ одну плотную массу. Болѣе всего въ гранитѣ полевого шпата, менѣе всего—слюды. Первый минералъ бываетъ въ гранитѣ обыкновенно розоваго или, рѣже, сѣраго цвѣта, кварцъ—бѣлаго и слюда—чернаго. Такъ какъ полевой шпатъ преобладаетъ въ гранитѣ, то онъ, главнымъ образомъ, опредѣляетъ и цвѣтъ всей породы. Такимъ образомъ, различаются граниты красные и сѣрые. Кромѣ того, по величинѣ зеренъ образующихъ минераловъ граниты бываютъ крупнозернистые и мелкозернистые.

Гранитъ чрезвычайно распространенъ и въ глубокихъ нѣдрахъ земной коры, и на ея поверхности. Во многихъ мѣстахъ онъ образуетъ цѣлыя горы. Центральные хребты Альпъ, Карпатовъ, Исполинскихъ горъ, Богемскаго лѣса, Сосновыхъ горъ и др. образованы изъ гранита. Въ Россіи громадныя массы краснаго гранита имѣются въ Финляндіи и сѣраго—на островахъ Ладожскаго озера, близъ города

Сердоболя; поэтому, красный гранитъ иначе называется финляндскимъ, а сѣрый—сердобольскимъ.

Примѣненія гранита разнообразны. Въ видѣ мелкихъ камней, называемыхъ булыжниками, онъ въ широкомъ размѣрѣ употребляется для мощенія улицъ, а еще въ болѣе мелкомъ видѣ—на шоссеиныя дороги. Гранитъ представляетъ крѣпкій и, послѣ шлифовки, красивый строительный матеріалъ, идущій на дорогія сооруженія. Уже древніе Египтяне дѣлали изъ гранита свои обелиски. Въ настоящее время изъ него также дѣлаютъ пьедесталы для многихъ памятниковъ (напримѣръ, для памятника Петра I и Екатерины II въ Петербургѣ, а знаменитая Александровская колонна вся высѣчена изъ этого камня); фундаменты для зданій (наприм., фундаментъ Мраморнаго дворца); колонны въ большихъ зданіяхъ (наприм., снаружи Исаакиевскаго и внутри Казанскаго собора въ Петербургѣ) и проч. Петербургъ славится знаменитыми набережными рѣки Невы и каналовъ, сооруженными сплошь изъ гранита. При выламываніи гранита и другихъ камней изъ скалъ прибѣгають къ пороху или динамиту. Обыкновенно въ скалѣ выбивается рядъ дыръ, извѣстнымъ образомъ расположенныхъ, и онѣ наполняются порохомъ или динамитомъ; затѣмъ зажигается ведущій къ нимъ фитиль, и рабочіе удаляются; отъ взрыва образуются трещины, отдѣляющія отъ скалы глыбы.

Гранитъ является представителемъ такъ называемыхъ массивныхъ сложныхъ горныхъ породъ, въ которыхъ образующіе ихъ минералы соединены въ одну сплошную, безпорядочную, во всѣхъ направленіяхъ одинаково плотную массу. Слѣдующая же порода—гнейсъ является представителемъ слоистыхъ сложныхъ горныхъ породъ, отличный характеръ которыхъ опредѣляется ихъ названіемъ.

Гнейсъ состоитъ изъ тѣхъ же главныхъ составныхъ частей, что и гранитъ, т. е. изъ полевого шпата, кварца и слюды. Разница заключается только въ строеніи. Здѣсь листочки слюды расположены во взаимно-параллельномъ положеніи, вслѣдствіе чего порода является слоистой. Какъ и въ гранитѣ, полевой шпатъ здѣсь бываетъ двухъ цвѣтовъ, почему и гнейсы бываютъ также красные и сѣрые. Смотря по крупности прослоекъ слюды, различаютъ гнейсы тонкослоистые и толстослоистые. Гнейсъ встрѣчается въ природѣ также въ большихъ количествахъ, при чемъ онъ обыкновенно сопутствуетъ граниту. Несмотря на слоистость,

гнейсъ съ трудомъ поддается обработкѣ въ плиты, а потому въ строительномъ дѣлѣ онъ примѣняется въ ограниченныя размѣрахъ.

Въ гранитѣ и гнейсѣ, кромѣ указанныхъ трехъ главныхъ составныхъ частей, содержатся другія, только въ небольшомъ количествѣ. Имѣется множество горныхъ породъ, еще болѣе сложныхъ по составу, чѣмъ гранитъ и гнейсъ.

П о ч в а.

На поверхность земли только въ немногихъ, сравнительно, мѣстахъ, преимущественно въ горахъ, выступаютъ плотныя горныя породы, представляющія сплошныя каменистыя массы. Обыкновенно же мы видимъ верхніе слои болѣе или менѣе мягкіе, состоящіе изъ маленькихъ разединенныхъ частичекъ, которыя представляютъ продуктъ разрушенія горныхъ породъ. Съ этимъ явленіемъ разрушенія и съ причинами его мы подробнѣе познакомимся въ слѣдующей главѣ. Если разрушается простая горная порода, состоящая изъ одного минерала, то и продуктъ разрушенія получается простой, однородный; такъ, разрушеніемъ кварца, какъ мы видѣли, получается песокъ, разрушеніемъ полевого шпата и слюды—глина. Если же разрушаемая порода сложная, то и продуктъ получается сложный. Таковую, именно, разрушенную сложную горную породу, образующую почти всюду самый верхній слой земли, на которомъ произрастаетъ растительность, мы и называемъ *почвой*. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ почвы образуются и другимъ путемъ: наносомъ и механическимъ смѣшеніемъ (посредствомъ вѣтра и воды) раздробленныхъ частичекъ.

Каждому извѣстно, что въ различныхъ мѣстахъ почвы далеко не одинаковы, даютъ не одинаково хорошіе урожаи, что происходитъ отъ различнаго ихъ состава. Это различіе зависитъ, отчасти, отъ качества отдѣльныхъ составныхъ частей почвы, а болѣе всего—отъ ихъ относительнаго количества. Главныя составныя части почвъ почти вездѣ однѣ и тѣ же, но только входятъ въ различныя почвы въ различныхъ пропорціяхъ. Какія же главныя составныя части почвы?

Въ каждой почвѣ есть вещества растворимыя въ водѣ и нерастворимыя. Убѣдиться въ этомъ можно такимъ образомъ. Возьмемъ фунтъ или два какой-либо почвы, размѣшаемъ ее въ большомъ стаканѣ съ водою и оставимъ на

нѣкоторое время въ покой, пока всѣ мелкія частички почвы, образовавшія муть въ водѣ, не осядутъ на дно стакана. Всѣ эти осѣвшія вещества нерастворимы въ водѣ. Чтобы убѣдиться въ присутствіи въ ней растворенныхъ веществъ, перешедшихъ изъ почвы, осторожно сольемъ ее изъ стакана или, лучше, процѣдимъ чрезъ пропускную бумагу или вату. Уже по вкусу этой воды можно замѣтить, что, несмотря на ея прозрачность, въ ней что-то есть постороннее. Если ее затѣмъ подвергнуть нагреванію и выпарить, то въ результатъ получится твердый остатокъ, перешедшій изъ почвы. Въ обыкновенныхъ почвахъ вещества, растворимыя въ водѣ, находятся въ ничтожныхъ количествахъ: въ 10 фунтахъ почвы ихъ содержится не болѣе одного золотника. Но вещества эти имѣютъ весьма важное значеніе, такъ какъ они, главнымъ образомъ, доставляютъ растеніямъ пищу. Изъ слѣдующей части книги мы точнѣе узнаемъ, что же, именно, растенія извлекаютъ для себя отсюда. Для плодородія почвы важно, что бы вещества, растворимыя въ водѣ, содержали все, необходимое для растенія, и въ то же время находились бы въ почвѣ въ небольшомъ количествѣ, такъ какъ избытокъ ихъ вреденъ для растеній. Почвы, содержащія избытокъ такихъ веществъ, называются солонцеватыми или солончаками и бываютъ бесплодны; въ сухое время онѣ плотны и тверды, какъ камень, а когда размокнуть—вязки, такъ что обрабатывать ихъ почти невозможно.

Нерастворимая въ водѣ часть почвы состоитъ, главнымъ образомъ, изъ песка и глины. Кромѣ того, во всякой почвѣ, въ большемъ или меньшемъ количествѣ, находится известнякъ и остатки тѣхъ растеній, которыя здѣсь прежде жили. Перегнившіе растительные остатки имѣютъ видъ темной массы и называются перегноемъ. Если его много въ почвѣ, то онъ сообщаетъ ей темный цвѣтъ. Песокъ и глина не идутъ на пищу для растеній; они имѣютъ то значеніе, что растенія укрѣпляются въ ихъ массѣ своими корнями. Чтобы убѣдиться въ присутствіи всѣхъ указанныхъ частей въ той или другой почвѣ и опредѣлить ихъ количество, произведемъ анализъ ея, при помощи слѣдующихъ простыхъ приемовъ.

Взявъ нѣсколько горстей почвы, подержимъ ее нѣкоторое время на открытомъ воздухѣ, чтобы удалить воду, оставшуюся отъ дождя, и т. п. Послѣ того просѣемъ почву сквозь рѣшето, чтобы отдѣлить камешки, щепки и другія

крупныя части, и свѣсимъ ее. Несмотря на то, что теперь почва кажется сухой, въ ней все-таки есть вода, гигроскопически приставшая къ ея частичкамъ. Различныя почвы обладаютъ различною степенью гигроскопичности. Чтобы опредѣлить ее въ данномъ случаѣ, слѣдуетъ провѣтренную, просѣянную и взвѣшенную почву подвергнуть нагреванію до 100° или нѣсколько выше и затѣмъ снова свѣсить. Убыль вѣса покажетъ количество гигроскопической влаги. Нагреваніе не должно быть очень сильнымъ, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, сгоритъ часть перегноя. Затѣмъ прокипятимъ анализируемую почву въ теченіе 15 мин. въ 1—2% растворѣ соляной кислоты, которая растворитъ бывшіе въ почвѣ известняки. Послѣ кипяченія, отфильтруемъ жидкость, а оставшуюся твердую часть почвы промоемъ чрезъ фильтръ водою, высушимъ и свѣсимъ; убыль вѣса обнаружитъ количество известняковъ. Потомъ, для удаленія перегноя, прокипятимъ остатокъ въ теченіе 20—30 минутъ въ насыщенномъ растворѣ соды, которая, обладая щелочными свойствами, съѣстъ, т. е. растворитъ въ себѣ перегной. О его количествѣ узнаемъ также по взвѣшиванію высушеннаго остатка. Въ немъ теперь содержатся только песокъ и глина. Эти послѣдніе раздѣляются такъ называемымъ отмучиваніемъ. Для этого смѣсь ихъ высыпается въ высокій сосудъ съ водою (цилиндръ и т. п.), гдѣ взбалтывается. Песокъ значительно тяжелѣе глины и потому скоро весь опустится на дно; глина же будетъ медленно осѣдать на поверхность песка, сообщая водѣ своимъ присутствіемъ мутный видъ. Когда вода сдѣлается прозрачною, ее слѣдуетъ осторожно слить, послѣ чего слой глины и песка легко можно раздѣлить на глазъ и, высушивъ ихъ, свѣсить.

Для удаленія перегноя обыкновенно рекомендуется подвергать почву прокаливанію на сильномъ огнѣ, что слѣдуетъ сдѣлать до растворенія известняка соляною кислотою. Этотъ приемъ менѣе пригоденъ въ томъ отношеніи, что на обыкновенномъ пламени перегной не весь сгораетъ.

Различное относительное количество указанныхъ нерастворяемыхъ въ водѣ частей обуславливаетъ большое разнообразіе почвъ. Если въ 100 частяхъ почвы содержится болѣе 20 частей перегноя, то такая почва называется черноземною. Она легко подвергается обработкѣ и плодородна. Только, если почва состоитъ почти исключительно изъ перегноя, хлѣба даютъ мало зерна, такъ какъ для правиль-

наго развитія растений необходимы еще и другія вещества. Для такихъ почвъ необходимо удобрение известью, рухлякомъ, золою и т. п. Почва, содержащая болѣе 20% известняка, называется известковою. На такой почвѣ хлѣба выгораютъ въ засуху; голая же известь совершенно неплодородна. Если въ почвѣ болѣе 70% песку, то она называется песчаной. Такая почва рыхла, быстро пропускаетъ воду и скоро высыхаетъ, скоро и сильно нагрѣвается на солнцѣ и долго остается теплою. Песчаная почва обыкновенно содержитъ недостаточное количество питательнаго матеріала для растений. Голый песокъ совершенно бесплоденъ. Если въ 100 частяхъ почвы не менѣе 50 частей глины, то такая почва называется глинистой. Она жадно вбираетъ въ себя воду и становится весьма липкою, почему тяжело пашется. Въ сырое время на глинистой почвѣ вода собирается въ большомъ количествѣ и образуетъ болота, а въ сухое—эта почва такъ ссыхается, что ее нельзя взять ни сохою, ни плугомъ; поэтому, она не плодородна. Если въ почвѣ глины и песку по ровну и содержится отъ 5 до 20 частей известняка, то она называется мергельною или рухляковою и бываетъ очень плодородна. Когда, при большомъ количествѣ песку и перегноя въ почвѣ, въ ней въ то же время глины имѣется болѣе, чѣмъ въ песчаной почвѣ, она называется супескомъ, и такъ какъ она имѣетъ болѣе связность, чѣмъ песчаная и не такъ легко отдаетъ влагу, то поэтому она плодороднѣе песчаной почвы. Если въ 100 частяхъ почвы глины содержится отъ 30 до 50 частей, и песку почти столько же, и въ тоже время имѣется достаточное количество перегноя, то получается суглинокъ; онъ плодороденъ. Наносы толстые слои пыли, вѣтеръ образуетъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ слои плодородной, такъ называемой, лессовой почвы.

Почвою называется только самый верхній, болѣе темный слой земли, въ которомъ распространяются корни растений, доставая себѣ изъ него пищу. Слѣдующій же за нимъ слой называется подпочвою; въ него проникаютъ только немногіе, наиболѣе длинные корни.

Жизнь земли.

Говоря ранѣе о различныхъ минеральныхъ веществахъ, мы видѣли, что поверхность нашей планеты не представ-

ляетъ собою величины стойкой, неизмѣняющейся. Мы говорили, что песокъ произошелъ разрушеніемъ кварца, глина — разрушеніемъ полевого шпата, почва — разрушеніемъ сложныхъ породъ; видѣли также, что многія породы, какъ известняки, каменная соль и друг., безпрестанно образуются въ различныхъ мѣстахъ земли осажденіемъ изъ воды и т. п. Все это показываетъ, что на земной поверхности непрерывно происходятъ процессы разрушенія и новообразованія.

Теперь поближе познакомимся съ этими, такъ называемыми, геологическими процессами, изъ которыхъ складывается жизнь земной коры. Они касаются не только тѣхъ или другихъ породъ въ отдѣльности взятыхъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ и общаго облика земли, измѣняя рельефъ ея: создавая въ однихъ мѣстахъ возвышенности, въ другихъ — низменности, или уничтожая то и другое. Посмотримъ, какія силы производятъ эти дѣйствія и въ чемъ, ближе, заключается ихъ работа.

Главными дѣятелями, разрушающими массивныя породы и стремящимися уравнивать земную поверхность, уничтоживъ горы и засыпавъ низины, являются атмосфера и вода.

Атмосфера дѣйствуетъ, главнымъ образомъ, своею температурою и массою. Дѣйствіе температуры выражается вывѣтриваніемъ или разрушеніемъ горъ. Переходы отъ одной температуры къ другой сопровождаются расширеніемъ или сжатіемъ горныхъ породъ. Такъ какъ коэффициентъ того и другого для различныхъ минераловъ, образующихъ породы, различный, то въ результатъ должны появляться трещины, а за ними — и распаденье породы на болѣе или менѣе мелкіе куски. Въ особенности значительно разрушительное вліяніе температуры тамъ, гдѣ господствуютъ продолжительные и сильные морозы и гдѣ наблюдаются большія колебанія въ температурѣ дня и ночи. Последнее свойственно тропическимъ областямъ и высокимъ горнымъ странамъ; примѣромъ могутъ служить наиболѣе возвышенныя мѣстности каменистой Сахары, гдѣ суточное колебаніе температуры достигаетъ иногда 45° Ц. Въ скалистыхъ мѣстностяхъ часто находятся значительныя области, покрытыя обломками горныхъ породъ, которыя извѣстны у насъ на Уралѣ и въ Сибири подъ именемъ розсыпей. Все это обязано, главнымъ образомъ, разрушительному вліянію температуры, которая, въ теченіе вѣковъ, въ состояніи

сравнять съ землею большіе горные великаны. Нѣкоторыя горныя породы, способныя раскалываться на болѣе или менѣе тонкія пластинки (большинство такъ называемыхъ сланцевъ), въ отличіе отъ розсыпей, даютъ, при разрушеніи, особый пластинчатый матеріалъ. Онъ способенъ скользить внизъ по склонамъ долины и нерѣдко образуетъ обширныя осыпи.

Масса атмосферы является важнымъ геологическимъ дѣятелемъ, выравнивающимъ или нивелирующимъ земную поверхность, главнымъ образомъ, благодаря своему движенію. Вѣтеръ переноситъ мелкій, раздробленный матеріалъ, засыпая имъ низкія мѣста и сравнивая неровности почвы. Такая работа вѣтра особенно сильно развита въ сухихъ и континентальныхъ мѣстностяхъ. Такъ, въ Сѣверномъ Китаѣ результатомъ переноса мелкой желтой пыли являются громадныя скопленія лесса, мощностью до 450—600 метровъ, образовавшія прекрасную плодородную почву. То же самое наблюдается и въ Средней Азіи, гдѣ сильные вѣтры поднимаютъ такія массы пыли, что воздухъ бываетъ окрашенъ ею въ желтовато-сѣрый цвѣтъ. Носящаяся въ атмосферѣ, такъ называемая, метеорная пыль, такого же точно происхожденія, т. е. образовалась преимущественно изъ продуктовъ разрушенія горныхъ породъ. Извѣстны случаи переноса вѣтромъ въ большомъ количествѣ не только пыли, но и болѣе крупно-зернистаго матеріала, каковымъ является песокъ. Еще Геродотъ зналъ, что въ песчаныхъ буряхъ Сахары гибли цѣлые караваны. Это явленіе повторяется здѣсь и въ настоящее время. Между прочимъ, вѣтры Ливійской пустыни постоянно переносятъ песокъ въ западную часть Сахары. То же движеніе въ широкомъ масштабѣ наблюдается въ китайской пустынѣ Гоби. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ переносъ вѣтромъ раздробленнаго матеріала до такой степени силенъ, что цѣлыя плоскогорья представляются, какъ бы выметенными метлою; таковы, на примѣръ, плоскогорья Карста и Триеста, подверженныя вліянію сильнаго сѣверо-восточнаго вѣтра. По побережьямъ водныхъ бассейновъ и въблизи значительныхъ песчаныхъ пространствъ результатомъ переносной дѣятельности вѣтра является образованіе, такъ называемыхъ, дюнь—песчаныхъ валовъ или холмовъ, удлиненной, прямолинейной или подковообразно изогнутой формы. Умножаясь и переносясь постепенно по направленію движенія вѣтра, дюны покрываютъ

малопродуктивнымъ матеріаломъ плодородныя мѣстности, засыпаютъ лѣса и рѣки, измѣняя ихъ теченіе, погребаяютъ подъ собою иногда цѣлыя деревни. Прибрежные жители во многихъ мѣстностяхъ сильно страдаютъ отъ дюнь и для борьбы съ этимъ врагомъ прибѣгаютъ къ искусственнымъ средствамъ. Противъ поступательнаго движенія дюнь внутрь страны борьба возможна засадкою ихъ растительностью, подъ вліяніемъ которой образуется сплошной растительный слой, защищающій песокъ дюнь отъ соприкосновенія съ воздухомъ. Переносъ продукты разрушенія твердыхъ породъ въ большія водныя вмѣстилища, вѣтеръ содѣйствуетъ и ихъ обмеленію, т. е. приближенію къ среднему уровню почвы.

Энергичнымъ пособникомъ воздуха въ разрушеніи массивныхъ породъ и выравниваніи земной поверхности является вода—и въ жидкомъ, и въ твердомъ состояніи.

Вода обладаетъ способностью проникать сквозь горныя породы, хотя бы онѣ казались намъ совершенно плотными. Въ этомъ легко убѣдиться посредствомъ слѣдующаго опыта. Если взять кусокъ какой-нибудь породы, на примѣръ, гранита, и положить его на нѣкоторое время въ воду, подкисленную какою-либо кислотою, а затѣмъ, вынувъ, расколоть его и попробовать на свѣжестъ изломъ лакмусовой бумажкой, то окажется, что кислота проникла внутрь куска. Исключеніе составляютъ мраморы, представляющіе плотную кристаллическую массу, и нѣкоторыя стекловидныя вулканическія породы, хотя и въ нихъ всегда находятся трещины, по которымъ легко можетъ проникнуть вода. Это проникновеніе, какъ непосредственно чрезъ породы, такъ и чрезъ трещины, является новою причиною разрушенія твердыхъ массъ—путемъ размыванія, образованія новыхъ трещинъ и т. д. Когда попавшая внутрь горныхъ породъ вода замерзаетъ, то она при этомъ увеличивается въ объемѣ и, слѣдовательно, вызываетъ образованіе новыхъ трещинъ и увеличеніе прежнихъ. Если протекающей въ почву водѣ попадаютъ на пути растворимыя породы, то это ведетъ къ образованію подземныхъ пещеръ, проваловъ и т. п. Примѣръ этому мы видѣли, когда говорили о гипсѣ.

Если на поверхности глинистыхъ слоевъ по наклону ихъ стекаютъ въ долину источники, то глина настолько размягчается, что выше лежащіе пласты теряютъ опору и сползаютъ внизъ. Такимъ путемъ образуются оползни, по-

нижающіе возвышенныя мѣста и заваливающіе низменности. Большіе оползни нерѣдко можно наблюдать по берегамъ многихъ русскихъ рѣкъ, гдѣ обнажаются глинистыя породы. При этомъ обыкновенно сползаетъ растительный слой, увлекая иногда цѣлыя деревья. На желѣзной дорогѣ между Ростовомъ и Таганрогомъ значительныя участки желѣзнодорожнаго полотна сползаютъ вслѣдствіе подмыванія ихъ ключами, выбѣгающими изъ-подъ сосѣдней, болѣе высокой террасы и размягчающими ниже лежащую глину. Въ царствованіе Θεодора Іоанновича на берегу рѣки Волги, близъ Нижняго Новгорода, произошелъ грандіозный оползень, увлекшій за собою монастырь Благовѣщенія. Въ 1865 году оползень произвелъ значительныя опустошенія въ берегахъ Волги у Симбирска. Тоже наблюдалось въ 1884 г. у Саратова, гдѣ оползень увлекъ часть Соколовой горы. Многочисленные оползни встрѣчаются также на берегахъ Днѣпра у Кіева и по сѣверному побережью Чернаго моря, особенно у Одессы.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ склоны горъ круты и обрывисты, подмываніе ключами вызываетъ уже не оползни, а обвалы. Южный берегъ Крыма представляетъ хорошій примѣръ ихъ. Здѣсь, между деревнями Ласпи и Форось, обрушившіяся и скатившіяся до самаго моря скалы дѣлаютъ мѣстность трудно проходимою. Въ швейцарскихъ Альпахъ, въ 1806 году, послѣ сильныхъ дождей, продолжавшихся нѣсколько дней, масса земли, въ 305 метровъ ширины, 30 метровъ толщины и около километра длины, отдѣлилась отъ горы Россбергъ и съ страшнымъ шумомъ упала въ долину. Четыре деревни съ прилегающими къ нимъ лугами были засыпаны, и озеро Ловерцъ до того взволновалось, что вышло изъ береговъ и угрожало разрушеніемъ прибрежныхъ селеній. Извѣстно много и другихъ подобныхъ примѣровъ.

Разрушительная сила воды и ея нивелирующая дѣятельность по отношенію къ земной поверхности наиболѣе проявляется въ размываніи твердыхъ породъ рѣками и морями и въ образованіи изъ появляющихся такимъ путемъ продуктовъ осадковъ. Подмывая берега, а иногда цѣлыя горы, лежащія на пути, рѣки отлагаютъ мелкіе продукты разрушенія и въ своемъ руслѣ, и въ тѣхъ водовмѣстителяхъ, куда онѣ впадаютъ, образуя тамъ мели, острова, дельты и т. п. Наглядный и хорошо изученный примѣръ

этого представляетъ р. Нева. На всемъ пространствѣ отъ устья до Кронштадта, и даже далѣе, она отлагаетъ иль и песокъ, образовавъ такимъ путемъ множество острововъ и мелей. Если прослѣдить исторію русла Невы на протяженіи извѣстныхъ намъ двухъ столѣтій, то и за этотъ періодъ найдемъ значительныя измѣненія, происшедшія отъ наносовъ. Такъ, стѣны Петропавловской крѣпости во время постройки города опускались прямо въ воду, а теперь онѣ окружены широкимъ поясомъ намывной земли, на которомъ можно было бы развести недурной скверъ. На планѣ 1698 года совсѣмъ нѣтъ острова Вольнаго; на планѣ 1785 года онъ уже ясно обозначенъ; на планѣ 1792 года онъ выступаетъ въ видѣ трехъ островковъ; на планѣ 1834 года эти островки уже слились. Вообще, точныя съемки невиской дельты, производившіяся съ 1718 по 1864 г., показали, что она увеличилась на 1.373.811 кв. саж., т. е. ежегодно Нева созидаетъ 9.410 кв. саж. твердой земли. Зная это, можно предсказать, что приблизительно чрезъ 3320 лѣтъ вся Маркизова Лука — такъ называется часть Финскаго залива между устьемъ Невы и Кронштадтомъ — будетъ занесена, и Нева будетъ впадать въ море около самаго Кронштадта. Волга въ теченіе 70 лѣтъ увеличила свою дельту на 13 километровъ. Громадная дельта имѣется у р. Нила, хотя она образуется чрезвычайно медленно, что зависитъ отъ ежегодныхъ плодородныхъ разливовъ этой рѣки, съ весьма медленнымъ теченіемъ, оставляющихъ большую часть осадка на берегахъ. Дельты рѣкъ, впадающихъ въ открытыя моря, образуются гораздо медленнѣе, причина чего лежитъ въ приливахъ и отливахъ. Тотъ наносъ, который рѣка отлагаетъ у береговъ океана, дѣйствіемъ приливовъ уносится въ море и распределяется у береговъ его, равномернымъ слоемъ. Рѣка Амазонка выноситъ громадное количество осадковъ, которые отлагаются на разстояніи 350 географическихъ миль отъ берега.

Осадки, образуемые размываніемъ береговъ морскою водою, благодаря прибою волнъ, приливамъ и отливамъ, также занимаютъ вокругъ материка полосу отъ 60 до 300 миль шириною, въ зависимости отъ глубины. Какъ приносимые рѣками, такъ и образующіеся отъ размыванія морскихъ береговъ осадки, подраздѣляются всегда на двѣ зоны: ближайшая отъ берега можетъ быть названа песчаною и состоитъ изъ валуновъ, галешника и песка; вторая,

болѣе отдаленная—илистая, состоящая изъ болѣе мелкихъ и легкихъ продуктовъ разрушенія, которые естественно уносятся водою отъ береговъ на болѣе значительныя разстоянія.

Дѣлались попытки измѣрить размывающее дѣйствіе моря и опредѣлить величину разрушенія на всей земной поверхности. По вычисленіямъ одного ученаго, общее количество ежегодно разрушаемыхъ массъ достигаетъ 16 кубич. километровъ, что соотвѣтствуетъ пониженію поверхности суши на 0,11 миллиметра. По этому расчету, для того, чтобы сравнять съ уровнемъ моря всѣ материкѣ, достигающіе въ среднемъ 700 метровъ въ высоту, потребовалось бы $4\frac{1}{2}$ милліона лѣтъ, если бы въ то же время перестали дѣйствовать причины, производящія на поверхности земной коры новыя неровности.

Находящаяся на поверхности земли вода, особенно морская, содержитъ въ растворѣ различныя минеральныя вещества. Осаждаясь на дно, они также содѣйствуютъ уничтоженію глубинъ и выравниванію морского дна съ суши. Таково, какъ намъ извѣстно, происхожденіе всѣхъ залежей каменной соли и гипса и, отчасти, известняковъ. Припомнимъ, что осажденіе обязано отчасти дѣятельности растений и животныхъ, а главнымъ образомъ — испаренію воды. Последнее имѣетъ громадное значеніе для образованія осадковъ въ томъ случаѣ, когда водовмѣстилище со всѣхъ сторонъ окружено сушею, т. е. не имѣетъ сообщенія съ открытымъ моремъ, и испареніе воды въ немъ превышаетъ количество выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ. Въ большихъ размѣрахъ такое явленіе происходитъ, напримеръ, въ Прикаспійскихъ мѣстностяхъ, въ Арало-Каспійской низменности и въ западной Сибири. Сравненіе карты западной Сибири, сдѣланной 100 лѣтъ назадъ, съ настоящими показываетъ, что здѣсь за этотъ промежутокъ времени множество озеръ исчезло и многія уменьшились въ своемъ объемѣ. Въ одномъ только Ишимскомъ округѣ, Тобольской губ., не стало около 300 озеръ.

Количество веществъ, растворенныхъ во всей водѣ на землѣ, громадно, хотя въ общемъ процессы растворенія земли въ одномъ мѣстѣ и осажденія ея въ другомъ—незначительны по сравненію съ тѣмъ, что вода уноситъ и отлагаетъ чисто механическимъ путемъ. Если размывающее дѣйствіе воды содѣйствуетъ пониженію всей поверхности суши на 0,11

миллим. въ годъ, то для результатовъ растворяющей и осаждающей дѣятельности опредѣлены цифры — хотя онѣ весьма проблемматичны — приблизительно въ десять разъ менѣе. Вычислено, что съ поверхности Англіи ежегодно уносится въ растворѣ солей слой въ 0,018 миллим. толщиною, а для поверхности всей земли этотъ слой опредѣляется тѣмъ же изслѣдователемъ въ 0,012 миллиметровъ.

Свою разрушительную дѣятельность вода въ значительной степени проявляетъ также въ твердомъ состояніи.

Зимній ледяной покровъ рѣкъ, озеръ и морей, приходя въ движеніе съ наступленіемъ теплаго времени года, въ видѣ льдинъ, сильно беспокоитъ берега, отламывая отъ нихъ иногда даже большія каменные массы. Льдины увлекаютъ за собою много илу, песку, галекъ и переносятъ также иногда на громадное разстояніе падающіе на нихъ большіе камни. Особенно замѣтна разрушительная дѣятельность ледниковъ или глетчеровъ, т. е. снѣжныхъ и ледяныхъ массъ, покрывающихъ высокія горы и медленно движущихся по нимъ.

Достаточно осмотрѣть поверхность ледниковъ, чтобы убѣдиться въ этомъ. По бокамъ, а иногда и по срединѣ ихъ тянутся непрерывныя полосы камней—такъ называемыя морены, представляющія ни что иное, какъ осколки разрушаемыхъ горъ. На пространствахъ же, освободившихся отъ льда, можно прекрасно наблюдать разрушительное дѣйствіе ледниковъ на подстилающія породы, которыя бывають сглажены, иногда какъ бы отшлифованы, или покрыты царапинами.

Вмѣстѣ съ кислородомъ и углекислымъ газомъ атмосферы вода оказываетъ большое вліяніе на химическій составъ минеральныхъ веществъ, обуславливая процессы обмѣннаго разложенія, превращенія безводныхъ соединений въ водныя, окисленія и т. п. Это же, въ свою очередь, содѣйствуетъ разрушенію твердыхъ массъ.

Значительное также участіе принимаютъ въ этомъ организмы, прежде всего растительныя. Какъ только на твердыхъ горныхъ массахъ поселятся растения, они тотчасъ же начинаютъ разрыхлять ихъ своею корневою системою. Первыми піонерами растительнаго царства на плотныхъ каменистыхъ мѣстахъ являются лишайники. Они съ трудомъ извлекаютъ пищу изъ покрытыхъ ими скалъ, но все-

таки достигаютъ своей цѣли, при помощи выдѣляемой корнями кислоты, благодаря которой и начинается разрыхленіе твердыхъ массъ. За лишайниками появляются другія растенія, продолжающія работу разрыхленія, и наконецъ дѣло доходитъ до деревьевъ, своими мощными корнями пронизывающихъ каменистый грунтъ на большую глубину. Умирая же и падая на каменистую поверхность, растенія служатъ матеріаломъ для образованія перегноя. Къ этому прибавимъ то, что намъ извѣстно о роли растений при образованіи торфа, каменнаго угля, а также при осажденіи изъ морской воды углекислой извести. Морскія животныя, въ особенности корненожки, изъ раковинъ которыхъ образуются мѣловыя залежи, и кораллы, образующіе цѣльные коралловые острова и громадныя коралловые рифы, о которые разбиваются корабли, играютъ видную роль въ уничтоженіи морскихъ глубинъ, постепенно превращающихся въ мели.

Наряду съ указанными геологическими дѣятелями, стремящимися сравнять земную поверхность, разрушивъ горы и засыпавъ твердымъ матеріаломъ низменныя мѣста, имѣются дѣятели противоположнаго характера, создающіе на поверхности нашей планеты неровности. Это такъ называемыя вулканическія силы, которыя обуславливаютъ вѣковыя колебанія почвы, землетрясенія и вулканическія изверженія.

Поверхность земли, за исключеніемъ рѣдкихъ случаевъ землетрясеній, представляется намъ совершенно спокойной, находящейся всегда на одномъ уровнѣ. На самомъ же дѣлѣ, оказывается, она всегда претерпѣваетъ въ однихъ мѣстахъ процессъ медленнаго поднятія, въ другихъ—опусканія. Берега морей въ однихъ мѣстахъ постепенно выступаютъ изъ воды, въ другихъ—скрываются подъ нее. Это явленіе, о существованіи котораго обыкновенно мы даже и не подозреваемъ, имѣетъ большое значеніе въ жизни земли. Поэтому, остановимся на немъ поподробнѣе.

Болѣе всего въ отношеніи вѣковыхъ поднятій и опусканій изучена Европа. Извѣстный шведскій ученый Цельзій еще въ концѣ XVIII столѣтія нашелъ, что уровень Балтійскаго моря постоянно понижается, и даже опредѣлилъ величину этого пониженія—въ 1,27 метра въ теченіе одного столѣтія. Въ доказательство онъ указывалъ, между прочимъ, на карту Европы, начертанную Плиніемъ (23—79 г. по Р. Хр.), изображающую современный Скандинавскій полу-

островъ въ видѣ острова. Кромѣ того, точныя наблюденія и преданія прибрежныхъ рыбаковъ и мореходовъ свидѣтельствовали, что береговые утесы Швеціи все болѣе и болѣе поднимаются надъ уровнемъ воды, что старинныя гавани постепенно мелѣютъ, а нѣкоторыя изъ нихъ находятся уже на сушѣ. Съ теченіемъ времени, благодаря такому пониженію уровня моря, Скандинавскій островъ соединился съ материкомъ Европы и сдѣлался полуостровомъ. По мнѣнію Цельзія, это произошло въ XI столѣтіи.

Въ 1802 г., Плейферъ, выступивъ въ защиту взглядовъ Цельзія, нашедшихъ не только сторонниковъ, но и энергичныхъ, хотя и неосновательныхъ противниковъ, внесъ въ нихъ существенную поправку. Онъ нашелъ, что измѣненія въ положеніи морского уровня относительно береговъ происходятъ неравномѣрно въ различныхъ мѣстахъ. Отсюда Плейферъ сдѣлалъ совершенно вѣрное заключеніе, что это измѣненіе уровня совершается не отъ пониженія моря, такъ какъ оно равномѣрно отразилось бы на всемъ протяженіи береговъ, а отъ поднятія самой земли. Дальнѣйшіе изслѣдователи вполне подтвердили эту мысль.

Въ 1807 году Леопольдъ фонъ-Бухъ предпринялъ путешествіе по берегамъ Швеціи, на сѣверъ отъ Стокгольма. Произведенныя имъ наблюденія надъ береговою линіею и глубиною Балтійскаго моря въ указанной мѣстности привели его къ убѣжденію, что все побережье отъ Фридрихсгама до Або, а быть можетъ и до Петербурга, съ давнихъ поръ незамѣтно поднимается, при чемъ величина поднятія съ юга на сѣверъ постепенно увеличивается. Помимо этихъ изслѣдованій, Леопольдъ фонъ-Бухъ занялся нанесеніемъ на выдающихся скалахъ побережья особыхъ знаковъ, показывающихъ положеніе уровня моря во время его путешествія. Этими знаками воспользовалась снаряженная въ 1820 и 1821 годахъ шведскимъ правительствомъ экспедиція, нашедшая ихъ уже нѣсколько выдвинутыми изъ воды. Положеніе морского уровня при этомъ было обозначено новыми мѣтками.

Знаменитый англійскій геологъ Чарльзъ Лайелль предпринялъ въ 1834 году новую попытку для проверки справедливости мнѣній Цельзія, Плейфера и Леопольда фонъ-Буха. Этотъ ученый не ограничился наблюденіями надъ измѣненіемъ очертаній береговъ и глубины Балтійскаго моря; онъ занялся также изслѣдованіемъ осадковъ швед-

скаго побережья. Въ различныхъ мѣстностяхъ и, между прочимъ, въ окрестностяхъ Стокгольма, на высотѣ 9 метровъ надъ уровнемъ моря, имъ найденъ былъ пластъ сѣрой глины съ многочисленными раковинами морскихъ животныхъ, живущихъ нынѣ въ Балтійскомъ морѣ. Это представило новое несомнѣнное доказательство поднятія шведскаго балтійскаго побережья. Опредѣляя величину поднятія, Ляйелль нашелъ ее равною 0,9—1,2 метра въ столѣтіе, при чемъ призналъ также ея постепенное увеличеніе съ сѣвера на югъ.

Русское побережье Балтійскаго моря также постепенно и медленно поднимается. Это обнаружено экспедиціей Рейнеке и Козакевича и наблюденіями надъ измѣненіемъ уровня воды, производившимися въ Кронштадтѣ и петербургскомъ адмиралтействѣ. Величина поднятія нашего побережья приблизительно равна: у Свеаборга—1,4 метра, у Ревеля—0,4 м. и у С.-Петербурга 0,3 метра въ столѣтіе. Изслѣдованіе береговыхъ осадковъ Остзейскаго края, произведенное еще въ 1828 году, и позднѣйшія изслѣдованія береговъ Финляндіи и острововъ Гохланда и Эзеля обнаружили, что и здѣсь совершается медленное поднятіе суши.

То же самое происходитъ съ сѣвернымъ побережьемъ Европейской Россіи и Сибири. Это съ несомнѣнностью доказываютъ палеонтологическія изслѣдованія, произведенныя въ минувшемъ столѣтіи различными геологами по теченію рѣкъ Сѣверной Двины, Печеры, Енисея, Лены и въ другихъ мѣстахъ, гдѣ были найдены раковины океаническихъ животныхъ.

Болѣе точныя наблюденія произведены надъ побережьемъ Бѣлаго моря. Извѣстно, что, послѣ погрома Новгорода Іоанномъ III и Іоанномъ IV, многіе новгородцы переселились на бѣломорскій берегъ и основали тамъ нѣсколько селеній у самаго моря. Нынѣ почти всѣ эти селенія удалены отъ моря уже на 5—6 и болѣе верстъ, и только тѣ изъ нихъ сохранили свое приморское положеніе, которыя были построены на крутыхъ и высокихъ берегахъ.

Поднятіе Соловецкихъ острововъ съ несомнѣнностью доказывается монастырскими лѣтописями, которыя ведутся съ самаго основанія монастыря, т.-е. съ 1429 года. Многія гавани, бывшія прежде, по свидѣтельству этихъ лѣтописей, прекрасными, теперь обмелѣли: на примѣръ, изъ гавани Св. Филиппа въ 1652 году были вывезены мощи этого

святителя на большихъ корабляхъ, теперь же она недоступна. Пристань у Заяцкихъ острововъ, находящихся вблизи Соловецкихъ, при Іоаннѣ IV давала приютъ иностраннымъ кораблямъ, а теперь настолько обмелѣла, что въ ней едва можетъ проѣхать лодка. Еще замѣтнѣе выступаніе берега изъ-подъ уровня моря на гранитной набережной Соловецкаго острова, построенной въ 1743 году для предохраненія береговъ отъ размыванія и для болѣе удобнаго доступа къ нимъ судовъ. Во время отливовъ эта набережная обнажается, причемъ на ней, отъ вывѣтриванія воздухомъ, образуются характерныя мѣтки. Изслѣдованіе этихъ мѣтокъ ясно показываетъ, что поднятіе Соловецкаго берега не только происходило прежде, но происходитъ и теперь, и что величина этого поднятія равна 1,2 метра въ столѣтіе.

Ископаемыми животными несомнѣнно доказывается также вѣковое поднятіе береговъ Кольскаго полуострова.

Въ другихъ странахъ оно установлено для побережій Неаполитанскаго залива, Чили, Остъ-Индіи и проч.

Наряду съ областями, подверженными процессу вѣкового поднятія, есть другія области на земномъ шарѣ, которыя испытываютъ обратный процессъ—медленнаго вѣкового опусканія. Въ Европѣ наглядный примѣръ этого представляетъ мѣстность, лежащая къ юго-западу отъ Стокгольма, на разстояніи 400 верстъ. Здѣсь, во время прорытія канала, на высотѣ болѣе 20 метровъ надъ уровнемъ моря, найдены были раковины морскихъ животныхъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, лодка, якорь и желѣзные гвозди, а ниже этого, на высотѣ 18 метровъ,—рыбачья хижина, покрытая сверху морскими осадками. Эта находка несомнѣнно показываетъ, что здѣсь первоначально была суша, на которой была выстроена рыбачья хижина; затѣмъ, вслѣдствіе опусканія берега, эта мѣстность была залита моремъ, пока, наконецъ, дѣйствіемъ подземныхъ силъ, она не была поднята снова и не сдѣлалась опять сушею. Фактъ опусканія суши къ югу отъ Стокгольма былъ подтвержденъ и прямыми измѣреніями, произведенными Линеемъ. Этотъ ученый, точно опредѣливъ разстояніе между берегомъ и выступающимъ изъ воды камнемъ, нашелъ, что, съ теченіемъ времени, это разстояніе увеличивается, т.-е. берегъ здѣсь опускается.

Побережье Гасконскаго залива, какъ можно заключить изъ слѣдовъ подмыванія его береговою волною, также

подлежитъ процессу медленнаго опусканія. То же самое наблюдается по всему побережью Сѣвернаго (Нѣмецкаго) моря и по берегамъ Голландіи, гдѣ жители защищаются отъ моря при помощи искусственныхъ плотинъ. Определено, что у Энквицена, въ Голландіи, опусканіе идетъ на 1,2 метра въ столѣтіе. Зданіе, построенное тамъ при римскомъ императорѣ Калигулѣ, въ 860 году погрузилось въ море, и развалины его были найдены на разстояніи 4.700 метровъ отъ берега. То же наблюдается относительно береговъ Даніи, Шлезвига и Голштиніи, а также на южномъ и юго-восточномъ берегу Балтійскаго моря.

Изъ другихъ странъ, подверженныхъ процессу медленнаго опусканія, можно указать на юго-западную часть Гренландіи. Это явленіе наблюдается здѣсь по всему побережью, начиная отъ форта Игалико, по направленію отъ сѣвера къ югу, на протяженіи по крайней мѣрѣ 4.200 километровъ. Видимыми доказательствами являются затопленіе береговыхъ построекъ, нахожденіе свай съ вбитыми въ нихъ кольцами, для прикрѣпленія судовъ и лодокъ, подъ уровнемъ моря и т. п.

Вмѣстѣ съ сушею явленія медленнаго поднятія и опусканія испытываетъ также дно морей и океановъ. Прекраснымъ доказательствомъ того и другого являются кораллы. Они живутъ на определенной глубинѣ. Рифовые кораллы селятся и обильно размножаются въ мѣстахъ мелкихъ, гдѣ глубина не превышаетъ 20 сажень. Между тѣмъ имѣются рифы, падающіе крутыми обрывами на громадную высоту и, въ противоположность этому, — цѣлые острова коралловаго происхожденія. Очевидно, въ первомъ случаѣ произошло опусканіе дна морского, а во второмъ — поднятіе. При помощи коралловъ доказано, что дно Великаго океана на громадномъ пространствѣ находится въ состояніи медленнаго опусканія, а въ Индѣйскомъ океанѣ замѣчается правильное чередованіе полосъ поднятія и опусканія.

Гдѣ же лежитъ причина вѣковыхъ колебаній почвы? Она заключается въ томъ, что наша планета состоитъ внутри изъ расплавленной огненно-жидкой массы. Съ теченіемъ времени, эта послѣдняя постепенно охлаждается и застываетъ съ поверхности, утолщая твердую земную кору. Отъ охлаждения внутренняя масса земли уменьшается въ своемъ объемѣ. Кора отъ этого сморщивается, т. е. приходитъ въ движеніе. Движеніе можетъ быть или рѣз-

кимъ, замѣтнымъ для насъ, и тогда оно называется землетрясеніемъ, или же медленнымъ, вѣковымъ. Въ результатѣ сморщиванія земной коры является повышеніе уровня ея въ однихъ областяхъ и пониженіе — въ другихъ, т. е. образованіе складокъ. Складки близкія другъ къ другу представляютъ горы. Горы появляются, кромѣ того, отъ изверженія вулкановъ, когда огненно-жидкая масса, прорываясь сквозь твердую земную оболочку, выносится на поверхность земли и, застывая, образуетъ собою возвышенности твердыхъ, массивныхъ породъ.

Такимъ образомъ, указанныя вулканическія явленія, т. е. медленные вѣковыя колебанія почвы, вмѣстѣ съ землетрясеніями и вулканическими изверженіями, имѣютъ то значеніе для поверхности нашей планеты, что создаютъ и увеличиваютъ на ней количество неровностей. Благодаря всѣмъ этимъ явленіямъ на землѣ образуются острова, материки и горы и увеличиваются морскія глубины.

Итакъ, на поверхности земли происходитъ борьба двухъ противоположныхъ началъ: одного, въ видѣ атмосферы, воды и организмовъ, стремящагося сравнять рельефъ земли, путемъ разрушенія поверхностныхъ массивныхъ породъ и образованія осадковъ на днѣ морей, и другого — противоположнаго, именно, указанныхъ вулканическихъ явленій, образующихъ на землѣ новыя неровности. Жизнь поверхностной части земной коры и характеризуется главнымъ образомъ этой борьбой. Когда наступитъ конецъ ея и наступитъ ли онъ, т. е. произойдетъ ли полное выравниваніе земной поверхности, — сказать трудно. Во всякомъ случаѣ, не только въ прошлыя геологическія эпохи, но и въ настоящее время эта борьба выражена весьма сильно, о чемъ свидѣлствуютъ высокоподнимающіяся горы и глубокія низины, наблюдаемая въ видѣ грандіозныхъ глубинъ на днѣ океановъ.

Въ виду того, что землетрясенія и вулканы не только играютъ видную роль въ жизни земли, но въ то же время имѣютъ близое непосредственное отношеніе къ человеку, посвятимъ имъ отдѣльную главу.

Землетрясенія и вулканы.

Землетрясенія и вулканическія изверженія, являясь въ высшей степени важными геологическими дѣятелями, въ то же

время представляют страшныя стихійныя бѣдствія для человѣка. Въ этомъ отношеніи минувшій (1902) годъ надолго останется въ памяти у людей, такъ какъ онъ ознаменовался двумя сильными землетрясеніями и однимъ изъ ряда выходящимъ вулканическимъ изверженіемъ. 31 января отъ землетрясенія погибъ нашъ городъ Шемаха, въ Закавказьи; разрушены почти все зданія, которыхъ имѣлось свыше 3.000, и подъ ихъ развалинами погребено болѣе 1.500 человѣкъ; кромѣ того, въ окрестностяхъ пострадали до 34 селеній. 24-го апрѣля еще большее несчастіе случилось на принадлежащемъ Франціи островѣ Мартиникѣ, около Сѣверной Америки: изверженіе находящагося тамъ вулкана Лысой Горы погубило цвѣтушій городъ Сенъ-Пьеръ съ его почти тридцатитысячнымъ населеніемъ. Наконецъ, 3-го декабря 1902 года погибъ отъ землетрясенія нашъ городъ Андиганъ, въ Средней Азій; разрушенныхъ построекъ въ немъ свыше 10.000, а погребенныхъ подъ ними жителей—болѣе 1.000 человѣкъ. Въ окрестностяхъ Андигана число жертвъ еще значительнѣе: до 10.000 разрушенныхъ зданій и свыше 3.500 человѣкъ убитыхъ.

Какъ-же происходятъ землетрясенія и вулканическія изверженія, гдѣ преимущественно они встрѣчаются и въ чемъ заключаются причины этихъ грозныхъ явленій природы?

Землетрясеніямъ почти всегда предшествуетъ подземный гулъ, который, по описаніямъ лицъ слышавшихъ, бываетъ похожъ «то на бушеваніе вѣтра, то на стукъ желѣзныхъ цѣпей, то на грохотъ тяжело нагруженной тележки, ѣдущей по каменной мостовой, то на бой барабана, то на раскаты грома, то на звонъ разбиваемой стеклянной или фарфоровой посуды» и т. п. Большею частію эти звуки весьма сильны, но иногда они слабы, и въ рѣдкихъ случаяхъ предъ землетрясеніемъ ничего не слышно.

Слѣдующія за звуками или неожиданно начинающіяся колебанія почвы бываютъ двухъ родовъ: толчкообразныя или волнообразныя. Первыя происходятъ такъ, что земная кора какъ-будто испытываетъ сильный подземный ударъ и, вслѣдствіе этого, подвергнувшись несчастію мѣстность сразу вся поднимается и быстро опускается. Такихъ ударовъ бываетъ одинъ или нѣсколько, и иногда они имѣютъ страшную силу. Случается, что камни мостовыхъ подбираются на значительную высоту, дома отдѣляются отъ

фундаментовъ, подсакиваютъ вверхъ и, конечно, разрушаются; люди не въ состояніи удержаться на ногахъ. Чаше всего наблюдаются волнообразныя движенія земной поверхности. Представить такое землетрясеніе очень легко при помощи ковра, разложеннаго на полу. Приподнимемъ его съ одного конца и быстро опустимъ внизъ; тогда воздухъ, вслѣдствіе сообщеннаго ему толчка, образуетъ волну, движущуюся къ противоположному концу. Подобныя волны проходятъ иногда и по земной корѣ, при чемъ находящіяся на ней предметы наклоняются то въ одну, то въ другую сторону. Распространеніе такихъ волнъ по землѣ въ однихъ случаяхъ замѣчается въ прямомъ направленіи, а въ другихъ лучеобразно—отъ одного центра въ разныя стороны. Въ большинствѣ землетрясеній толчки и волны соединяются вмѣстѣ, и колебанія носятъ смѣшанный характеръ. Шемахинское землетрясеніе было волнообразнымъ, при чемъ волны направлялись съ востока на западъ, а андиганское—смѣшаннымъ, т.-е. и волнообразнымъ, и сотрясательнымъ.

Землетрясенія представляютъ ужасныя бѣдствія, вслѣдствіе неожиданности, съ какою они наступаютъ, и ихъ громадной разрушительной силы. Люди при этомъ гибнутъ, какъ подъ развалинами разрушающихся зданій, такъ еще и потому, что въ колеблющейся землѣ образуются временныя трещины, которыя, закрываясь, безвозвратно поглощаютъ все, что въ нихъ попадаетъ. Если по близости имѣется море или рѣка, то вода часто выступаетъ изъ береговъ и затопляетъ все, что не успѣло еще погибнуть. Чтобы нагляднѣе представить ужасную силу разрушенія, сопровождающую землетрясенія, приведемъ нѣсколько отдѣльныхъ примѣровъ.

Про андиганское землетрясеніе такъ рассказываютъ очевидцы. Первое колебаніе почвы было 3-го декабря, въ 9 часовъ утра; оно не имѣло большой силы. Черезъ $\frac{1}{2}$ часа землетрясеніе возобновилось и продолжалось минутъ 5. При этомъ первый толчокъ былъ такой сильный, что все жители выбѣжали изъ домовъ; слышался трескъ, сыпалась штукатурка. Слѣдующій толчекъ мгновенно повалилъ все зданія. Поднялся невообразимый гулъ и крикъ, всехъ охватилъ страхъ. Придя въ себя, люди бросились къ станціи желѣзной дороги и начали размѣщаться въ вагонахъ. Толчки снизу были настолько сильны, что пустые вагоны

соскочили съ рельсъ и стали на шпалы. Церковь дала сильныя трещины, куполь на колокольнѣ провалился; вокзалъ былъ разрушенъ на-половину; самый же городъ, въ концѣ концовъ, обратился въ груды развалинъ. Не малую бѣду причинили въ разрушенномъ Андижанѣ арыки—водопроводные каналы, посредствомъ которыхъ туземцы орошаютъ свои поля: запруженные развалинами рухнувшихъ зданій, они сильно разлились, чѣмъ крайне затруднили работы по раскопкамъ.

Почти таково же было и шемахинское землетрясеніе. Но въ исторіи землетрясеній извѣстно много еще болѣе ужасныхъ примѣровъ; приведемъ изъ нихъ два, особенно разрушительные по своимъ послѣдствіямъ: землетрясеніе въ Калабріи—итальянской провинціи, въ 1783 году, и въ Лиссабонѣ—столицѣ Португаліи, въ 1755 году.

Люди, испытавшіе калабрійское землетрясеніе, такъ описываютъ его. Жизнь мирно и спокойно текла до 5-го февраля 1783 года. Всѣ были заняты своими повседневными дѣлами, не предчувствуя никакой бѣды. Но вдругъ послышался невѣроятной силы гулъ, раздался страшный подземный ударъ, и все населеніе охватило смертельный ужасъ. Двухъ минутъ было достаточно для того, чтобы огромная плодородная мѣстность была превращена въ груды развалинъ. Земля подымалась и опускалась на подобіе грозныхъ морскихъ волнъ. Огромныя зданія рушились съ шумомъ и трескомъ и зарывали тысячи несчастныхъ жителей. Большія деревья, точно охваченныя сильною бурей, наклонялись къ землѣ и касались ея своими верхушками, камни на мостовыхъ взлетали на воздухъ и съ шумомъ падали обратно на землю. Другой ударъ раздавался 28-го марта, и все, что уцѣлѣло послѣ перваго удара, съ быстротою рушилось теперь. Цѣпь горъ, тянущаяся по Калабріи, не выдержала этого вторичнаго сильнаго удара, и множество скалъ съ грохотомъ повалились въ долины, усаженные по склонамъ оливковыми деревьями. Тысячи такихъ деревьевъ были вырваны изъ земли съ корнями. Множество владѣній и цвѣтущихъ садовъ были засыпаны сорвавшимися горными утесами. Двѣ довольно большія горы, стоявшія по сторонамъ одной долины, какъ-бы, снялись со своего основанія и съ невѣроятнымъ гуломъ скатились въ нее; онѣ сошлись и оставили теченіе рѣки, которая на время совершенно скрылась, а затѣмъ появилась снова, проложивши себѣ другой

путь. Образовалось много трещинъ, въ которыхъ гибли и люди, и скотъ, и зданія. Море сильно бушевало и выступало изъ береговъ; стоявшіе здѣсь корабли всѣ были разрушены и поглощены водою. У города Мессины берегъ опустился настолько, что пристань ушла подъ воду. Ничто въ странѣ не избѣжало землетрясенія, все было превращено въ прахъ; не осталось ни одного дома, ни одной цѣльной стѣны; повсюду лежали груды камней до того безобразныя, что не давали никакого понятія о когда-то существовавшемъ городѣ.

Лиссабонское землетрясеніе не менѣе ужасно. 1-го ноября 1755 года, въ 9 час. 55 мин. утра подъ землею вдругъ послышались ужасающіе душу раскаты грома, и земля заколыхалась. Уже отъ первыхъ колебаній пошатнулись и разрушились многія зданія Лиссабона. Послѣ небольшого промежутка, колебанія еще болѣе усилились, и столица Португаліи сразу превратилась въ развалины. Какъ-будто страшный ураганъ пронесся по городу, разрушая на своемъ пути всѣ дома, церкви и т. д. и погребая подъ ними почти всѣхъ обитателей столицы. Многіе изъ оставшихся въ живыхъ вышли на набережную, думая здѣсь найти спасеніе, но—напрасно. Набережная вдругъ погрузилась въ воду, и морская пучина поглотила спасавшихся. Ни одно изъ мертвыхъ тѣлъ долго не всплывало на поверхность моря. Множество судовъ и лодокъ, стоявшихъ тутъ же у пристани, были поглощены точно водоворотомъ; ни одинъ изъ обломковъ судовъ не всплылъ на поверхность: земля какъ-будто провалилась въ какую-то бездонную пропасть. Наконецъ, высокая волна надвинулась на городъ и снесла почти все, что было разрушено и истреблено землетрясеніемъ. Во время этого землетрясенія людей погибло около 60.000.

Страшное землетрясеніе на островѣ Сициліи, въ Средиземномъ морѣ, принадлежащемъ Италіи, въ 1693 году, погубило болѣе 60.000 человѣкъ; въ Сиріи и Малой Азій, въ 536 г., при землетрясеніи погибло 120.000 челов.; въ устьѣ рѣки Брампутры—въ Индіи (Азій)—землетрясеніе, соединенное съ сильною бурей, погубило 300.000 человѣкъ.

На открытомъ морѣ землетрясеніямъ соотвѣтствуютъ моретрясенія. По единогласному свидѣтельству моряковъ, они сопровождаются громоподобнымъ глухимъ подводнымъ

шумомъ. Суда чувствуютъ толчокъ, какъ-будто они наскочили на подводный камень. При болѣе сильныхъ ударахъ корабли начинаютъ колебаться, мачты дрожать, руль стремительно подымается и опускается, даже люди подбрасываются вверхъ; море начинаетъ сильно волноваться, особенно въблизи скалъ и береговъ, суда выбрасываются на нихъ и вдребезги разбиваются.

Кромѣ сильныхъ землетрясеній, бываютъ слабыя, мало замѣтныя или даже совсѣмъ незамѣтныя, о которыхъ узнается только благодаря особымъ приборамъ, отмѣчающимъ самыя незначительныя колебанія почвы. Люди ученые говорятъ, что земная кора ни на одну минуту не бываетъ спокойна, что она постоянно колыхается, но мы замѣчаемъ только наиболѣе сильные толчки, которые и называемъ землетрясеніями.

Землетрясенія распространяются на обширныя области, хотя наиболѣе сильные толчки обыкновенно бываютъ въ одномъ какомъ-либо мѣстѣ. Такъ во время описаннаго лиссабонскаго землетрясенія земля колебалась почти во всей Европѣ, въ сѣверной Африкѣ и даже въ Америкѣ. Землетрясеніе въ Токио столицѣ Японіи—было отмѣчено приборами въ Павловскѣ (въблизи Петербурга) и въ германской столицѣ — Берлинѣ, т.-е. на разстояніи въ 8500 слишкомъ верстъ. До Берлина оно дошло въ 64 минуты, т. е.—колебанія почвы распространялись съ быстротою болѣе 2 верстъ въ секунду.

Продолжительность землетрясеній въ большинствѣ случаевъ незначительна — нѣсколько секундъ и рѣже минутъ. Таковы описанные выше примѣры. Но часто бываетъ, что послѣ отдѣльныхъ землетрясеній почва не успокаивается окончательно, и что чрезъ нѣкоторые промежутки времени слѣдуетъ другъ за другомъ цѣлый рядъ ихъ. Послѣ калабрійскаго землетрясенія почва пришла въ полный покой только чрезъ 10 лѣтъ. Въ окрестностяхъ Шемахи и Андигана сотрясенія почвы повторялись въ теченіе нѣсколькихъ недѣль.

Что касается географическаго распространенія землетрясеній, то здѣсь рѣшающее значеніе имѣетъ геологическое строеніе мѣстности. Обширныя равнины, образованныя мощными пластами осадочныхъ породъ, каковы русская равнина, сѣверо-германская и сибирская низменность, всего менѣе благоприятствуютъ землетрясеніямъ; также мало под-

вержены имъ и массивныя горы. Наоборотъ, складчатыя горы и равнины, располагающіяся у ихъ крутыхъ обрывовъ, мѣстности, прилежающія къ внутреннимъ морямъ, особенно такимъ, которыя съ одной стороны покрыты рядомъ острововъ, сильно страдающихъ отъ землетрясенія, а также края областей опусканія — подвержены землетрясеніямъ часто. Кромѣ русской равнины, сибирской и сѣверо-германской низменности землетрясенія происходятъ весьма рѣдко въ Германіи, къ сѣверу отъ Альпъ, въ большей части Франціи, въ Англіи, въ Швеціи и Норвегіи, въ Бразилии, и большей части Африки къ югу отъ Сахары. Въ Европѣ особенно часто бываетъ землетрясеніе въ Альпахъ. Побережье Средиземнаго моря, сѣверная Африка, Пиринейскій полуостровъ, Италія, Балканскій полуостровъ, Малая Азія, Сирія, Кавказъ, Армения, Персія и Туркестанъ также подвержены частымъ и сильнымъ землетрясеніямъ. Въ такой же мѣрѣ подвержены имъ восточно-азиатскіе острова, особенно японскіе, и всѣ вообще острова, расположенные между Старымъ и Новымъ Свѣтомъ. Но всего чаще и значительнѣе землетрясенія бываютъ въ центральной Америкѣ, въ Вестъ-Индіи и сѣверной, береговой полосѣ Южной Америки. Въ Сѣверной Америкѣ землетрясенія случаются не рѣдко, но сила ихъ незначительна.

Другое грозное явленіе, еще болѣе ужасное по своимъ послѣдствіямъ, представляютъ вулканическія изверженія. Они обыкновенно совершаются вулканическими горами или вулканами, представляющими собою ни что иное, какъ массу веществъ, выброшенныхъ во время прежде бывшихъ изверженій. Какъ-же устроены вулканы и какъ происходятъ самыя изверженія?

По внѣшнему виду вулканы похожи одинъ на другой. Обыкновенно они имѣютъ форму сахарной головы, на сѣзанной вершинѣ которой находится площадка съ отверстіемъ, называемымъ кратеромъ. Склоны вулкановъ довольно круты. Поперечникъ ихъ основанія обыкновенно бываетъ значительнѣе высоты; а высота вулкановъ—различная: одни изъ нихъ выступаютъ на поверхность земли въ видѣ незначительныхъ холмовъ, другіе же образуютъ громадныя горы въ нѣсколько верстъ высоты; самый высокій вулканъ—Аконкагуа, находящійся въ Южной Америкѣ (въ странѣ Чили), выситя на 6.840 метровъ (около 6½ верстъ); есть много другихъ вулкановъ, приближающихся по своимъ раз-

мѣрамъ къ нему. Въ нашей части свѣта самый высшій вулканъ—Этна, находящійся на островѣ Сициліи, достигающій высоты 3.400 метровъ. Размѣръ кратеровъ не всегда соотвѣтствуетъ размѣру вулкановъ.

Предвозвѣстникомъ изверженій обыкновенно бываютъ землетрясенія, съ подземнымъ гуломъ. Иногда они не прекращаются и во время изверженія, достигая ужасающей силы.

За землетрясеніемъ слѣдуютъ самыя изверженія. Выбрасываемыя вулканомъ вещества состоятъ, главнымъ образомъ, изъ водяныхъ паровъ и нѣкоторыхъ другихъ газовъ, камней, пепла и, наконецъ, изъ расплавленной пылающей массы, которая называется лавой.

Прежде всего появляется огромный столбъ пара. Онъ достигаетъ въ высоту нѣсколькихъ верстъ и, такъ какъ наверху воздухъ холоднѣе, чѣмъ внизу, то паръ сгущается тамъ въ темныя тучи, производящія сильный ливень съ грозою. Смѣшиваясь съ вулканическимъ пепломъ, ливень образуетъ громадныя потоки грязи, которые разрушаютъ и опустошаютъ все попадающее на пути. Кромѣ пара, вулканы выдѣляютъ и другіе газы, въ числѣ которыхъ бываютъ весьма вредныя, убійственныя для человѣка.

Большіе и малые камни, извергаемые вулканами, состоятъ, главнымъ образомъ, изъ старыхъ затвердѣвшихъ лавъ, закупорившихъ отверстіе вулкана. Кромѣ того, комья жидкой лавы также подбрасываются высоко вверхъ и застываютъ въ видѣ шаровъ. Эти камни называются вулканическими бомбами. Величина ихъ—отъ кулака до человѣческой головы, но бываютъ бомбы и значительно большія. Наряду со старою и новою лавою выбрасываются разнообразныя камни, входящіе въ составъ горы.

Вулканическій пепелъ получилъ свое названіе исключительно за пепельный цвѣтъ, но ни по составу, ни по происхожденію онъ не имѣетъ ничего общаго съ обыкновеннымъ пепломъ, т. е. съ золой, получаемой отъ сжиганія растений. Онъ—не что иное, какъ застывшая лава въ мелко раздробленномъ видѣ. Его происхожденіе объясняется такимъ образомъ, что водяной паръ раздробляетъ лаву въ мельчайшія капли, которыя потомъ быстро застываютъ въ воздухѣ. Количество извергаемаго пепла, высота поднятія его и пространства, на которыя онъ относится въ видѣ темныхъ тучъ, иногда поразительно велики. Въ 79 году послѣ

Рождества Христова грязью и пепломъ вулкана Везувія, находящагося въ Италіи, недалеко отъ гор. Неаполя, были совершенно засыпаны города бывшаго здѣсь древняго римскаго государства—Помпея, Геркуланъ и Стабія. Только сто лѣтъ спустя, люди совершенно случайно наткнулись на остатки этихъ городовъ, послѣ чего стали производить раскопки, продолжающіяся еще и теперь; они обнаружили предъ нами древніе города въ мало измѣненномъ видѣ; особенно хорошо сохранились внутренность зданій и находящіеся въ нихъ предметы. Во время изверженія Везувія въ 472 и 1631 годахъ пепелъ былъ занесенъ въ Константинополь, т. е. почти за 1.200 верстъ.

Пока происходитъ изверженіе пара, пепла и камней, кратеръ вулкана постепенно наполняется огненно-жидкой лавой, которая затѣмъ переливается чрезъ края и течетъ внизъ, скатываясь съ вулкана и образуя потоки на почвѣ. Быстрота движенія лавовыхъ потоковъ зависитъ отъ наклона почвы и густоты лавы. По крутымъ склонамъ она движется съ быстротою желѣзнодорожнаго поѣзда, на обрывахъ образуетъ великолѣпныя каскады, а въ наиболѣе суженныхъ частяхъ пѣнитъ и бурлитъ, какъ рѣка съ порогами.

Огненно-жидкая лава—въ высшей степени горяча; удавалось наблюдать, что мѣдныя предметы, попавшіе въ лавовый потокъ, расплавлялись, а серебряные—превращались въ паръ.

По мѣрѣ распространенія по землѣ, лава постепенно охлаждается, сгущается, и скорость движенія ея уменьшается. На поверхности потока скоро образуется твердая кора, но подъ нею еще долгое время сохраняется огненно-жидкая масса, продолжающая свое движеніе. Лавовый потокъ, образовавшійся послѣ изверженія вулкана Этны, въ 1815 году, двигался, по окончаніи изверженія, еще 9 мѣсяцевъ и проходилъ около полусажени въ часъ. Въ виду того, что кора застывшей на поверхности лавы плохо пропускаетъ чрезъ себя тепло, охлажденіе ея внутреннихъ слоевъ происходитъ очень медленно. Лавовые потоки Везувія, излившіеся въ 1858 году, еще въ 1864 году были настолько горячи, что въ трещинахъ ихъ виноградари варили кушанье.

Размѣры лавовыхъ потоковъ весьма разнообразны, достигая въ нѣкоторыхъ отдѣльных случаяхъ нѣсколькихъ десятковъ верстъ въ ширину. Напримѣръ, потокъ вулкана

Скапатаръ-Токуль, на европейскомъ островѣ Исландіи, извергшійся въ 1783 году, представляетъ настоящее лавовое озеро, имѣющее отъ 20 до 25 верстъ въ поперечникѣ и отъ 15 сажень толщины. Онъ разрушилъ 20 деревень и былъ причиною гибели болѣе 9.000 жителей, несмотря на крайне рѣдкое населеніе этого острова. Когда лава застываетъ, то она образуетъ минералы (камни) разнообразнаго состава. Въ нѣкоторыхъ рѣдкихъ случаяхъ лавовые потоки не образуются и даже лавы совсѣмъ не выдѣляются.

При изверженіи вулкановъ бываютъ «огненные столбы», вырывающіеся изъ кратера и достигающіе иногда громадныхъ размѣровъ. По этой причинѣ вулканамъ дано названіе огнедышащихъ горъ. Названіе это невѣрно, такъ какъ огненный столбъ происходитъ вслѣдствіе отраженія пылающей лавы въ выбрасываемыхъ изъ кратера парахъ и пеплѣ. Что это такъ,—доказывается тѣмъ, что огненный столбъ остается спокойнымъ даже при самомъ сильномъ вѣтрѣ и всегда поднимается прямо вверхъ. Это было-бы невозможно, если-бы столбъ дѣйствительно состоялъ изъ пламени.

Огненножидкая лава состоитъ изъ слѣдующихъ главныхъ частей: кремнезема, глинозема, соединений желѣза, извести, магнезій, калия и натрія, т. е. изъ самыхъ распространенныхъ въ природѣ веществъ. Отношеніе между отдѣльными составными частями подвержено значительнымъ колебаніямъ, но первое мѣсто между ними всегда занимаетъ кремнеземъ, которому вообще принадлежитъ первенствующая роль въ образованіи горныхъ породъ. Застывшія лавовыя массы представляютъ горныя породы вулканическаго происхожденія.

Поверхностный слой застывшей лавы обыкновенно имѣетъ пористое строеніе, обязанное выдѣленію изъ нея, при остываніи, паровъ и газовъ. Внутренніе слои кристаллически-зернистые. Микроскопическое изученіе показываетъ, что въ основную стекловатую массу здѣсь вкраплены различные минералы. Наряду съ микроскопическими включеніями встрѣчаются и большія. Различаются двѣ главныя группы лавъ—базальтовыя и трахитовыя, въ свою очередь подраздѣляющіяся на нѣсколько разновидностей. Эти группы различаются между собою уже по цвѣту. Базальтовая лава обладаетъ темнымъ, иногда чернымъ цвѣтомъ, тогда какъ трахитовая обыкновенно гораздо свѣтлѣе. Есть въ нихъ и нѣкоторое химическое различіе.

Чтобы нагляднѣе представить, какъ происходятъ вулканическія изверженія и сколько причиняютъ они бѣдствій окрестному населенію, опишемъ, для примѣра, изверженіе Везувія, бывшее въ 1631 году.

За нѣсколько дней до изверженія предвѣстникомъ его явился подземный шумъ. На сѣверо-западной сторонѣ вулкана образовалась трещина, изъ которой стали вырываться пары. Наконецъ открылся кратеръ, на что люди, однако, еще не обращали серьезнаго вниманія. Вечеромъ 15-го декабря началось землетрясеніе, сначала слабое, а потомъ все сильнѣе и сильнѣе; въ теченіе ночи до 5 часовъ утра слѣдующаго дня было 20 ударовъ. Предъ восходомъ солнца раздался ужасный грохотъ, и появилась трещина съ южной стороны вулкана. Изъ нея съ страшною силою взлетѣли на воздухъ паръ, пепель и камни. Образованное ими облако омрачило солнце, и на огромныхъ разстояніяхъ стали выпадать пепельный дождь; пепель занесенъ былъ за сотни верстъ. 18-го декабря, послѣ необычайно сильнаго землетрясенія, изъ кратера вырвался огромный лавовый потокъ. Онъ раздѣлился на много рукавовъ и въ теченіе часа былъ уже у берега моря. Одинъ потокъ разрушилъ города Боско и Торре-дель-Аннунціата, другой—большую часть Торре-дель-Греко, третій—Портичи и Резину. Изъ Неаполя, куда сбѣжалась большая часть жителей разрушенныхъ городовъ, было видно, какъ огненные потоки лавы неслись къ морю, все сжигая на своемъ пути—деревья, дома, животныхъ и людей. Всего болѣе народу погибло въ Торре-дель-Греко, о чемъ сохранились слѣдующія подробности.

Правитель этого города, по повелѣнію вице-короля, вернулся къ мѣсту службы и нашелъ жителей въ крайнемъ смятеніи и отчаяніи. Всѣ собирались бѣжать, но не знали, куда направить свой путь—въ Неаполь, или другой городъ—Кастелла-маре. Всякій, кто могъ, пытался спасти свое имущество. Улицы наполнились людьми, животными и повозками. Прежде чѣмъ правителю удалось установить какой-нибудь порядокъ и опредѣлить направленіе движенія,—распространилась страшная вѣсть: широкій лавовый потокъ съ поражающей быстротою катится къ городу. Все въ городѣ пришло въ движеніе, и отовсюду неслись полные ужаса крики: «Огонь! огонь!». Шествіе удалявшейся толпы открывалъ одинъ изъ наиболѣе уважаемыхъ священниковъ, а позади всѣхъ ѣхалъ на конѣ правитель. Они были уже

у воротъ, открывающихъ путь къ Неаполю, какъ вдругъ послышался какой-то страшный шумъ, и изъ одной улицы показался лавовый потокъ. Онъ перегородилъ бѣглецамъ дорогу и тотчасъ же раздѣлился на два рукава. Правитель съ 500 человекъ народа, оставшагося позади потока, пытался повернуть назадъ, но было слишкомъ поздно: изъ всѣхъ улицъ текла лава, и спасеніе оказалось невозможнымъ. Сверхъ этихъ 500 человекъ погибли ужасною смертью еще 1.500 запоздавшихъ въ городъ жителей; они искали спасенія въ церквахъ, въ домахъ и на улицахъ, но лава настигала ихъ. Спаслись только тѣ, кто бѣжалъ въ одну изъ церквей, не погибшую отъ лавы. Но и ихъ участь была также ужасна. Два мучительныхъ дня и двѣ мучительныхъ ночи провели они въ храмѣ, находясь подъ непрерывнымъ страхомъ смерти. Къ этому скоро присоединились муки голода и жажды. Нѣкоторые дошли до того, что ѣли обуглившееся мясо животныхъ, которыя погибли въ лавѣ. Замѣчательно, что во время этого изверженія тотчасъ вслѣдъ за лавой изъ кратера вылились огромные потоки воды, въ которыхъ были морскія водоросли, раковины и даже рыба.

Всѣхъ вулкановъ на земномъ шарѣ насчитывается около 750. Большая половина ихъ уже не дѣйствуетъ, т.-е. они окончательно потухли и не совершаютъ изверженій, почему и называются потухшими. Остальные вулканы, около 335,—дѣйствующие. Изверженія совершаются ими обыкновенно чрезъ большіе или меньшіе промежутки времени, и только немногіе вулканы непрерывно выдѣляютъ изъ кратера лаву. Къ числу послѣднихъ относится находящійся на Средиземномъ морѣ вулканъ Стромболи. Онъ любопытенъ тѣмъ, что ночью служитъ отличнымъ маякомъ для мореплавателей, такъ какъ поднимающійся надъ вулканомъ столбъ водяныхъ паровъ освѣщается лучами, идущими изъ глубины кратера отъ расплавленной лавы, и кажется какъ-бы горящимъ.

Большинство вулкановъ расположены на островахъ или по берегамъ Великаго океана. Болѣе всего вулканами богата Америка, а на материкѣ Австраліи до сихъ поръ не обнаружено никакихъ признаковъ вулканической дѣятельности.

Въ чемъ же заключаются причины землетрясеній и вулканическихъ изверженій?

По отношенію къ вулканамъ единственной, а по отношенію къ землетрясеніямъ главнѣйшей причиной является указанное въ предшествующей главѣ обстоятельство, именно, что земля внутри себя представляетъ расплавленную и постепенно охлаждающуюся съ поверхности массу. Отъ охлаждения происходитъ сморщиваніе, которое, какъ мы видѣли уже, создаетъ или медленные, вѣковыя колебанія почвы, или же землетрясенія. Кромѣ того, при сморщиваніи земной коры образуются трещины, пропускающія къ расплавленнымъ массамъ воду, которая является главнѣйшею причиною вулканическихъ изверженій. Дѣло въ слѣдующемъ. Придя въ соприкосновеніе съ огненной массой, вода, конечно, превращается въ паръ. Онъ не выдѣляется сразу наружу, а поглощается расплавленной массой, благодаря громадному давленію, существующему на столь значительныхъ глубинахъ. Вслѣдствіе этого объемъ внутренней массы увеличивается и она естественно поднимается по трещинамъ кверху. По мѣрѣ приближенія ея къ поверхности, поглощенный ею паръ, въ силу уменьшеннаго давленія, долженъ выдѣляться. Занимая сразу громадный объемъ, паръ разрушаетъ земную оболочку, выходитъ самъ наружу, а за нимъ и огненножидкая лава.

Доказательства въ пользу этого объясненія вулканическихъ изверженій заключаются въ слѣдующемъ. Географическое распредѣленіе вулкановъ показываетъ, что они, за весьма немногими исключеніями, находятся въ сосѣдствѣ съ большими водоемами. Болѣе половины вулкановъ принадлежитъ къ островнымъ, а материковые расположены или вдоль побережій или на длинныхъ мысахъ. Громадное количество водяныхъ паровъ выдѣляемыхъ при изверженіи вулкановъ, указываетъ на то, что вода дѣйствительно проникаетъ внутрь земли въ большомъ количествѣ. Составъ другихъ газообразныхъ продуктовъ изверженія также говоритъ въ пользу этого взгляда. Въ морской водѣ растворены хлористый натрій, сѣрно-кислая известь, хлористый калий и магній. Высокая температура, заставляя эти соединенія, вмѣстѣ съ частью самой воды, разлагаться, образуетъ изъ нихъ хлористо-водородную и сѣрнистую кислоты, сѣроводородъ, водородъ и проч. Только углекислый газъ, въ большомъ количествѣ выдѣляемый вулканами, не можетъ быть отнесенъ на счетъ морской воды, такъ какъ онъ растворенъ въ ней въ самомъ ничтожномъ количествѣ. Но его происхо-

ждение обязано, вѣроятно, известнякамъ, которые значительно распространены въ природѣ и при высокой температурѣ разлагаются съ выдѣленіемъ углекислаго газа.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда пары воды только колеблютъ земную оболочку, не въ состояніи разорвать ее, они являются причиною только землетрясеній, безъ вулканическихъ изверженій. Вода можетъ проникать внутрь земли и помимо трещинъ: чрезъ пористыя горныя породы; строго говоря, какъ мы уже видѣли, нѣтъ ни одной породы, которая была бы совершенно непроницаема для воды.

Пары воды, проникающей внутрь земли къ расплавленному массамъ, являются, однако, причиною не всѣхъ вулканическихъ изверженій. Дѣло въ томъ, что иногда происходятъ изверженія болѣе спокойныя, уклоняющіяся отъ описаннаго типа, гдѣ вода играетъ такую важную роль. Такъ, изъ трещинъ на островѣ Исландіи лава часто выливается совершенно спокойно, безъ всякихъ взрывовъ. На Гавайи до высоты 2.000 и 3.000 футовъ надъ дномъ океана возвышаются дѣйствующие вулканы Килауэа и Мауна Лоа. Они представляютъ изъ себя настоящія лавовыя озера, въ которыхъ лава въ буквальномъ смыслѣ кипитъ, какъ въ котлѣ, и брызжетъ фонтаномъ въ которыхъ происходятъ періодическія, довольно значительныя измѣненія уровня поверхности лавы—и все это, по свидѣтельству наблюдателей, безъ замѣтнаго участія водяныхъ паровъ. Если и имѣются здѣсь иногда водяные пары, то ихъ значеніе подчиненное или источникомъ ихъ является не лава. Случаи подобныхъ изверженій слѣдуетъ приписывать, очевидно, непосредственному дѣйствию сжиманія охлаждающейся земной коры. Сжимаясь, оболочка нашей планеты оказываетъ давленіе на находящуюся внутри ея огненножидкую массу и выдавливаетъ ее по трещинамъ наружу. Лавовыя озера съ этой точки зрѣнія образуютъ верхніе концы гигантскихъ столбовъ жидкой лавы, основанія которыхъ слѣдуетъ искать въ подземныхъ резервуарахъ. Смотря по степени сжиманія земной коры и давленія на внутреннее расплавленное ядро, они или поднимаются или опускаются. Безъ сомнѣнія, и въ тѣхъ случаяхъ, когда ближайшею причиною изверженій являются водяные пары, сжиманіе земной коры тоже оказываетъ свое вліяніе.

Землетрясенія, помимо указанныхъ вулканическихъ причинъ, въ рѣдкихъ случаяхъ обуславливаются еще слѣдую-

щимъ обстоятельствомъ. Если въ глубинѣ земли залегаетъ какой либо растворимый слой, то онъ постепенно выщелачивается водою, вслѣдствіе чего возникаетъ подземная пустота. Лежащіе надъ пустотою пласты начинаютъ осѣдать и, наконецъ, проваливаются. При этомъ получаютъ большія сотрясенія почвы и образуются ямы. Землетрясенія этого рода несомнѣнно существуютъ и иногда бываютъ очень сильны и разрушительны: въ области Карста (вблизи Альпъ) извѣстны случаи, когда нѣсколько домовъ, вмѣстѣ съ ихъ жителями, обрушивались въ глубину. Эти землетрясенія, называемыя землетрясеніями отъ выщелачиванія или нептуническими, имѣютъ очень ограниченное распространеніе и отражаются только въ ближайшихъ окрестностяхъ обвала. Сотрясенія почвы, распространяющіяся на большомъ пространствѣ, очевидно, не могутъ быть объяснены этимъ способомъ.

Если землетрясенія влекутъ за собою только бѣдствія, то этого нельзя сказать про вулканическія изверженія. Вещества, образующія лаву, въ большинствѣ случаевъ содержатъ важный питательный матеріалъ для растений и содѣйствуютъ ихъ процвѣтанію. Поэтому вулканы могутъ повысить плодородность почвы. Достаточно указать на окрестности вулкана Везувія, чтобы придти къ такому заключенію. Непогодородныя, обнаженныя известковыя скалы Аппенинской горной цѣпи, проходящей здѣсь, представляютъ рѣзкую противоположность съ мѣстностями, занятыми лавовыми потоками Везувія. Обильные виноградники и питомники другихъ культурныхъ растений часто могутъ служить указателемъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ ранѣе проходилъ лавовый потокъ.

Вулканы имѣютъ еще то важное значеніе, что, появляясь изъ нѣдръ земли, они увеличиваютъ земную поверхность. Очень многіе изъ цвѣтущихъ острововъ, разбросанныхъ по океанамъ, возникли благодаря изверженію вулкановъ.

Исслѣдованіе минеральныхъ веществъ путемъ мокраго химическаго анализа. *)

Минералы, за немногими исключеніями, не могутъ быть всегда и безошибочно распознаваемы или опредѣляемы по

*) Настоящая глава — дополнительная. Она вызвана тѣмъ, что въ краткихъ учебныхъ курсахъ совершенно отсутствуетъ описаніе элементарныхъ приемовъ анализа.
2897—11

ихъ внѣшнимъ признакамъ—цвѣту, твердости, удѣльному вѣсу и т. п., такъ какъ эти признаки въ высшей степени неустойчивы. Какъ мы уже видѣли, цвѣта могутъ быть различны для одного и того же минерала и одинаковы для различныхъ минераловъ (кварцъ, полевой шпатъ и др.). Равнымъ образомъ, много случаевъ, когда различные минералы имѣютъ одинаковую твердость, наприм., каменная соль и гипсъ, и наоборотъ, одинаковые минералы—различную твердость, наприм., видоизмѣненія известняка. Тоже слѣдуетъ сказать и про всѣ другіе внѣшніе признаки. Въ виду этого, для точнаго распознаванія минеральныхъ веществъ необходимо прибѣгнуть къ ихъ анализу. Существуютъ два метода или пути: сухой, съ помощью паяльной трубки, и мокрый. Последній методъ проще, опредѣленнѣе и поучительнѣе.

Исслѣдуемое по этому методу вещество берется въ растворенномъ видѣ и затѣмъ отдѣльно опредѣляются входящіе въ составъ его металлы и кислоты. Въ большинствѣ случаевъ встрѣчается и то и другое, такъ какъ большинство минеральныхъ веществъ суть соли, которыя, какъ мы уже знаемъ, представляютъ продуктъ соединенія металловъ съ минеральными кислотами.

Металлы по ихъ качественнымъ признакамъ, обнаруживаемымъ при мокромъ анализѣ, раздѣляются на слѣдующія пять группъ:

1-я группа: калий (K), натрій (Na), аммоній (NH_4). Эти металлы характеризуются растворимостью въ водѣ ихъ углекислыхъ солей и сѣрнистыхъ соединений. Общаго реактива, который образовывалъ бы со всѣми этими металлами нерастворимыя въ водѣ соединенія и, такимъ образомъ, осаждалъ бы ихъ, не имѣется.

2-я группа: барій (Ba), стронцій (Sr), кальцій (Ca), магній (Mg). Сѣрнистыя соединенія ихъ растворимы въ водѣ, но углекислыя соли не растворимы. Общимъ реактивомъ, осаждающимъ соединенія всѣхъ этихъ металловъ

лиза не очень сложныхъ веществъ, между тѣмъ знакомство съ такими приемами и имѣніе подъ руками краткаго описанія ихъ можетъ имѣть практическое примѣненіе. По плану и объему прилагаемой главы мною велись занятія по анализу на курсахъ для офицеровъ воспитателей кадетскихъ корпусовъ и для учителей церковно-учительскихъ школъ, для которыхъ прежде всего эта глава и предназначается. Она имѣетъ справочный конспективный характеръ. Изложенныхъ въ ней приемовъ недостаточно для изслѣдованія очень сложныхъ веществъ, но простыя соли съ помощью ихъ можно безошибочно опредѣлять. Далѣе же этого идти въ элементарномъ практическомъ курсѣ всякаго средняго учебнаго заведенія едва ли возможно.

изъ раствора, являются растворимыя въ водѣ углекислыя соли металловъ первой группы; обыкновенно для этой цѣли примѣняется растворъ углекислаго аммонія $[(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3]$.

3-я группа: алюминій (Al), хромъ (Cr), желѣзо (Fe), марганецъ (Mn), цинкъ (Zn), никкель (Ni), кобальтъ (Co). Эти металлы осаждаются также углекислымъ аммоніемъ; но, въ отличіе отъ предшествующей группы, характеризуются тѣмъ, что даютъ нерастворимыя въ водѣ осадки при прибавленіи сѣрнистаго аммонія $[(\text{NH}_4)_2 \text{S}]$; при этомъ для алюминія и хрома получаются нерастворимыя въ водѣ гидраты окисей, а для остальныхъ металловъ—сѣрнистыя соединенія. При пропускании сѣроводорода, сѣрнистыхъ соединеній для металловъ третьей группы не получается, такъ какъ побочнымъ продуктомъ происходящей при этомъ реакціи является кислота, въ которой сѣрнистыя соединенія металловъ третьей группы растворимы.

4-я группа: серебро (Ag), ртуть (Hg), свинецъ (Pb), мѣдь (Cu), висмутъ (Bi), кадмій (Cd). Сѣрнистыя соединенія этихъ металловъ нерастворимы не только въ водѣ, но и въ слабыхъ кислотахъ. Поэтому они осаждаются не только отъ сѣрнистаго аммонія, но и при пропускании сѣроводорода, даже чрезъ слабо-кислый растворъ. Сѣроводородъ и является общимъ реактивомъ на эту группу.

5-я группа: олово (Sn), сурьма (Sb), мышьякъ (As). Сѣрнистыя соединенія этихъ металловъ также нерастворимы въ слабыхъ кислотахъ и осаждаются сѣроводородомъ изъ кислаго раствора, къ которому прилита, напримѣръ, слабая соляная кислота. Главное отличіе этой группы отъ 4-й группы заключается въ томъ, что сѣрнистыя соединенія металловъ 5-й группы растворимы въ сѣрнистомъ (лучше многосѣрнистомъ) аммоніѣ (который для 4-й и 3-й группы, наоборотъ, является, какъ видѣли выше, реактивомъ, осаждающимъ сѣрнистыя соединенія). Второе отличіе—въ цвѣтѣ сѣрнистыхъ соединеній: для металловъ 4-й группы (за исключеніемъ рѣдкаго металла кадмія) они чернаго цвѣта, а для 5-й группы (и для кадмія)—цвѣтныя (желтыя, бурья, оранжевыя).

Чтобы опредѣлить, какой группы металлъ имѣется въ испытуемомъ веществѣ, нужно примѣнить указанные реактивы, начиная съ характерныхъ для послѣдней группы и постепенно идя къ первой, а не наоборотъ. Это, вытекаетъ изъ приведенной выше характеристики группъ.

Если от прибавления углекислого аммония получится осадокъ, то это покажетъ, что металлъ не первой группы, но не будетъ еще служить доказательствомъ присутствія второй группы, такъ какъ и послѣдующія группы отъ того же реактива даютъ нерастворимые въ водѣ осадки; значитъ, предварительно примѣненія реактива на вторую группу, слѣдуетъ изслѣдовать, нѣтъ ли металловъ 3-й, 4-й и 5-й группъ. Равнымъ образомъ, полученіе осадка отъ сѣрнистаго аммонія не будетъ говорить непременно о 3-й группѣ, такъ какъ онъ образуетъ нерастворимыя сѣрнистыя соединенія и съ металлами 4-й группы. Очевидно, слѣдуетъ начинать съ пробы на 5 и 4 группы (пропускание сѣроводорода въ подкисленный растворъ); если ихъ не окажется,—переходить къ 3-й (приливаніе сѣрнистаго аммонія); если и ея не обнаружится,—ко второй (прибавленіе углекислого аммонія); послѣ же всѣхъ остается первая группа. Для каждаго новаго испытанія нужно брать особую порцію испытываемаго вещества, чтобы прилитые ранѣе реактивы не мѣшали.

Послѣ того, какъ установлена группа, къ которой относится металлъ, входящій въ составъ испытываемаго вещества, нужно опредѣлить, какой же именно это металлъ. Для этой цѣли къ общимъ групповымъ признакамъ присоединяются индивидуальныя, отличающіе каждый металлъ данной группы отъ прочихъ. Комбинація реакцій общихъ и частныхъ (групповыхъ и индивидуальныхъ) даетъ слѣдующій систематическій ходъ анализа.

Къ раствору испытываемаго вещества, взятаго въ небольшомъ количествѣ въ пробирку, прежде всего приливается немного слабой соляной кислоты (HCl), чтобы, какъ слѣдуетъ изъ общей характеристики группъ, имѣть возможность, при пропусканіи сѣроводорода, убѣдиться, не получится ли сѣрнистыхъ соединеній, нерастворимыхъ въ слабыхъ кислотахъ (4-я и 5-я группы). Но еще прежде пропусканія сѣроводорода, при самомъ приливаніи соляной кислоты, можетъ обнаружиться присутствіе нѣкоторыхъ металловъ 4-й группы, именно—соединенія серебра, свинца и закиси ртути, вступая въ реакцію съ соляной кислотой (а также ея солями), даютъ бѣлые осадки хлористыхъ соединеній: хлористое серебро, хлористый свинецъ и хлористую ртуть. Если осадокъ, дѣйствительно, получился, то, чтобы опредѣлить, какое же изъ названныхъ хлористыхъ соедине-

ній образовалось, пользуются слѣдующими отличительными признаками ихъ: хлористый свинецъ растворяется въ водѣ при кипяченіи, хлористое серебро растворимо въ амміакѣ (NH_3), при кипяченіи; хлористая же ртуть не растворима ни въ томъ, ни въ другомъ, причемъ отъ амміака она чернѣетъ, вслѣдствіе выдѣленія металлической ртути.

Если соляная кислота не дала осадка, то, послѣ приливанія ея, чрезъ испытываемый растворъ пропускается сѣроводородъ. При этомъ должны осѣсть, въ видѣ сѣрнистыхъ соединеній, металлы 4-й и 5-й группъ, если они присутствуютъ. Если полученный осадокъ цвѣтной, значитъ, мы имѣемъ дѣло съ металломъ 5-й группы. Для опредѣленія, какой же именно изъ нихъ присутствуетъ, служатъ слѣдующія манипуляціи. Капля испытываемаго, подкисленнаго предварительно, раствора кладется на платиновую пластинку и на каплю—маленькій кусочекъ (или зернышко) цинка; если присутствуетъ сурьма, то она осядетъ на пластинку въ видѣ чернаго пятна (которое растворяется въ азотной кислотѣ и тѣмъ удаляется съ пластинки). Если сурьмы не оказалось, дѣлается проба на мышьякъ: нѣсколько капель испытываемаго раствора приливается въ заряженный приборъ для добыванія водорода; мышьякъ при этомъ образуетъ мышьяковистый водородъ, который, будучи зажженъ (прямо у газоотводной трубки), горитъ, давая на гладкой фарфоровой поверхности зеркальный налетъ мышьяка. Если ни сурьмы, ни мышьяка не оказалось, то полученный отъ сѣроводорода осадокъ слѣдуетъ принимать за сѣрнистое соединеніе олова (или кадмія, что очень рѣдко); сѣрнистое олово отличается отъ сѣрнистаго кадмія общимъ признакомъ характернымъ для 5-й группы,—растворимостью въ сѣрнистомъ аммоніи.

Черный осадокъ отъ пропусканія сѣроводорода, послѣ приливанія соляной кислоты, указываетъ на четвертую группу. Такъ какъ серебро, свинецъ и ртуть изъ соединеній закиси должны были осѣсть ранѣе—при приливаніи соляной кислоты, въ видѣ хлористыхъ соединеній, то теперь остается предполагать присутствіе мѣди, висмута и еще ртути, въ видѣ соединеній окиси, изъ которыхъ хлористой ртути не осаждается. Сѣрнистая ртуть узнается по тому, что, въ отличіе отъ сѣрнистыхъ соединеній другихъ металловъ 4-й группы, она не растворима даже въ крѣпкой азотной кислотѣ (HNO_3). Для этой пробы, осадокъ сѣрнистаго

соединения, предварительно отделяется от находящейся в пробирке жидкости посредством фильтрации. Мёдъ выдаетъ себя тѣмъ, что растворы ея соединений синяго цвѣта; интенсивность окраски въ большей степени усиливается при помощи амміака: при приливаніи послѣдняго, сначала образуется голубой осадокъ, который растворяется въ дальнѣйшихъ порціяхъ амміака, при чемъ растворъ получаетъ интенсивно синій цвѣтъ. Если окажется, что нѣтъ ни ртути, ни мѣди, а между тѣмъ сѣроводородъ даетъ черный осадокъ, то остается признать присутствіе висмута.

Если сѣроводородъ не далъ осадка, значитъ, 4-я и 5-я группы отсутствуют. Тогда къ новой порціи испытуемаго вещества приливается сѣрнистый аммоній: отъ него осаждаются металлы третьей группы, если они присутствуютъ. Уже по цвѣту осадка можно опредѣлить большинство металловъ 3-й группы, именно: изъ соединений алюминія сѣрнистымъ аммоніемъ осаждается студенистый бѣлый осадокъ, изъ хромовыхъ соединений (изъ солей окиси)—студенистый грязно-зеленый, изъ расворенныхъ солей желѣза—черный, марганца—желтый или мясокрасный, цинка—бѣлый (но не студенистый, какъ у алюминія), никкеля и кобальта—черный. Алюминій и хромъ даютъ съ сѣрнистымъ аммоніемъ гидраты окисей, а остальные металлы—сѣрнистыя соединения. Цвѣтъ осадка оказывается одинаковымъ только для желѣза, никкеля и кобальта. Для различія ихъ служатъ слѣдующіе признаки: желтая кровяная соль съ солями окиси желѣза образуетъ синій осадокъ берлинской лазури, а капля роданистаго калия вызываетъ кроваво-красное окрашиваніе; красная кровяная соль даетъ синій осадокъ съ солями закиси желѣза (въ природѣ не встрѣчающимися). Соединения кобальта, при сплавленіи на платиновой проволоке съ шарикомъ буры, даютъ темно-синее стекло. Никкель указанныхъ для желѣза и кобальта признаковъ не имѣетъ. Растворы солей окиси желѣза—желтаго или бураго цвѣта, кобальта-розоваго и никкеля—зеленоватаго цвѣта. Осадокъ изъ растворовъ солей алюминія и цинка, отъ прибавленія сѣрнистаго аммонія—бѣлый, но въ первомъ случаѣ онъ студенистый, полупрозрачный и растворимъ въ ѣдкой щелочи (ѣдкомъ кали или ѣдкомъ натрѣ): сѣрнистый цинкъ ни того ни другого, ни третьяго не имѣетъ. Для отличія хрома укажемъ еще, что съ бурой соли окиси хрома образуютъ изумрудно-зеленое стекло;

растворы же солей имѣютъ зеленый или фіолетовый цвѣтъ.

Если сѣроводородъ и сѣрнистый аммоній не дали осадковъ, значитъ—5, 4 и 3 группы отсутствуют. Тогда съ новой порціей испытуемаго вещества дѣлается проба на вторую группу, т. е. приливается углекислый аммоній, отъ котораго должны получиться нерастворимые въ водѣ (но растворимые въ кислотахъ) осадки углекислыхъ солей металловъ второй группы. Если осадокъ дѣйствительно получился, нужно узнать, какой же изъ металловъ этой группы имѣется. Для этого можно воспользоваться хромовой кислотой: изъ солей барія и стронція она осаждаетъ нерастворимые осадки хромовокислаго барія и хромовокислаго стронція. Если такой осадокъ получился, на него дѣйствуютъ уксусной кислотой, отъ которой хромовокислый стронцій растворяется, а хромовокислый барій не растворяется. Отсутствие осадка отъ приливанія хромовой кислоты будетъ указывать на присутствіе кальція или магнія. О кальціѣ можетъ свидѣтельствовать образованіе осадка отъ прибавленія щавелевокислаго аммонія. Относительно магнія нужно замѣтить, что отъ углекислаго аммонія онъ осаждается не сразу. Поэтому, если тотчасъ же по прилитіи этого реактива не получилось осадка, не нужно торопиться заключеніемъ объ отсутствіи металловъ 2-й группы, и именно магнія, а нѣкоторое время подождать, нагревая пробирку; кромѣ того, для большей убѣдительности слѣдуетъ подлить къ испытуемому раствору ѣдкаго натра или ѣдкаго кали, съ которыми магній образуетъ нерастворимый осадокъ гидрата окиси магнія.

Металлы первой группы не имѣютъ общаго реактива, который осаждалъ бы все ихъ, но каждый въ частности имѣетъ характерныя нерастворимыя соли: калий осаждается при дѣйствіи кислаго виннокислаго натрія, а натрій—пиромульфатомъ калиевой соли; аммоній же, осаждающійся отъ обоихъ указанныхъ реактивовъ, лучше всего узнается потому, что, при дѣйствіи ѣдкой щелочи, онъ даже изъ раствора, особенно при нагреваніи, выделяетъ амміакъ. Прежде нужно сдѣлать пробу на амміакъ, а затѣмъ уже, если его не окажется, на калий и натрій. Эти послѣдніе узнаются еще и потому, что они и ихъ соли, взятые въ твердомъ видѣ, окрашиваютъ пламя въ характерныя цвѣта: натрій—въ желтый цвѣтъ, а калий—въ голубой.

Кислоты опредѣляются въ особыхъ порціяхъ испытуемаго вещества.

Угольная кислота узнается по тому, что, при приливаніи къ ея солямъ, раствореннымъ или въ твердомъ состояніи, какой либо свободной кислоты, выдѣляются пузырьки углекислаго газа, причемъ можетъ произойти шипѣніе.

Для сѣрной кислоты характернымъ реактивомъ являются соединенія барія. При прибавленіи ихъ, какъ къ самой кислотѣ, такъ и къ ея солямъ, образуется осадокъ сѣрно-баріевой соли, нерастворимый не только въ водѣ, но и въ кислотахъ.

Азотная кислота, дѣйствуя на мѣдныя стружки, образуетъ бурые пары низшихъ окисловъ азота. Если дана соль азотной кислоты, то отсюда названная кислота вытѣсняется дѣйствіемъ сѣрной кислоты. Манипуляція производится такъ: въ пробирку съ растворомъ испытуемаго вещества бросается немного мѣдныхъ стружекъ, затѣмъ приливается крѣпкая сѣрная кислота и пробирка слегка нагрѣвается. Если появятся бурые пары, то это послужитъ доказательствомъ, что испытуемое вещество есть соль азотной кислоты.

Соляная кислота, какъ свободная, такъ и въ соединеніяхъ, при приливаніи соли серебра, даетъ нерастворимый осадокъ хлористаго серебра (вполнѣ растворимаго только въ амміакѣ).

Испытаніе мокрымъ путемъ предполагаетъ предварительное раствореніе минераловъ. Для этой цѣли прежде всего нужно пользоваться водой. Если она не растворитъ или растворитъ, но не все,—приливается слабая и за нею болѣе крѣпкая соляная кислота; затѣмъ слѣдуютъ азотная кислота и царская водка (смѣсь соляной и азотной кислотъ въ пропорціи 2:1). Если и онѣ не растворяютъ испытуемаго вещества, тогда оно сплавляется съ 4 частями соды и одною частью селитры (лучше въ платиновомъ тиглѣ), причемъ послѣ этого вещество, за исключеніемъ нѣкоторыхъ соединеній кремнезема, переходитъ уже въ растворимое соединеніе. Раствореніе въ кислотахъ препятствуетъ открытію кислоты, входившей въ составъ анализируемаго вещества. Поэтому, для открытія кислотъ, нерастворимыя въ водѣ соединенія, нужно переводить въ растворимыя посредствомъ способа сплавленія съ содою и селитрой. Угольная кислота узнается и въ нерастворенномъ веществѣ, такъ какъ она съ шипѣ-

ніемъ выдѣляется при соприкосновеніи поверхности вещества съ какою либо свободной кислотой.

Изложенный ходъ анализа предполагаетъ, что въ испытуемомъ минеральномъ веществѣ имѣется одинъ металлъ. Но если ихъ имѣется нѣсколько и притомъ изъ различныхъ группъ, тогда прежде всего нужно раздѣлить ихъ. Для этой цѣли служатъ указанные выше общіе, характерные для группъ реактивы. Такъ, при пропусканіи сѣроводорода черезъ подкисленный растворъ, осадутъ металлы 4-й и 5-й группъ, а 1-я, 2-я и 3-я группы останутся въ фильтратѣ. Промываніе осадковъ посредствомъ многосѣрнистаго аммонія раздѣлитъ 4 и 5 группы, такъ какъ послѣдняя въ немъ растворяется, а сѣрнистый аммоній осадитъ изъ фильтрата (предварительно нейтрализованнаго) 3-ю группу; изъ новаго фильтрата осаждается вторая группа посредствомъ углекислаго аммонія.

Манипуляціи мокраго анализа, за немногими исключеніями, производятся въ пробиркахъ. Какъ изслѣдуемое вещество, такъ и приливаемые реактивы обыкновенно берутся каждый разъ въ небольшихъ количествахъ. Для каждой новой манипуляціи изслѣдованія берется новая порція испытуемаго вещества. Подлежащіе изслѣдованію осадки, получаемые отъ прилитія того или другого реактива, отдѣляются отъ жидкости посредствомъ фильтраціи.

Часть II.

Строеніе и жизнь растений.

Живая природа состоитъ изъ двухъ обширныхъ царствъ: растительнаго и животнаго. Какая разница между ними? Этотъ вопросъ на первый взглядъ можетъ показаться совершенно излишнимъ, такъ какъ, если мы сравнимъ растенія и тѣхъ животныхъ, которыя насъ окружаютъ и которыхъ мы всегда наблюдаемъ, то сразу же увидимъ между ними громадную разницу въ строеніи и въ томъ, что животныя движутся, а растенія неподвижно прикрѣплены къ своимъ мѣстамъ. Въ дѣйствительности же дѣло обстоитъ не такъ просто. Кромѣ видимыхъ нами растеній и животныхъ имѣется еще обширный міръ невидимыхъ для невооруженнаго глаза растительныхъ и животныхъ организмовъ, которые могутъ быть наблюдаемы только посредствомъ микроскопа (инструмента, составленнаго изъ увеличительныхъ стеколъ). Вотъ здѣсь-то указанное различіе уже теряется. Форма микроскопически мелкихъ растеній и животныхъ не имѣетъ существенныхъ отличій, и при томъ здѣсь можно видѣть свободно живущія и движущіяся растенія. Наоборотъ, есть неподвижно прикрѣпленныя къ своимъ мѣстамъ животныя, на примѣръ, кораллы, изъ раковинъ которыхъ образовались въ моряхъ коралловые рифы и проч.

Главное различіе между растеніями и животными заключается въ ихъ жизни. Растенія, за нѣкоторыми исключеніями, питаются минеральными веществами почвы, всасываемыми вмѣстѣ съ водою, и углекислымъ газомъ, и изъ этого матеріала, доставляемаго мертвой природой, создаютъ уже органическія вещества, образующія растительное тѣло.

Животные же создавать органических веществ не могут. Они пользуются этими веществами уже в готовом виде, употребляя в пищу или растения, или животных же. Отсюда слѣдуетъ, что для существованія растительнаго міра безусловно необходима одна только мертвая природа, а для животнаго—необходимъ и растительный міръ.

Изучить растение или животное, значитъ, понять его строеніе и жизнь. Знаніе подробностей устройства частей организма, безъ пониманія ихъ назначенія, не имѣетъ смысла, а изученіе жизненныхъ отправленій безъ знакомства съ строеніемъ органовъ, при помощи которыхъ они совершаются, невозможно. Поэтому будемъ изучать строеніе и жизнь растений совмѣстно.

Растительное царство весьма обширно, но все безконечное множество отдѣльныхъ растений подраздѣляется, въ виду сходства признаковъ, на группы—болѣе и менѣе общія. Прежде всего, растения раздѣляются на два обширныхъ разряда: на растения высшія и низшія. Растения высшія—это тѣ, которыя вырастаютъ изъ сѣмени и сами цвѣтутъ и приносятъ сѣмена и потому называются *сѣменными*, или *цвѣтковыми*. Растения низшія не цвѣтутъ и на мѣсто сѣмянъ производятъ мелкія, какъ пыль, крупинки или споры, почему и называются *споровыми*. Таковы: грибы, водоросли, мхи, папоротники, хвощи и др.

Въ дальнѣйшихъ бесѣдахъ будемъ говорить о строеніи и жизни высшихъ растений. Это дастъ намъ представленіе о жизни растительнаго организма вообще, такъ какъ основныя жизненныя отправленія общи для всѣхъ растений.

Сѣмя и его проростаніе.

Жизнь каждаго организма начинается его постепеннымъ развитіемъ. Сѣменные или цвѣтковые растения развиваются преимущественно изъ сѣмянъ. Поэтому прежде всего посмотримъ, какъ устроены сѣмена и какъ они прорастаютъ.

Возьмемъ общеизвѣстное сѣмя—гороха или бобовъ и намочимъ его водою. Когда оно въ водѣ разбухнетъ, мы увидимъ, что оно завернуто въ кожуру, которая отдѣлилась, по набуханіи, отъ сѣмени. Снявши кожуру, мы замѣтимъ, что сѣмя не цѣльное, а состоитъ изъ двухъ жестко хряще-

выхъ половинокъ или долей; эти половинки такъ и называются *сѣмянодолями*. Между ними защемяно небольшое тѣльце, соединяющее доли между собою. Это есть *зародышъ*. У зародыша одинъ конецъ заостренъ: это—*корешокъ*: отъ него поидетъ корень растенія. Противоположный конецъ есть зародышевая *почка*: отъ нея поидетъ стебель съ листьями (Рис. 21).

Въ сѣмени ржи, пшеницы или овса строеніе иное. Разрѣзавъ размякшее въ водѣ зерно по желобку его, найдемъ, что большую часть сѣмени составляетъ бѣлая муковистая, плотно сросшаяся съ кожурой масса; это—*бѣлокъ*,

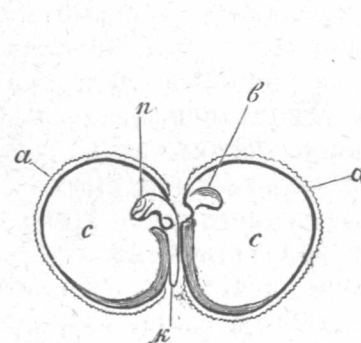


Рис. 21. Сѣмя гороха въ разрѣзѣ. а—кожура; с—сѣмянодоли; к—корешокъ зародыша; н—почка зародыша; в—впадинка, въ которой лежитъ почка.

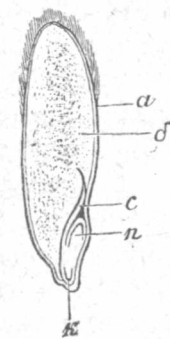


Рис. 22. Сѣмя пшеницы въ разрѣзѣ. а—кожура; б—бѣлокъ; с—сѣмянодоля, называемая щиткомъ; к—корешокъ; н—почка.

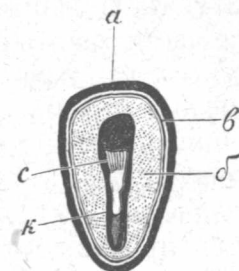


Рис. 23. Сѣмя кедрова въ разрѣзѣ. а—твердая скорлупа; б—кожура; в—бѣлокъ; с—сѣмянодоли; к—корешокъ.

котораго въ сѣменахъ гороха и бобовъ нѣтъ. Внизу бѣлка, на сторонѣ противоположной желобку, помѣщается зародышъ, у котораго тоже есть и корешокъ, и почка. Но здѣсь только одна *сѣмянодоля*. Она въ видѣ щитка прижата одной стороной къ бѣлку, а другой обхватываетъ зародышъ (Рис. 22).

У кедрова, сосны и нѣкоторыхъ другихъ хвойныхъ деревьевъ зародышъ заключенъ внутри бѣлковой массы, которая его отдѣляетъ отъ кожуры; и сѣмя здѣсь имѣетъ не одну и не двѣ, а нѣсколько сѣмянодолей (у кедрова ихъ 10), въ видѣ пучка иголокъ прижатыхъ другъ къ другу и окружающихъ верхушку зародыша (Рис. 23).

Итакъ, вотъ какія бываютъ сѣмена: въ однихъ есть бѣлокъ, въ другихъ нѣтъ его, почему первыя называются

бѣлковыми, вторыя безбѣлковыми. въ однихъ одна сѣмянодоля, въ другихъ—двѣ или болѣе. Согласно послѣднему, и растенія дѣлятся на *однодольныя*, куда относятся злаки, пальмы, осоки, орхидеи, лилейныя и нѣкоторыя другія, преимущественно травянистыя растенія, *двудольныя*, къ которымъ принадлежитъ большинство цвѣтковыхъ растеній, и *многодольныя*, къ которымъ относятся хвойныя. Мы увидимъ потомъ, что, помимо устройства сѣмени, эти группы растеній имѣютъ еще другія важныя особенности въ ихъ строеніи.

Въ чемъ же заключаются явленія проростанія и при какихъ условіяхъ оно совершается?

Извнѣ дѣятельность сѣмени проявляется его разбуханіемъ, разрывомъ кожуры и появленіемъ сначала корешка, а затѣмъ перышка, т. е. стебелька съ первыми листьями. Эти части растенія развиваются, увеличиваясь въ размѣрахъ съ каждымъ днемъ. Одновременно же съ этимъ сѣмянодоли и бѣлокъ, гдѣ онъ есть, наоборотъ, сморщиваются и уменьшаются въ объемѣ до полного уничтоженія. Неразрывность двухъ указанныхъ противоположныхъ явленій—увеличенія однихъ частей и уменьшенія другихъ—заставляетъ признать, что первое совершается насчетъ второго, т. е., что зачинающееся растеніе питается тѣмъ матеріаломъ, который заключается въ бѣлкѣ и сѣмянодоляхъ. Мало того, легко доказать, что первоначально растеніе питается исключительно тѣмъ, что ему даетъ сѣмя, и ничего, кромѣ воды, не беретъ изъ почвы. Возьмемъ сѣмена гороха и положимъ ихъ на кусокъ мокраго войлока: мы увидимъ, что, несмотря на отсутствіе почвы, сѣмена проростутъ. А если проростающее растеніе съ сѣменемъ высушить, для удаленія всосанной имъ воды, и потомъ взвѣситъ, то окажется, что, по сравненію съ первоначальнымъ сухимъ непроросшимъ сѣменемъ, вѣсъ не только не прибавился, но даже убавился. Отсутствіе привѣса ясно указываетъ, что въ первые моменты своей жизни растеніе не пользуется пищею со стороны—изъ почвы. Убыль же въ вѣсѣ объясняется процессомъ дыханія, о которомъ будемъ говорить впослѣдствіи.

Итакъ, сѣмянодоли и бѣлокъ служатъ для зародыша пищею на первое время, пока корешокъ проникаетъ въ землю, а почечка тянется вверхъ, къ свѣту и воздуху. При этомъ, у нѣкоторыхъ растеній сѣмянодоли превращаются въ первую пару листьевъ; на примѣръ, у фасоли, клена,

ясеня, липы и др. сѣмянодоли выходятъ на поверхность почвы и принимаютъ зеленый цвѣтъ, свойственный листьямъ. У фасоли эта пара листочковъ отличается отъ послѣдующихъ листьевъ болѣе овальною формою и отсутствіемъ жилокъ (Рис. 24); у клена и ясеня форма сѣмянодолей уже ближе подходит къ обыкновенному листу, а у липы это настоящіе тонкіе зеленые листочки, съ зубчатымъ краемъ и жилками. Очевидно, что и тогда, когда сѣмянодоли не выходятъ на поверхность почвы, какъ напр. у гороха, онѣ все же соотвѣтствуютъ первой парѣ листьевъ. Рекомендуемъ читателю посадить сѣмена фасоли и гороха въ землю на открытомъ мѣстѣ или въ цвѣточный горшокъ и наблюдать, какая разница въ измѣненіяхъ сѣмянодолей въ томъ и другомъ случаѣ.

Прежде чѣмъ прорости, сѣмя, какъ извѣстно, разбухаетъ. Значитъ, первое необходимое условіе для проростанія—*вода*. Для чего она нужна? Мы сказали, что зародышъ первое время питается тою пищею, которая приготовлена для него въ самомъ сѣмени, т. е. бѣлкомъ и сѣмянодолями. Но и бѣлокъ, и сѣмянодоли сухи и тверды, и въ такомъ видѣ не могутъ быть усвоены зародышемъ. Для того, чтобы могло произойти перемѣщеніе и новое распредѣленіе вещества въ сѣмени, его частицы должны обладать соотвѣтствующею степенью подвижности. Между тѣмъ, въ тѣлахъ твердыхъ такой подвижности нѣтъ. Поэтому части сухого сѣмени, будучи прочно прикрѣплены къ своему мѣсту, перемѣщаться къ зародышу не могутъ. Для этого нужно состояніе жидкое или газообразное. Вотъ вода то и назначена прежде всего для этой цѣли: для перевода твердыхъ питательныхъ веществъ сѣмени въ болѣе подвижное жидкое состояніе.

Обыкновенный способъ превращенія твердыхъ веществъ

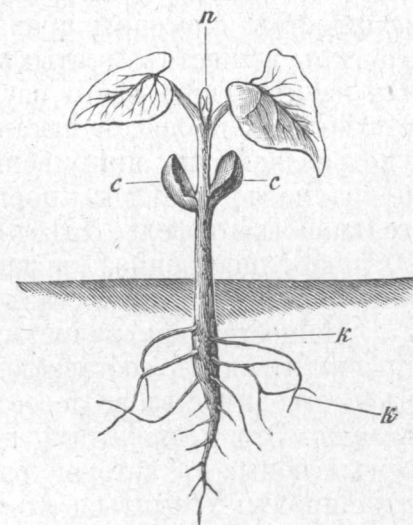


Рис. 24. Проростающая фасоль. *п*—верхушечная почка; *с*—сѣмянодоли, превратившіяся въ первую пару листьевъ; *к*—главный и побочные корни.

въ жидкія посредствомъ воды есть раствореніе. Изъ повседневнаго опыта мы знаемъ, какъ въ ней растворяются поваренная соль, сахаръ и др. вещества. Но не всѣ вещества растворяются въ водѣ. Такъ, напримѣръ, въ ней не растворяются крахмалъ и бѣлокъ, т. е., какъ разъ тѣ вещества, которыя являются главными составными частями сѣмянъ. Прежде чѣмъ раствориться въ водѣ, они должны еще приобрести эту способность, должны перейти въ растворимое состояніе. Тутъ на помощь являются такъ называемые *ферменты*. Что такое ферменты? Это такія вещества, которыя, будучи взяты въ самомъ незначительномъ количествѣ, способны произвести химическое превращеніе другихъ веществъ, взятыхъ въ какомъ угодно количествѣ. Въ наукѣ лучше всего изучены тѣ ферменты, которые дѣйствуютъ въ процессѣ питанія человѣка и животныхъ. Мы употребляемъ въ пищу вещества, содержащія въ себѣ также и крахмалъ, и бѣлокъ: первый заключается въ пищѣ растительной (картофель, хлѣбъ), а второй—и въ растительной и, преимущественно, въ животной (яйца, мясо). Какъ же они переходятъ въ составъ нашего тѣла?

Вещества крахмалистыя, прежде чѣмъ усвоиться, т. е. превратиться въ составную часть нашего тѣла, переходятъ въ растворимое въ водѣ соединеніе—*виноградный сахаръ или глюкозу*. Это происходитъ подъ вліяніемъ главнымъ образомъ слюны, въ которой растворенъ ферментъ, называемый *птиалиномъ*. Убѣдиться въ этомъ легко: стоитъ только пососать кусочекъ бѣлаго хлѣба, чтобы замѣтить, что онъ сдѣлался сладковатымъ на вкусъ, т. е.—его крахмалъ превратился въ сахаръ. Если къ жидкому крахмальному клейстеру прибавить слюны, то чрезъ нѣкоторое время клейстеръ сдѣлается совершенно прозрачнымъ и болѣе жидкимъ. Разбухшія только, но нерастворенныя прежде зерна крахмала теперь растворятся, такъ какъ отъ дѣйствія фермента *птиалина* предварительно превратятся въ сахаръ. Въ сѣменахъ растений есть свой подобный ферментъ. Когда онъ растворится въ водѣ, то тоже превращаетъ крахмалъ въ сахаръ. Этотъ ферментъ называется *диастазомъ*. Въ сѣменахъ сухихъ диастазъ или отсутствуетъ, или же находится въ покоющемся состояніи, не дѣйствуетъ; но будучи растворенъ водою, онъ вступаетъ въ свои права. Стоитъ раскусить простое ячменное зерно и затѣмъ зерно проросшее, чтобы убѣдиться, что первое безвкусно, а второе сладко. Проро-

щенные и затѣмъ высушенныя ячменные зерна составляютъ, какъ извѣстно, *солодъ*, который, между прочимъ, употребляется при вареніи браги и кваса: онъ сообщаетъ этимъ напиткамъ сладковатый вкусъ, потому что превращаетъ крахмалъ въ сахаръ.

Бѣлокъ превращается въ растворимое состояніе точно также благодаря дѣйствію ферментовъ. Въ нашемъ организмѣ первое мѣсто въ этомъ случаѣ принадлежитъ *пепсину*—ферменту желудочнаго сока, соединенному съ соляной кислотой. Въ недавнее сравнительно время установлены факты, доказывающіе существованіе подобнаго превращенія бѣлковаго вещества и въ растительныхъ организмахъ. Существуетъ цѣлый рядъ такъ называемыхъ *наѣкомоядныхъ* растений, какъ, напримѣръ, довольно обыкновенная для нашихъ болотъ росянка. Они имѣютъ чашечки или т. под. органы, усаженные волосиками и по краямъ обыкновенно снабженные зубчиками. Когда наѣкомое садится на чашечку, то она захлопывается, а волосики выделяютъ, вслѣдствіе раздраженія, сходную съ пепсиномъ слизь и кислоту. Подъ вліяніемъ этого наѣкомое переваривается и идетъ на пищу для растенія. Послѣ того, какъ найденъ былъ пепсинообразный ферментъ въ наѣкомоядныхъ растеніяхъ, ученые стали искать и дѣйствительно нашли его и въ проростающихъ сѣменахъ. Питаніе начинающаго растенія на счетъ запасовъ бѣлка теперь стало понятнымъ: бѣлокъ переходитъ въ растворимую форму подъ вліяніемъ пепсинообразнаго фермента точно такъ же, какъ крахмалъ подъ вліяніемъ диастаза переходитъ въ растворимый сахаръ. Но оба эти фермента дѣйствуютъ лишь тогда, когда они растворены. А для раствора нужна вода.

Помимо химическаго значенія, вода для проростающихъ сѣмянъ имѣетъ весьма важное значеніе механическое. Всасывая воду, сѣмя разбухаетъ, вслѣдствіе чего разрываетъ и сбрасываетъ оболочку, ранѣе служившую для защиты, а теперь мѣшающую проростанію. О томъ, съ какою силою впитывается вода сѣменами, можно судить по такому опыту. Если небольшой чугунокъ наполнить горохомъ, затѣмъ смачивать горохъ и прикрыть его крышкой, а на крышку положить грузъ, постепенно увеличивая его, то окажется, что разбухающія сѣмена гороха въ состояніи поднять грузъ въ нѣсколько пудовъ.

Наряду съ водою, столь же существенное значеніе для проростанія сѣмени имѣютъ *тепло и воздухъ*.

Нужно опредѣленное количество тепла, чтобы сѣмена могли дать начало новымъ растеніямъ. Они не могутъ проростать ни при очень низкой, ни при очень высокой температурахъ: въ первомъ случаѣ—отъ недостатка тепла, во второмъ—вслѣдствіе вреднаго вліянія, оказываемаго на всѣ жизненные процессы растенія высокою температурой. Предѣлы температуры, въ которыхъ возможно проростаніе, для различныхъ растеній различны. Такъ, рожь, ячмень, овесъ, пшеница могутъ проростать уже при 3 или даже 2 градусахъ; огурцы, табакъ, дыни требуютъ не менѣе 13°. Если температура будетъ ниже показанной, то проростаніе сдѣлается невозможнымъ. Съ другой стороны, при температурѣ выше 30° проростаніе пшеницы, ржи и нѣкоторыхъ другихъ обыкновенныхъ растеній тоже не происходитъ. Просо, дыни и огурцы могутъ выносить высшую температуру, именно до 40°, далѣе которой они тоже не проростають. Въ обозначенныхъ границахъ проростаніе идетъ не одинаково успѣшно. По мѣрѣ перехода отъ низшей температуры, при которой оно только что начинается, къ высшей, проростаніе сначала будетъ усиливаться, а затѣмъ ослабляться, пока отъ избытка тепла не остановится совсѣмъ. Отсюда видно, что проростаніе наилучше происходитъ при средней температурѣ. Но какъ низшій и высшій предѣлы ея для различныхъ растеній не одинаковы, такъ точно не одинаковъ и средній уровень. Краснорѣчивѣе всего это подтверждается разнообразіемъ растительности на различныхъ поясахъ земли, обладающихъ различною температурой. Большинство нашихъ хозяйственныхъ растеній (рожь, пшеница, просо, греча и проч.) лучше всего проростають при 25°—17°.

Воздухъ необходимъ проростающему сѣмени для дыханія зародыша. Извѣстно, что воздухъ состоитъ изъ двухъ главныхъ составныхъ частей—азота и кислорода, и что дыханіе заключается въ поглощеніи организмомъ кислорода, который, соединяясь съ составными частями пищи и самого тѣла организма, образуетъ между прочимъ углекислый газъ, выдѣляемый при выдыханіи. Соединеніе съ кислородомъ есть ни что иное, какъ горѣніе. Обычное горѣніе, сопровождаемое пламенемъ и свѣтомъ, есть быстрое соединеніе горящаго тѣла съ кислородомъ. Дыханіе-же—соеди-

неніе съ кислородомъ медленное, почему ни пламени, ни жгущей температуры при этомъ не бываетъ. Но во всякомъ случаѣ, разъ соединеніе съ кислородомъ происходитъ, хотя бы и медленное, температура должна въ соответствующей степени повыситься. Это и наблюдается въ проростающихъ сѣменахъ, что легко можно проверить, если опустить руку въ кучу сырыхъ, полежавшихъ нѣкоторое время сѣмянъ, особенно, если на нихъ показались уже ростки. Въ народѣ есть выраженіе: «сѣмена сгорѣли»; это значитъ, что въ закромъ съ сѣменами попала сырость и они начали проростать и сдѣлались отъ этого горячими. Но мы посвятимъ вопросу о дыханіи растеній отдѣльную бесѣду.

Разъ отсутствуетъ одно какое либо изъ указанныхъ условій—вода, тепло или воздухъ—сѣмя проростать не можетъ. Но его жизненность или *всхожесть* не утрачивается отъ этого, а сохраняется въ теченіе большого или меньшаго количества времени. Предѣлы этого времени весьма неодинаковы для различныхъ сѣмянъ. Есть сѣмена, способныя въ сухомъ видѣ сохранять всхожесть десятками лѣтъ, даже цѣлыми столѣтіями. Существуютъ несомнѣнные факты, доказывающіе, что сѣмена, взятые изъ гербаріевъ, гдѣ они пролежали болѣе ста лѣтъ, успѣшно проросли; приводятъ даже въ примѣръ египетскую пшеницу, пролежавшую тысячелѣтія въ египетскихъ гробницахъ съ муміями, но этотъ послѣдній примѣръ не вполне достовѣренъ. Есть другія сѣмена, которыя могутъ проростать только въ теченіе нѣсколькихъ дней по отдѣленіи ихъ отъ растенія; таковы, на примѣръ, кофейныя сѣмена, сѣмена ивы. Наконецъ, есть и такія, которыя могутъ проростать не иначе, какъ по прошествіи значительнаго промежутка времени; къ этой послѣдней группѣ относится большинство косточковыхъ плодовъ. Изъ нашихъ обыкновенныхъ растеній сѣмена пшеницы сохраняютъ всхожесть среднимъ числомъ 3 года, ржи—2 года, фасоли—3 года, капусты—6 лѣтъ, тыквы—7 лѣтъ. Вообще говоря, чѣмъ сѣмена старше, тѣмъ менѣе процентъ ихъ всхожести, т. е. изъ каждой сотни прорастаетъ все меньшее число сѣмянъ. Большое вліяніе оказываетъ, впрочемъ, способъ сохраненія: осторожно подсушенные сѣмена, лежація въ хорошо закупоренномъ сосудѣ, сохраняютъ всхожесть гораздо долѣе обыкновеннаго. Сохраненіе всхожести, очевидно, связано съ пребываніемъ вещества сѣмени въ покоѣ и неизмѣнномъ состояніи. Наобо-

ротъ, ея утрату вѣроятнѣе всего нужно приписывать нѣ-
которому измѣненію свойствъ вещества, главнымъ образомъ,
его растворимости, съ большей или меньшей скоростью
уменьшающейся отъ времени въ различныхъ сѣменахъ.

Послѣ того какъ проросшее растеніе пустило корни
въ землю и перышко его зазеленѣло, оно сдѣлалось спо-
собнымъ къ самостоятельной жизни, независимой отъ сѣ-
мени. Теперь оно не нуждается уже въ готовой пищѣ, а
можетъ само готовить себѣ органическія вещества изъ
неорганическаго матеріала, получаемого изъ почвы и окру-
жающей атмосферы, и благодаря этому постепенно расти
и развиваться.

Внутреннее строеніе растеній.

Каждому хорошо извѣстно, что растеніе имѣетъ корень,
стебель и листья; кромѣ того, на немъ появляются цвѣты,
изъ которыхъ развиваются плоды съ сѣменами. Посред-
ствомъ корня, покрытаго многочисленными корневыми
волосками, растеніе всасываетъ изъ земли воду съ раство-
ренными въ ней питательными минеральными веществами.
Въ листьяхъ изъ этихъ послѣднихъ, а также изъ угле-
кислаго газа воздуха приготовляются растительныя—орга-
ническія вещества. По стеблю происходитъ передвиженіе
веществъ, именно, по его древесинѣ передвигаются изъ
корня къ кистямъ питательные соки, а по лубу (обра-
зующему внутреннюю часть коры, гдѣ она есть) идутъ
внизъ и распределяются по всему растенію органическія
вещества. Чтобы понять это назначеніе отдѣльныхъ частей
растенія и всѣ другія отправленія растительныхъ органовъ,
необходимо предварительно ознакомиться со строеніемъ расте-
нія. Для этого недостаточно знаніе того, что позволяетъ видѣть
нашъ невооруженный глазъ, а необходимо изученіе внут-
ренняго строенія, открываемого намъ микроскопомъ.

При помощи микроскопа обнаружено, что всѣ растенія,
такъ же какъ и животныя, состоятъ изъ мельчайшихъ части-
чекъ, въ видѣ ячеекъ, которыя называются *клетками*. Смотря
по количеству клетокъ, входящихъ въ тѣло растенія или
животнаго, всѣ они раздѣляются на одноклеточныя и много-
клеточныя. Одноклеточныя обыкновенно настолько малы,
что для невооруженнаго глаза они совсѣмъ или почти со-

всѣмъ незамѣтны и могутъ быть разсматриваемы только
чрезъ микроскопъ. Многоклеточныя имѣютъ большій или
меньшій объемъ, смотря по количеству входящихъ въ нихъ
клетокъ. Въ увеличеніи числа послѣднихъ и заключается
сущность роста всѣхъ многоклеточныхъ организмовъ, т. е.
въ томъ числѣ и наблюдаемаго нами роста растеній.

Но что такое представляютъ изъ себя клетки? Какъ
и почему онѣ умножаются и какъ, именно, строится изъ
нихъ растеніе?

Познакомимся съ растительной клеткой первоначально
на одноклеточномъ растеніи. Читатель конечно не разъ
видалъ зеленыя пятна, покрывающія
сырыя старыя стѣны, заборы и де-
ревья. Эти пятна состоятъ изъ мно-
гихъ сотенъ растеній. Каждое изъ
нихъ, если посмотрѣть на него чрезъ
микроскопъ, имѣетъ видъ маленькаго
круглага пузырька, почему ему и дали
названіе *первопузырька* (Рис. 25).
Конечно, у него нѣтъ ни листьевъ,
ни стебля, ни корня, ни другихъ зна-
комыхъ частей растеній. Весь перво-
пузырькъ есть ничто иное, какъ
одна круглая клеточка. Она покрыта
снаружи довольно плотною кожицей,
а внутри представляетъ полужидкую
слизистую массу, называемую *прото-
плазмой*. Въ протоплазмѣ находится
круглое тѣло—клеточное *ядро*, въ центрѣ котораго помѣ-
щается еще ярко блестящее *ядрышко*. Какъ ни просты такія
растенія, они все же живутъ: питаются, растутъ и размножа-
ются. Время отъ времени протоплазма первопузырька,
достигнувъ возможной для нея величины роста, дѣлится,
вмѣстѣ съ ядромъ и ядрышкомъ, на двѣ части. Между
ними образуется перегородка, разгораживающая первопу-
зырькъ на двѣ половины, какъ показано на нашемъ ри-
сункѣ. Теперь каждая половина первопузырька превра-
щается въ самостоятельный первопузырькъ, который, вы-
росши немного, такимъ же образомъ раздѣлится пополамъ
и, въ свою очередь, дастъ начало двумъ новымъ первопу-
зырькамъ. Такимъ образомъ, число ихъ быстро увеличи-
вается. Одноклеточныхъ растеній, подобныхъ первопузыр-



Рис. 25. Первопузырькъ,
разсматриваемый подъ ми-
кроскопомъ, при увеличе-
ніи около 150 разъ.

нику, существует большое множество. Такъ, бурый пѣнистый налетъ, плавающий на поверхности освѣщенныхъ солнцемъ прудовъ, состоитъ изъ микроскопически мелкихъ одноклѣточныхъ водорослей. Капля пивныхъ дрожжей подъ микроскопомъ является въ видѣ миллиона круглыхъ грибныхъ клѣтокъ (грибныхъ, — потому что по образу жизни онѣ походятъ на грибы). Всѣ заразные болѣзни и процессы гніенія причиняются бактеріями, которыя суть не что иное, какъ тоже микроскопически мелкія одноклѣточные растенія и т. д.

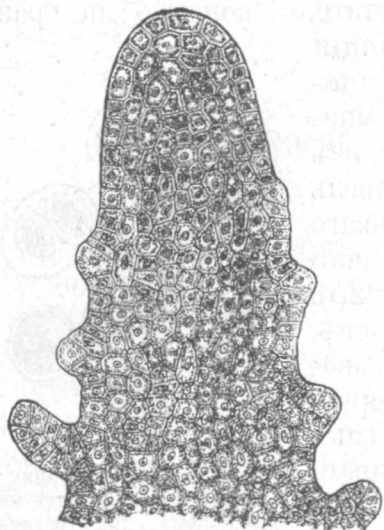


Рис. 26. Кончикъ (точка роста или конусъ нарастанія) стебля воднаго растенія (*Elodea*) въ продольномъ разрѣзѣ; бугорки представляютъ возникающіе листья. Увелич. около 240.

Клѣтки *многоклѣточныхъ* организмовъ, какъ растительныхъ, такъ и животныхъ, состоятъ изъ тѣхъ же главныхъ частей, какія мы видѣли въ организмахъ одноклѣточныхъ. Размѣръ клѣтокъ здѣсь, въ общемъ, такой же малый. Но зато число ихъ, вслѣдствіе дѣленія, постепенно увеличивается. Въ этомъ то и заключается причина роста всего организма. У растеній способностью дѣлиться обладаютъ только верхушечныя клѣтки ихъ стеблей и корней, какъ главныхъ, такъ и побочныхъ. Эти клѣтки образуютъ такъ называемые *точки роста* или *конусы нарастанія*. На 26 рисункѣ читатель видитъ весьма тонкую пластинку,

вертикально вырѣзанную изъ кончика стебля и изображенную при сильномъ увеличеніи. Отдѣльныя частички, какъ бы кирпичики или ячейки, изъ которыхъ она составлена, суть клѣтки. Верхушка стебля совершенно гладкая, немного же ниже появляются бугорки, которые становятся тѣмъ болѣе, чѣмъ далѣе находятся отъ вершины. Эти бугорки, разрастаясь, превращаются въ листья.

Конусъ нарастанія корня устроенъ нѣсколько иначе. Въдѣ молодыя, только что появившіяся, благодаря дѣленію, верхушечныя клѣтки крайне нѣжны, обладаютъ весьма

тонкими стѣнками. Поэтому, если бы онѣ на корнѣ ничѣмъ не были защищены, то, при углубленіи его внутрь почвы, легко могли бы порваться о песчинки и другія твердыя части, встрѣчающіяся на пути. Вотъ для избѣжанія этого-то существуетъ особое приспособленіе. Какъ видно на 27 рисункѣ, корень покрытъ на концѣ какъ бы шапочкою изъ болѣе крупныхъ клѣточекъ: это такъ называемый *корневой чехликъ*. Снаружи чехлика клѣтки лежатъ очень рыхло и легко отрываются, чехликъ, такимъ образомъ, стирается; но на смѣну оторваннымъ клѣткамъ изнутри чехлика выдвигаются все новыя и новыя. Онѣ то и не позволяютъ твердымъ частямъ почвы касаться нѣжныхъ, дѣлящихся клѣтокъ корня и тѣмъ обезпечиваютъ ему проникновеніе на большую глубину.

Молодыя клѣтки растенія почти одинаковы между собою. Всѣ онѣ близко походятъ на клѣтку первопузырника, отличаясь отъ нея главнымъ образомъ тѣмъ только, что, благодаря взаимному соприкосновенію и давленію, онѣ получаютъ не шарообразную, но многогранную форму. Съ теченіемъ же времени, по мѣрѣ удаленія отъ точки роста, клѣтки начинаютъ измѣняться и притомъ не одинаковымъ образомъ. Это зависитъ, съ одной стороны, отъ различія положенія клѣтокъ въ растеніи, и съ другой, — отъ различія тѣхъ обязанностей или жизненныхъ отправленій, которыя несутъ клѣтки. Въ концѣ концовъ, въ разившихся частяхъ взрослаго растенія получаютъ клѣтки весьма разнообразныя и по внутреннему содержимому, и по внѣшней формѣ.

Что касается внутреннего содержимаго, то указанные выше части, именно, протоплазма, ядро съ ядрышкомъ и оболочка остаются во всѣхъ клѣткахъ, пока онѣ живы. Но въ дополненіе къ этимъ существеннымъ частямъ появляются второстепенныя включенія, различныя для различ-

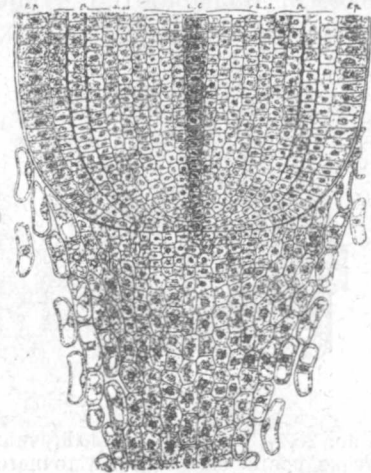


Рис. 27. Кончикъ корня ячменя въ продольномъ разрѣзѣ, прикрытый снизу чехликомъ. Увелич. ок. 150.

ныхъ клѣтокъ. Сюда относятся: *клеточный сокъ*, *пластиды*, *крахмальные* и *бѣлковыя зерна* и *кристаллы*. Познакомимся съ этими частями.

Разсматривая молодыя клѣтки точекъ роста, мы не найдемъ въ нихъ клеточнаго сока. Вся полость молодой клѣтки сплошь занята протоплазмой, въ серединѣ которой погружено сравнительно большое ядро. Но по мѣрѣ того, какъ клѣтка растетъ, въ ней показывается клеточный сокъ, сначала въ видѣ отдѣльныхъ капель въ массѣ протоплазмы; капли эти или полости, занятая водянистымъ клеточнымъ сокомъ, называются *вакуолями*. Вакуоли постепенно увеличиваются, сливаются между собою и, наконецъ, часто обра-

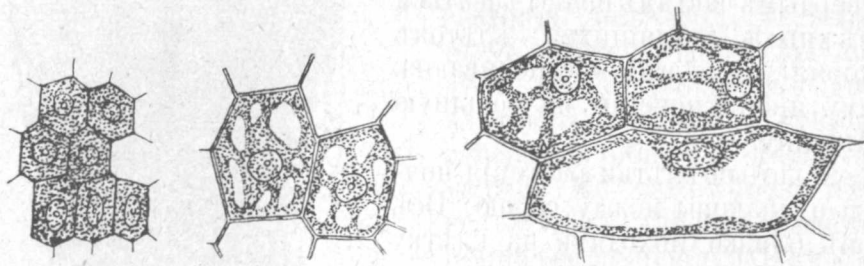


Рис. 28. Возникновеніе клеточнаго сока: нѣтъ очень молодыя клѣтки изъ точки роста, еще безъ клеточнаго сока; посрединѣ болѣе взрослыя клѣтки съ вакуолями; направо еще болѣе развитыя клѣтки; въ одной изъ нихъ всѣ вакуоли слились въ одну и протоплазма только выстилаетъ стѣнку. Всѣ клѣтки въ разрѣзѣ. Увелич. ок. 400.

зуютъ одну большую вакуолю, занимающую почти всю внутренность клѣтки, такъ что сплошная прежде масса протоплазмы превращается въ тонкій слой выстилающій со внутри оболочку (Рис. 28). Въ составъ клеточнаго сока входятъ различныя вещества: неорганическія, всосанныя вмѣстѣ съ водою изъ почвы, и органическія, т. е. приготовленныя самимъ растеніемъ, на примѣръ, сахаръ и др.

Несмотря на то, что протоплазма молодыхъ клѣтокъ въ кончикахъ стеблей и корней кажется однородною, въ ней, при внимательномъ изслѣдованіи, находятъ особыя безцвѣтныя зерна, по своему составу мало отличающіяся отъ протоплазмы. Это — *пластиды*. Въ клѣткахъ коры и листьевъ пластиды, вслѣдствіе дѣйствія свѣта, обыкновенно зеленѣютъ. Причина этому въ томъ, что безцвѣтныя прежде

пластиды на свѣту пропитываются особымъ зеленымъ веществомъ, которое называется *хлорофилломъ*; отсюда и зеленныя пластиды получили названіе *хлорофильныхъ зеренъ* или *хлоропластовъ*. Они то и сообщаютъ листьямъ и молодымъ стеблямъ растеній зеленый цвѣтъ. Иногда, впрочемъ, пластиды получаютъ цвѣта желтый, красный и др., какъ это видно на цвѣткахъ и ягодахъ многихъ растеній. Наконецъ, пластиды внутреннихъ клѣтокъ растенія, недоступныхъ дѣйствию на нихъ свѣта, обыкновенно остаются безцвѣтными. Назначеніе пластидъ заключается въ томъ, что

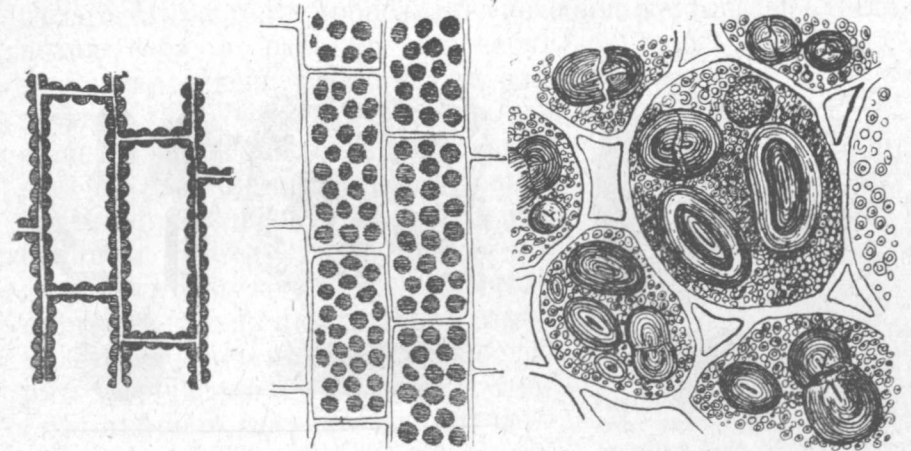


Рис. 29. Клѣтки съ хлорофильными зернами, разсматриваемыя съ поверхности: направо — на разсѣянномъ свѣтѣ; нѣтъ — въ темнотѣ или при очень яркомъ свѣтѣ. Увелич. ок. 300.

Рис. 30. Разрѣзъ чрезъ клѣтки изъ сѣмени фасоли, наполненныя крахмальными (крупныя слоистыя) и бѣлковыми (мелкія) зернами. Увелич. ок. 400.

въ нихъ образуются отложенія крахмала. Главная роль въ этомъ случаѣ принадлежитъ хлорофильнымъ зернамъ. Смотря по условіямъ освѣщенія, хлорофильныя зерна занимаютъ въ клѣткахъ различное положеніе. Если разсматривать подъ микроскопомъ листь мха, находившійся на разсѣянномъ (т. е. неяркомъ) свѣтѣ, то окажется, что хлорофильныя зерна равномерно покрываютъ свободныя стѣнки клѣтокъ, граничащія съ воздухомъ. Если же мохъ взять изъ темноты или съ яркаго свѣта, то всѣ зерна оказываются на боковыхъ стѣнкахъ (Рис. 29). Это явленіе находится въ связи съ движеніями самой протоплазмы клѣтокъ.

Вырабатываемый пластидами крахмалъ отлагается въ видѣ зеренъ, обыкновенно слоистаго строенія. Форма этихъ зеренъ у различныхъ растений различна. Въ сѣменахъ фасоли она эллиптическая (т. е. удлинено-круглая), съ центромъ наслоенія въ серединѣ (Рис. 30), у картофеля яйцевидная, причемъ центръ наслоенія лежитъ сбоку (Рис. 31); въ пшеницѣ—чечевицеобразная, въ кукурузѣ—многогранная и т. п.

Кромѣ крахмала, даже въ однѣхъ и тѣхъ же съ нимъ клѣткахъ, часто встрѣчаются твердыя зерна (Рис. 30) или даже кристаллы бѣловыхъ веществъ. Бываютъ капли

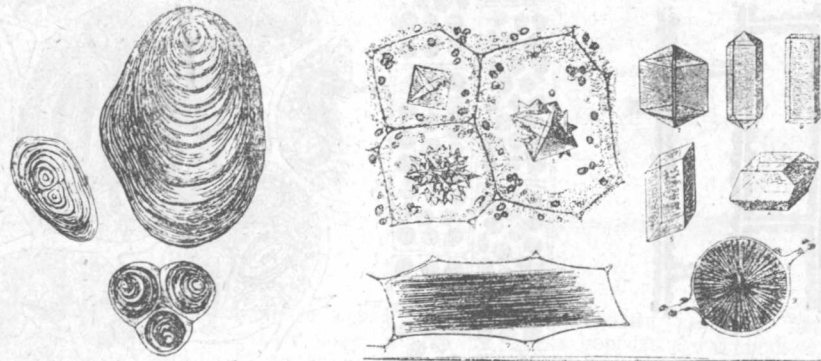


Рис. 31. Крахмальные зерна картофеля. Увелич. ок. 400.

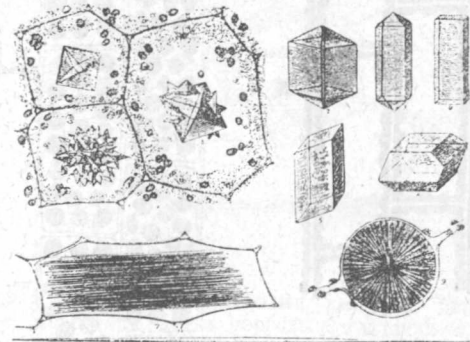


Рис. 32. Различныя формы минеральныхъ кристалловъ—одинокихъ и соединенныхъ въ группы, встрѣчающіяся въ клѣткахъ растений. Увелич. ок. 540.

жира и масла. Наконецъ, иногда въ клѣткахъ отлагаются и кристаллы минеральныхъ веществъ самой разнообразной формы (Рис. 32).

По внѣшней формѣ, клѣтки бываютъ длинныя, короткія и плоскія; шаровидныя, граненыя и съ извилистыми краями; съ равномерно-и неравномерно-утолщеною оболочкою (сравнить форму клѣтокъ на всѣхъ рисункахъ). Въ случаѣ неравномернаго утолщенія оболочка представляется покрытою какъ бы разнообразными узорами, на примѣръ: ея утолщенія принимаютъ форму спиралей или колецъ, утонченныя мѣста часто представляются въ видѣ различной формы и величины отверстій или продюшинъ

(Рис. 33). Все это находится въ самой тѣсной связи съ положеніемъ клѣтокъ въ растеніи и съ ихъ назначеніемъ въ его жизни. Посмотримъ, въ чемъ тутъ дѣло, и постараемся нарисовать общую картину расположенія разнообразныхъ клѣтокъ въ различныхъ частяхъ растенія.

Эта картина намъ будетъ понятнѣе, если воспользуемся слѣдующимъ сравненіемъ: уподобимъ все растеніе государству, а его клѣтки—гражданамъ государства. Въ государствѣ всѣ отдѣльные члены его, живя каждый своею личною жизнью, въ то же время несутъ какія-либо общественныя обязанности, изъ чего и складывается жизнь государства, какъ организованнаго цѣлаго. Въ растеніи происходитъ подобное же. Каждая клѣтка, питая себя и работая для себя, въ то же время работаетъ и для другихъ. Это сотрудничество и вообще связь клѣтокъ настолько тѣсны, что растеніе и производитъ впечатлѣніе цѣльной, нераздѣльной единицы. Между тѣмъ число отдѣльных его частей, т. е. число клѣтокъ, входящихъ даже въ самое маленькое растеніе, можетъ поспорить съ числомъ жителей могущественнѣйшаго государства. Въ картофелинѣ, имѣющей 5 сантиметровъ въ поперечникѣ, заключается не менѣе десяти милліоновъ клѣтокъ. А стволъ пихты, въ 25 метровъ вышины и $\frac{1}{4}$ метра въ поперечникѣ, содержитъ клѣтокъ болѣе ста милліардовъ.

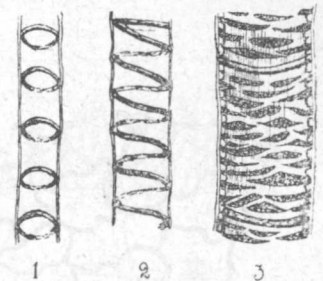


Рис. 33. Клѣтки съ различнымъ утолщеніемъ оболочки: 1—кольчатымъ, 2—спиральнымъ, 3—сѣтчатымъ. Увелич. ок. 240.

Руководящая мысль, связывающая отдѣльныхъ людей въ общество или государство, заключается въ раздѣленіи труда. Каждому человѣку невозможно быть специалистомъ во всѣхъ дѣлахъ. Поэтому одни люди дѣлаютъ одно, другіе—другое; затѣмъ они обмѣниваются результатами своихъ работъ, пользуются взаимными услугами и, въ концѣ концовъ, каждый гражданинъ, хотя онъ самъ и не приготовляетъ всего, что ему нужно, получаетъ полное удовлетвореніе всѣхъ своихъ потребностей. Люди, соединенные единствомъ занятій и положенія, составляютъ классы или сословія. Въ каждомъ государствѣ три главныхъ класса: военный, служащій для защиты отъ внѣшнихъ враговъ,

классъ производительный — обрабатывающій богатства страны и, наконецъ, классъ торговый, служащій посредникомъ между гражданами и даже государствами, при ихъ мѣнѣ своими произведеніями. Замѣчательное сходство съ этимъ находимъ мы и въ организаціи растенія. Здѣсь также различныя клѣтки исполняютъ различныя обязанности: каждая клѣтка дѣлаетъ не все, что необходимо для ея жизни, но, благодаря обмѣну услугъ, получаетъ совершенное удовлетвореніе всѣхъ своихъ потребностей. Клѣтки, имѣющія одинаковыя отправленія и, въ связи съ этимъ, занимающія одинаковое положеніе въ растеніи, близки другъ къ другу по формѣ и соединяются какъ бы въ от-

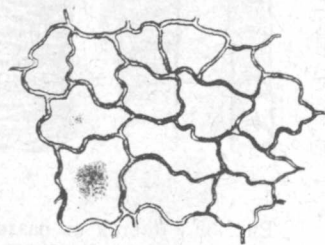


Рис. 34. Кожица верхней стороны листа, рассматриваемая съ поверхности. Увелич. ок. 240.

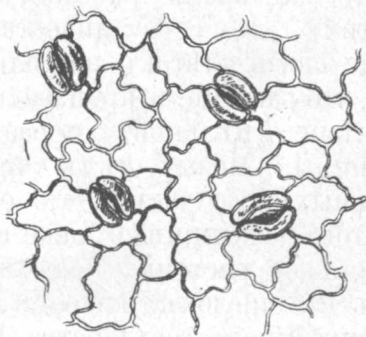


Рис. 35. Кожица нижней стороны листа съ устьицами. Увелич. ок. 240.

дѣльные классы, называемые *тканями*. Соотвѣтственно тремъ указаннымъ классамъ человѣческаго государства, существуетъ три главныхъ растительныхъ ткани.

Снаружи всѣ части растенія, т. е. и стебель, и корень, и листья покрыты тканью, которая называется *кожицею* или *эпидермисомъ* и состоитъ изъ плоскихъ, съ утолщеною наружною стѣнкою, клѣтокъ (Рис. 34, 35, 36). Назначеніе кожицы — въ защитѣ растенія отъ внѣшнихъ враговъ: это — военный классъ клѣточного растительнаго государства. Плотнo прилегая другъ къ другу, эпидермальные клѣтки образуютъ тѣсно сплоченный пограничный кордонъ, чрезъ который не могутъ проникнуть ни дождевая капля, ни пыль и т. п. Онѣ почти всегда покрыты

непромокаемымъ веществомъ — кутиномъ, образующимъ надкожицу или *кутикулу* (Рис. 36). Нерѣдко онѣ имѣютъ одѣяніе изъ тонкихъ, изящно завитыхъ восковыхъ иглъ (Рис. 37) или же сплошного воскового налета. Иногда эпидермальные клѣтки вооружены плотными кремневыми панцырями, или же направленнымъ противъ непріятеля острымъ оружіемъ — шипами, колючками и т. п. Многія изъ этихъ оружій отравлены на концахъ, подобно стрѣламъ дикарей, зубу змѣя или жалу пчелы; стоитъ прикоснуться рукою къ листьямъ крапивы, чтобы хрупкія, стекловидныя острія жгучихъ ея волосковъ обломались и вонзились въ руку; при этомъ въ незамѣтную ранку по-

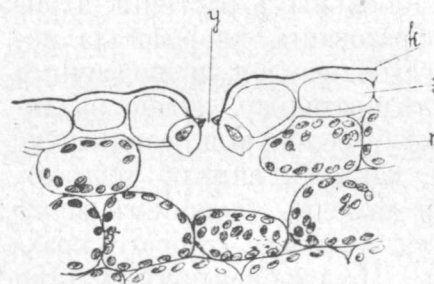


Рис. 36. Поперечный разрѣзъ чрезъ нижнюю сторону листа: у — устьице, к — кутикула, э — клѣтки эпидермиса, п — клѣтки паренхимы, съ хлорофильными зернами. Увелич. ок. 240.

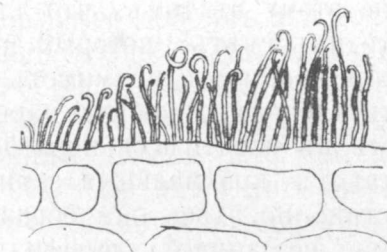


Рис. 37. Поперечный разрѣзъ чрезъ стебель сахарнаго тростника съ восковымъ налетомъ, состоящимъ изъ палочекъ. Увелич. ок. 300.

падаетъ изъ волоска одинъ изъ сильнѣйшихъ ядовъ: малѣйшая капелька его вызываетъ, какъ извѣстно, жгучую боль. А соединены другъ съ другомъ клѣтки кожистой ткани настолько плотно, что ихъ скорѣе можно разорвать, чѣмъ отдѣлить другъ отъ друга; отдѣлить же ихъ отъ остальныхъ тканей возможно только цѣльнымъ нераздѣльнымъ слоемъ, въ видѣ тонкой кожицы. Впрочемъ, во многихъ мѣстахъ, особенно на нижней сторонѣ листьевъ, эпидермисъ имѣетъ круглыя или щелеобразныя отверстія, замыкающіяся парой клѣтокъ. Когда замыкающія клѣтки расходятся, тогда внутрь растенія открывается свободный доступъ воздуху, нужному растенію для дыханія, и другимъ газамъ. Эти отверстія, съ замыкающими клѣтками,

называются *устыицами* (Рис. 36). Клётки кожицы обыкновенно не имѣютъ ни вакуолей, что обуславливаетъ ихъ плотность, ни пластидъ.

Внутри, подъ кожицей, помѣщаются двѣ главныя ткани. Одна, соотвѣтствующая производительному классу государства, называется *основной тканью* или *паренхимой*. Она состоитъ изъ клѣтокъ работниковъ, приготовляющихъ и накапливающихъ органическія вещества, изъ которыхъ строится тѣло растений, изъ неорганической пищи, доставляемой почвой и атмосферой. Какъ мы узнаемъ впоследствии, приготовленіе органическихъ веществъ есть дѣло главнымъ образомъ хлорофилла; поэтому, въ паренхимѣ должны находиться хлорофильныя зерна. И дѣйствительно, они находятся именно въ паренхимѣ, за исключеніемъ корня и глубокихъ частей стебля толстостебельныхъ растений. Причина этому въ томъ, что для образованія хлорофилла необходимо свѣтъ, который въ глубокіе слои и подземныя части проникать не можетъ. Слѣдовательно, нужно различать хлорофиллоносную паренхиму—зеленую и безцвѣтную. Хотя въ пластидахъ послѣдней, какъ мы видѣли, тоже отлагаются крахмальныя зерна и даже въ большемъ количествѣ, но здѣсь они образуются уже изъ готоваго крахмала, созданнаго хлорофилломъ. По своей формѣ клѣтки паренхимы большею частію имѣютъ почти одинаковые размѣры во всѣхъ направленіяхъ или слегка удлинены (Рис. 36). Въ противоположность клѣткамъ кожицы, эти клѣтки не плотно прилегаютъ другъ къ другу, такъ что между ними образуются межклѣтныя ходы и пространства. Находясь въ сообщеніи съ устьицами, они служатъ для проведенія воздуха ко всѣмъ клѣткамъ внутри растенія. Кромѣ того, здѣсь же отлагаются нѣкоторыя вещества, которые нужно считать отбросами, выдѣленіями, такъ какъ они не идутъ на построеніе тканей растений; таковы смолы, клеевыя вещества, эфирныя масла, встрѣчающіяся въ нѣкоторыхъ растеніяхъ большими массами (наприм. смола у хвойныхъ растеній).

Паренхиму растений пронизываютъ такъ называемые *сосудисто-волокнистыя пучки*. Это—ткань, соотвѣтствующая торговому классу государства. Она доставляетъ ко всѣмъ частямъ растенія пищу, всасываемую изъ почвы, а также распределяетъ по растенію и органическія вещества, приготовляемыя въ хлорофиллоносной паренхимѣ. Какъ по-

казываетъ самое названіе ткани, она заключаетъ въ себѣ сосуды и волокна. Сосуды служатъ для проведенія веществъ по растенію, а волокна—для сообщенія, какъ данной ткани, такъ и всему растенію твердости.

Если сосудисто-волокнистыя пучки назначены для передвиженія по нимъ различныхъ веществъ, то прежде всего возникаетъ такого рода вопросъ. Какимъ образомъ эти вещества могутъ свободно двигаться чрезъ клѣтки, разъ послѣднія, по общему правилу, окружены сплошною оболочкой, а внутри наполнены протоплазмой и другими включеніями? Очевидно, сосудистыя клѣтки, чтобы выполнить свое назначеніе, должны представлять нѣкоторое исключеніе изъ этого порядка. Такъ и оказывается на самомъ дѣлѣ. Исключеніе состоитъ въ томъ, что поперечныя стѣнки сосудистыхъ клѣтокъ продырявлены большими или мелкими отверстіями, а ихъ содержимое совсѣмъ или почти совсѣмъ уничтожается. Соединяясь другъ съ другомъ продырявленными стѣнками такимъ образомъ, что отверстія одной клѣтки приходятся противъ отверстій другой, сосудистыя клѣтки образуютъ длинныя трубки или каналы, идущіе по всѣмъ частямъ растенія. По нимъ то и передвигается пища растений и ими самими приготовленныя органическія вещества. Само собою разумѣется, что и то и другое при этомъ находится не въ твердомъ, а жидкомъ—растворенномъ состояніи. Пищевыя вещества растенія, извлекаемые изъ почвы, т. е. различныя минеральныя соли, растворены въ водѣ, а органическіе продукты—бѣлки, крахмалъ и проч. растворены благодаря ферментамъ, съ которыми читатель отчасти познакомился въ 1-й бесѣдѣ.

Чтобы получить доступъ къ каждой клѣткѣ, содержимое сосудовъ, очевидно, должно выходить за ихъ предѣлы. Какимъ образомъ это совершается? Движущіяся въ сосудахъ жидкости просто-на-просто просачиваются чрезъ ихъ стѣнки, благодаря физическимъ законамъ (диффузіи и осмоса). Сущность этихъ законовъ и ихъ значеніе въ жизни растений будутъ разъяснены въ бесѣдѣ о передвиженіи веществъ въ растеніи. Теперь же указываемъ на самый фактъ просачиванія чрезъ стѣнки сосудовъ пищевыхъ и приготовленныхъ растеніемъ органическихъ веществъ и, для нагляднаго объясненія этого факта, слѣбаемъ еще слѣдующее сравненіе. Представимъ себѣ мѣстность, орошаемую не дождями, а рѣками или искусственно вы-

рытыми каналами (какъ, напримѣръ, въ Египтѣ, въ періодъ отсутствія тропическихъ дождей). Являясь центральнымъ источникомъ влаги, эти водовмѣстилища представляютъ непрерывныя русла, сплошь наполненныя водою. По нимъ вода, если ей не суждено пересохнуть, по мѣрѣ потребленія, непрерывно прибываетъ, безпрестанно течетъ сверху внизъ. Но каждый мелкій участокъ земли, лежащій въ бассейнѣ рѣки или канала, не нуждается въ особомъ руслѣ для доставленія воды: онъ довольствуется тою влагою, которая достигаетъ его, просачиваясь изъ близъ лежащаго русла сквозь почву и увлажняя мѣстный воздухъ. Подобнымъ же образомъ распредѣляются и въ растеніи нужныя для каждой его клѣтки вещества. Сосуды имѣютъ значеніе центральныхъ каналовъ. По нимъ передвигаются пищевыя и органическія вещества въ большомъ количествѣ. Здѣсь движеніе должно быть быстрое и безпрепятственное, т. е. поперечныя перегородки клѣтокъ, сливающихся въ сосуды, очевидно, должны быть продыравлены, чтобы не тормозить теченіе жидкостей. Что же касается отдѣльныхъ клѣтокъ и отдѣльныхъ мелкихъ участковъ тканей, прилегающихъ къ сосудамъ, то для питанія каждаго изъ нихъ требуются только незначительныя порціи всего вещества, движущагося по центральнымъ каналамъ. Поэтому для нихъ не нужно особыхъ боковыхъ отверстій въ сосудахъ: они вполне могутъ довольствоваться тѣмъ, что просачивается чрезъ боковыя стѣнки сосудовъ по указаннымъ физическимъ законамъ—диффузіи и осмоса.

Сосуды, проводящіе изъ почвы ко всѣмъ частямъ растенія пищу, и сосуды, служащіе для передвиженія приготовленныхъ растеніемъ органическихъ веществъ, между собою различаются. Первые состоятъ изъ клѣтокъ съ неравномѣрнымъ утолщеніемъ боковыхъ продольныхъ стѣнокъ: кольчатымъ, спиральнымъ, рѣшетчатымъ, точечнымъ и т. п., о чемъ уже говорилось выше (ср. Рис. 33, 43 и 44). Въ этихъ клѣткахъ ихъ содержимое, т. е. протоплазма и ядро, обыкновенно уничтожается, а оболочка въ мѣстахъ утолщенныхъ деревенѣтъ, т. е. клѣтки умираютъ. Поперечныя стѣнки ихъ, которыми онѣ сливаются, обыкновенно продыравливаются однимъ большимъ сплошнымъ отверстіемъ. Только въ тѣхъ, сравнительно рѣдкихъ, случаяхъ, когда поперечныя стѣнки расположены не подъ прямымъ угломъ къ продольнымъ, а вкось,—въ нихъ образуется нѣсколько

отверстій, при чемъ сохранившіяся части оболочки имѣютъ видъ перекалдинъ лѣстницы; такой видъ продыравливанія стѣнокъ и самые сосуды называются лѣстничными (Рис. 38).

У хвойныхъ растений клѣтки, проводящія изъ земли воду, съ растворенными въ ней минеральными веществами, имѣютъ оригинальную форму неравномѣрнаго утолщенія. Пусть читатель представитъ себѣ почти сплошное утолщеніе боковыхъ продольныхъ стѣнокъ, прерываемое тонкими мѣстами, круглой формы. Если разрѣзать такую клѣтку



Рис. 38. Нижняя часть лѣстничнаго сосуда изъ корневища папоротника. Увелич. ок. 100.

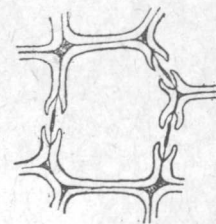


Рис. 39. Поперечный разрѣзъ чрезъ сосудъ (трахеиду) сосны съ окаймленными продольными. Увелич. ок. 400.



Рис. 40. Рѣшетчатая или ситовидная трубка тыквы: *p*—рѣшетчатая пластинка; *n*—слой протоплазмы на продольныхъ стѣнкахъ трубки; *b*—бѣлокъ, отставшій отъ стѣнокъ и застывшій отъ дѣйствія спирта; *c*—клѣтки спутницы съ протоплазмой, ядромъ и ядрышкомъ. Увелич. ок. 400.

поперекъ и при томъ такъ, чтобы разрѣзъ пришелся чрезъ середину утонченнаго мѣста, то получимъ картину, представленную на рис. 39. Утолщенные части стѣнки, гдѣ отъ нихъ отходитъ утонченная оболочка, имѣютъ вогнутости, которыя обращены другъ къ другу. Утонченная оболочка или перепонка на серединѣ имѣетъ, въ свою очередь, небольшое утолщеніе, въ видѣ бляшки. Края утолщенныхъ частей образуютъ двѣ продуринны—съ наружной и внутренней стороны клѣтки. Перепонка можетъ выгибаться въ ту или другую сторону и закрывать бляшкою устье той или другой изъ продуринъ, что имѣетъ значеніе при про-

сачиваніи жидкостей чрезъ перепонку. Эти продутинны называются окаймленными.

Сосуды, проводящіе органическія вещества, образуются изъ клѣтокъ, сліяніе которыхъ далеко не полное, а ограничивается образованіемъ узкихъ каналовъ, пронизывающихъ поперечныя стѣнки. Продыравленные такимъ образомъ

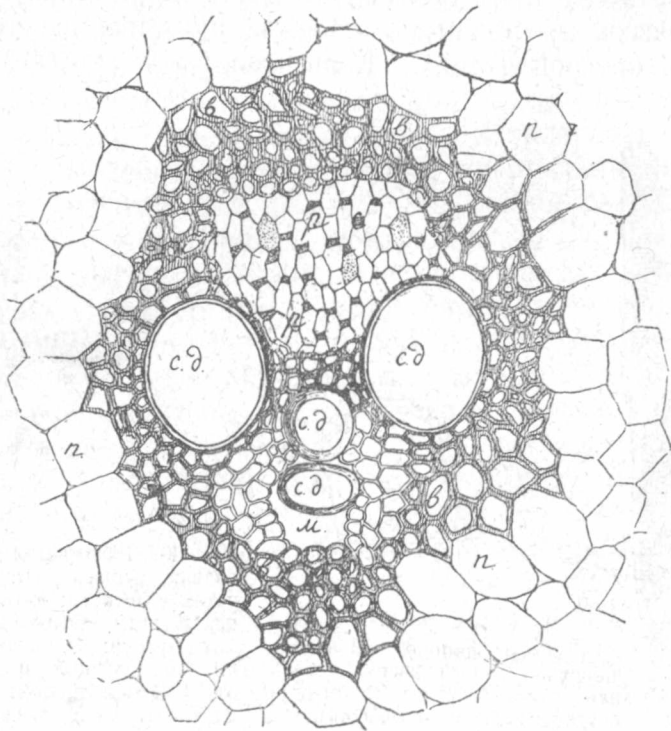


Рис. 41. Поперечный разрѣзъ чрезъ сосудисто-волокнистый пучекъ однодольнаго растенія—кукурузы: с.д.—сосуды древесины, р.—рѣшетчатые трубки (въ нѣкоторыхъ изъ нихъ видны точки: это значитъ, что разрѣзъ прошелъ чрезъ рѣшетчатую пластинку), с—клѣтки спутницы, в—влагалище изъ одеревенѣвшихъ клѣтокъ—волокно, м—межклеточный ходъ, п—паренхима, окружающая сосудисто-волокнистый пучекъ. Увелич. ок. 200.

стѣнки имѣютъ видъ рѣшетчатыхъ или ситовидныхъ пластинокъ, почему и самые сосуды называются рѣшетчатыми или ситовидными трубками (Рис. 40). Ситовидныя отверстія иногда находятся и на боковыхъ стѣнкахъ двухъ смежныхъ трубокъ, служа также для соединенія ихъ между собою. Любопытная особенность этихъ сосудовъ заключается еще въ томъ, что здѣсь ядра въ клѣткахъ уничтожаются, а часть

протоплазмы остается, въ видѣ тонкаго слоя, на боковыхъ стѣнкахъ. Ситовидные сосуды обыкновенно сопровождаются живыми клѣтками, съ протоплазмой и ядромъ, которыя называются клѣтками-спутницами. Внутри сосудовъ обыкновенно бываетъ виденъ какъ бы пучекъ нитей, отставшій отъ боковыхъ стѣнокъ. Это—передвигавшійся по сосуду

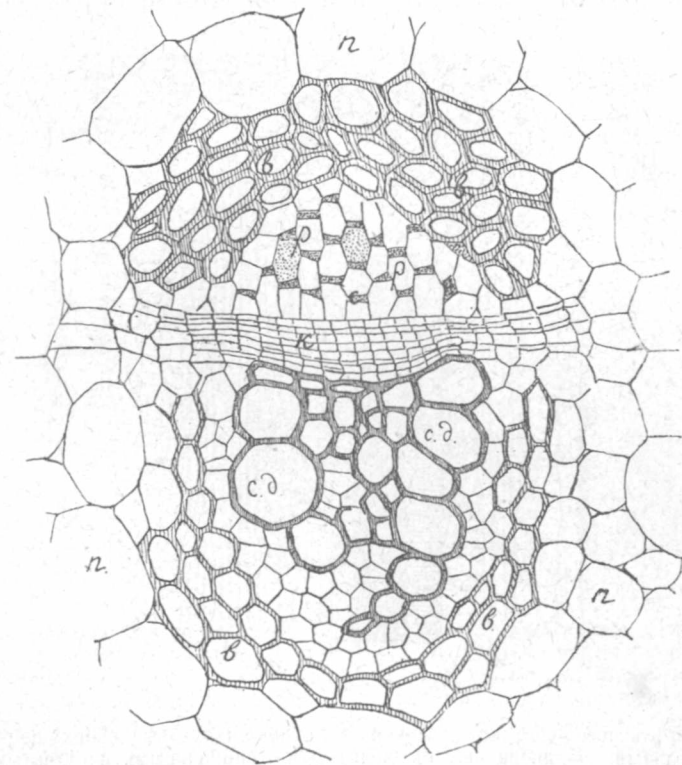


Рис. 42. Поперечный разрѣзъ чрезъ сосудисто-волокнистый пучекъ двудольнаго растенія—лютика ползучаго: с.д.—сосуды древесины, р.—рѣшетчатые трубки, с—клѣтки спутницы, к—камбій, в—влагалище, п—паренхима. Увелич. ок. 200.

бѣлокъ, который, при полученіи и обработкѣ срѣза, для разсматриванія подъ микроскопомъ, застылъ, отсталъ отъ стѣнокъ и получилъ волокнистое строеніе (Рис. 40).

Для приданія сосудамъ, а вмѣстѣ и всему растенію крѣпости, ихъ окружаютъ волокна, т. е. сильно удлиненные клѣтки, съ утолщенными одеревенѣвшими стѣнками. Клѣтки эти большею частію лишаются протоплазмы и ядра, т. е. умираютъ. Утолщеніе оболочки у нихъ и равномерное

и неравномерное. Иногда оно настолько значительное, что в клетках не остается и просвета.

Сосуды и волокна вместе образуют, как читатель уже знает, сосудисто-волоконистые пучки. Они тянутся в растении в виде более плотных жилок или струн, особенно отчетливо заметных на листьях, а также и на стеблях травянистых растений. Эти жилки нередко можно

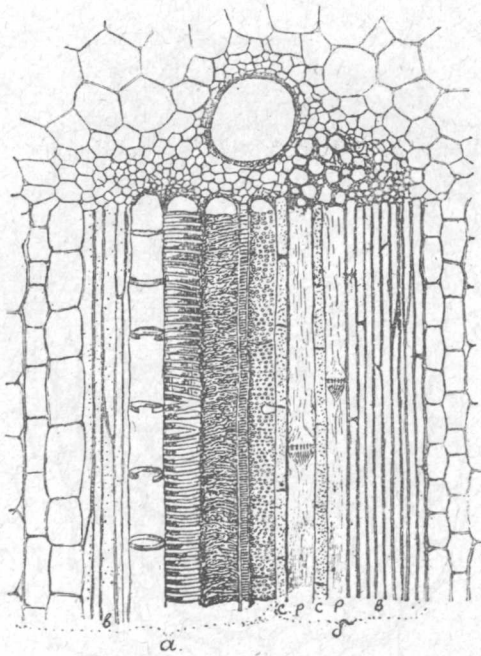


Рис. 43. Разрѣзъ черезъ сосудисто-волоконистый пучекъ кукурузы—сверху поперечный, снизу продольный: а—древесина съ кольчатыми, спиральными и сѣтчатыми сосудами и одревеснѣвшими клетками (волоками влагалица) (б), б—лѣтъ, состоящий изъ рѣшетчатыхъ трубокъ (р) съ клетками спутницами (с) и клетокъ влагалица (е). Увелич. ок. 150.

выдѣлить изъ растенія; на примѣръ, если травянистое растеніе оставить гнить въ водѣ, то кожица и паренхима при этомъ часто разрушаются, а плотныя жилки остаются нетронутыми; листь, на примѣръ, превращается какъ-бы въ кружево.

Отдѣльныя части сосудисто-волоконистаго пучка въ большинствѣ случаевъ располагаются слѣдующимъ образомъ. Волокна образуютъ наружное влагалице для сосудовъ. Въ немъ сосуды, проводящіе изъ почвы воду съ растворенны-

ми минеральными веществами, т. е. сосуды кольчатые, спиральные, точечные, съ окаймленными порами и т. п., занимаютъ мѣсто, обращенное къ центру растенія, а рѣшетчатыя трубки обращены кнаружи. Первые сосуды, вмѣстѣ съ прилегающими къ нимъ волокнами, носятъ общее названіе *древесины*, а вторые, съ ихъ волокнами, называются *лубомъ* (Рис. 41, 42, 43 и 44). У растений двудольныхъ

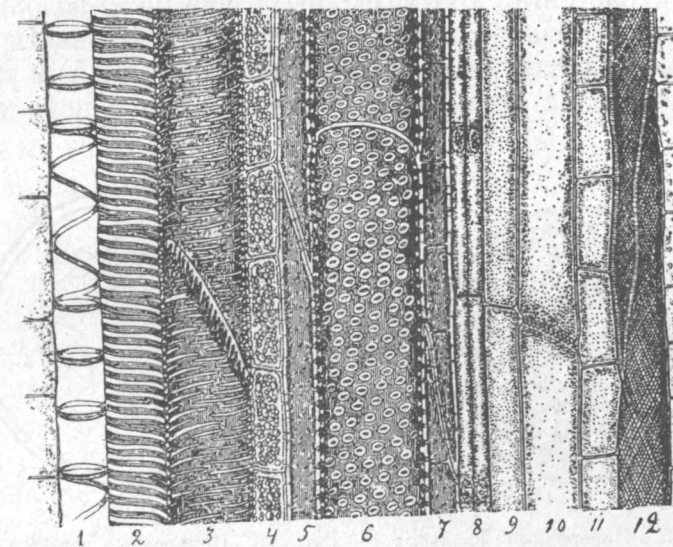


Рис. 44. Продольный разрѣзъ черезъ сосудисто-волоконистый пучекъ изъ стебля двудольнаго растенія: 1—7 древесинная, 8—раздѣляющій обѣ части камбій, 9—12 лубяная часть, 8—раздѣляющій обѣ части камбій; 1—сосудъ съ утолщеніемъ то спиральнымъ, то кольчатымъ, 2—спиральный сосудъ, 3—сѣтчатый сосудъ съ лѣстничною поперечною стѣнкою, 4—древесная паренхима, 5 и 7 древесныя волокна, 6—точечный сосудъ, 9—клетки спутницы, 10—рѣшетчатая трубка (здѣсь бѣлокъ еще не отсталъ отъ стѣнокъ), 11—лубяная паренхима, 12—лубяныя волокна. Увелич. ок. 400.

и хвойныхъ между древесиною и лубомъ помѣщается еще особая ткань, состоящая изъ нѣжныхъ, дѣлящихся клетокъ. Это — *камбій*, о значеніи котораго рѣчь будетъ ниже. Камбій есть ткань вторичная, такъ какъ развивается и начинаетъ выполнять свое назначеніе послѣ того уже, какъ первичныя ткани (кожица, паренхима и сосудисто-волоконистые пучки) развились вполне.

Читатель теперь знаетъ, какъ видоизмѣняются клетки въ растеніи, сообразно ихъ положенію и назначенію, и какія изъ нихъ образуются ткани. Чтобы довести

до конца знакомство съ внутреннимъ устройствомъ растенія, намъ остается разсмотрѣть: какъ располагаются въ немъ ткани? Какое соотношеніе между ними въ стеблѣ, корнѣ и листьяхъ? Кожица всюду занимаетъ поверхностное положеніе; но отношеніе между сосудисто-волокнистыми пучками и паренхимой не одинаково. Какія же картины мы имѣемъ?

Устройство стебля различно для однодольныхъ и двудольныхъ растений. У однодольныхъ сосудисто-волокнистые пучки пронизываютъ паренхиму, если разсматривать на поперечномъ разрѣзѣ, безъ всякаго порядка (Рис. 45) и тянутся по длинѣ стебля не въ одномъ направленіи, а пересѣкаютъ

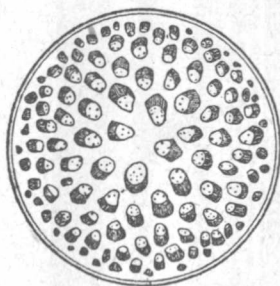


Рис. 45. Поперечный разрѣзъ черезъ стебель однодольнаго растенія. Увелич. ок. 10.

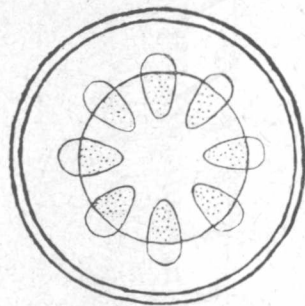


Рис. 46. Поперечный разрѣзъ черезъ молодой стебель двудольнаго растенія; рисунокъ схематическій. Увелич. ок. 10.

другъ друга; у двудольныхъ же они расположены въ видѣ правильнаго круга или кольца вокругъ центра растенія (Рис. 46) и не пересѣкаются.

Въ связи съ порядкомъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ находится то, что у однодольныхъ растений паренхима раздѣлена на неопредѣленное количество беспорядочно расположенныхъ участковъ (Рис. 45). Наоборотъ, у двудольныхъ, вслѣдствіе правильнаго распредѣленія сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, и паренхима раздѣлена ими на правильно расположенные участки, носящіе опредѣленные названія. Паренхима, находящаяся внутри отъ сосудовъ, т. е. занимающая центральную часть стебля, образуетъ *сердцевину*. Участки паренхимы, расположенные между сосудисто-волокнистыми пучками, называются *первичными*

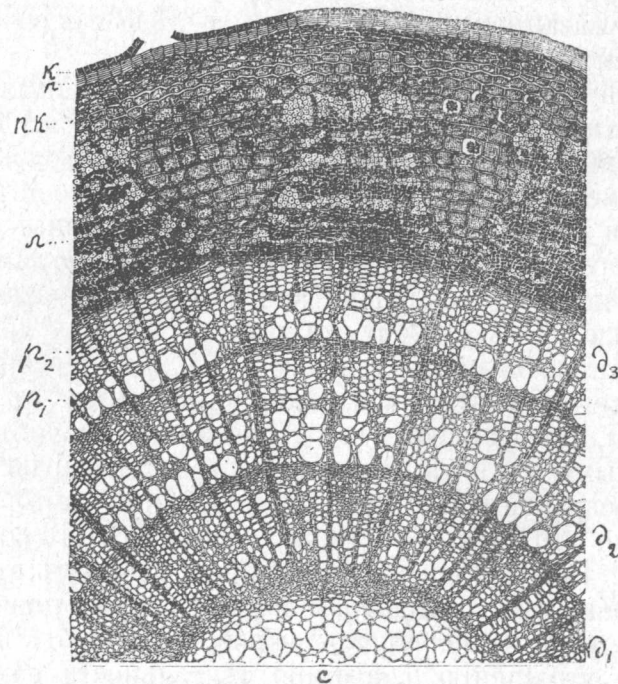
сердцевинными лучами. Наконецъ, кольцо паренхимы внѣ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, т. е. занимающее мѣсто между лубомъ и кожицею, называется *первичною корою* (Рис. 46).

У растений двудольныхъ стебли растутъ не только въ высоту, но и въ толщину; у однодольныхъ же разрастанія въ толщину не происходитъ. Причина этой разницы лежитъ въ указанномъ выше камбіи, и дѣло заключается въ слѣдующемъ.

Послѣ того, какъ образовались первичныя ткани, клѣтки камбіи начинаютъ усиленно дѣлиться. Первоначально камбіи находился только въ сосудисто-волокнистыхъ пучкахъ, между лубомъ и древесиною; теперь же онъ распространяется и на прилежащіе участки первичныхъ сердцевинныхъ лучей, такъ что образуется сплошное камбіальное кольцо (Рис. 46). Благодаря его дѣленію, отлагаются новыя клѣтки и въ сторону луба, и въ сторону древесины. Клѣтки, отложенныя въ сторону луба, сами превращаются въ лубяные элементы, а клѣтки, отложенныя въ сторону древесины, превращаются въ древесинные элементы. Часть камбіальныхъ клѣтокъ, лежащихъ противъ сердцевинныхъ лучей, превращается въ клѣтки паренхимы, которыя, соотвѣтственно утолщенію растенія, удлиняютъ его сердцевинные лучи. Всѣ элементы, отложенные камбіемъ въ сторону луба, составляютъ *вторичную кору*, которая, такимъ образомъ, слѣдуетъ за первичною корою, кнутри отъ нея. Наибольшему утолщенію, благодаря дѣятельности камбія, подлежитъ древесина. Она составляетъ внутреннюю твердую часть ствола растений и въ особенности сильно разрастается у деревьевъ. Сердцевинные лучи, а также въ большинствѣ случаевъ и сердцевина, занимавшіе въ молодомъ растеніи сравнительно большое мѣсто, теперь ничтожны. Все, лежащее кнаружи отъ древесины, составляетъ то, что принято называть *корою* въ обыденной жизни. Кора легко отстаетъ отъ древесины потому, что нѣжныя клѣтки камбія, составляющія границу, легко разрываются.

Въ нашемъ климатѣ камбіи не можетъ оставаться дѣятельнымъ цѣлый годъ. Зимой, вслѣдствіе холода, дѣленіе его клѣтокъ приостанавливается. Весною дѣленіе происходитъ наиболѣе энергично, чѣмъ лѣтомъ и въ особенности осенью. При этомъ вновь образующіяся клѣтки, смотря по времени года, когда онѣ произошли, различны. Именно,

элементы древесины, отлагающиеся изъ камбія весною, широки и тонкостѣнны; осенніе элементы, наоборотъ, узки, сплюснуты по радіусу и толстостѣнны; лѣтніе же представляютъ переходную ступень отъ первыхъ ко вторымъ (Рис. 47 и 48). Эта періодичность въ дѣятельности камбія оставляетъ въ древесинѣ слѣды, замѣтные даже простымъ гла-



ис. 47. Часть поперечнаго разрѣза трехлѣтней вѣтви липы; внизу (въ центрѣ) сердцевина — с; она окружена тремя, одинъ за другимъ образовавшимися годичными слоями древесины — d_1 , d_2 , d_3 ; части этихъ слоевъ, обращенныя къ центру и состоящія изъ сосудовъ болѣе широкихъ, образовались весною, а наружныя части, состоящія изъ узкихъ сосудовъ, образовались осенью; p_1 — первичные сердцевидные лучи, p_2 — вторичные сердцевидные лучи: $л$ — дубь, $п.к.$ — первичная кора, $к$ — пробка, $к$ — кожа. Увелич. ок. 100.

зомъ. Если посмотрѣть на поперечный разрѣзъ многолѣтняго стебля у двудольныхъ или хвойныхъ (многодольныхъ) растений, то уже для невооруженнаго глаза замѣтны въ древесинѣ концентрическіе круги, раздѣляющіе ее на слои (Рис. 49 и 50). Каждый слой образовался въ теченіе одного года, почему и называется годичнымъ слоемъ. Сосчитавъ число такихъ слоевъ, можно узнать возрастъ даннаго стебля. На рис. 50, напримѣръ, число слоевъ четыре; слѣ-

довательно, это вѣтвь четырехлѣтняя. Причина столь замѣтной слоистости заключается въ рѣзкости перехода отъ узкихъ осеннихъ элементовъ одного года къ широкимъ весеннимъ другого; въ результатъ этого перехода и получается линія, видимая простымъ глазомъ. Ширина годичныхъ слоевъ у различныхъ деревьевъ не одинакова; это зависитъ частью отъ природы деревьевъ и частью отъ внѣшнихъ условій (свѣта, тепла и проч.).

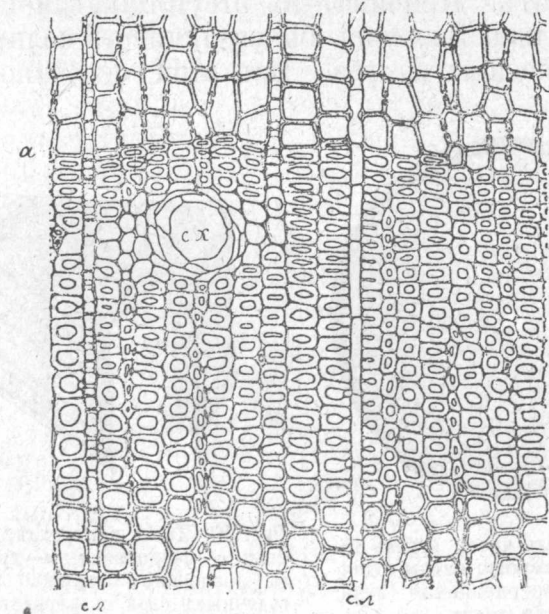


Рис. 48. Поперечный разрѣзъ древесины сосны; а — граница двухъ лѣтъ: книзу отъ нея осенняя древесина одного года, а къверху — весенняя древесина слѣдующаго года; с.л. — сердцевинные лучи; с.х. — смоляной ходъ (гдѣ собирается смола), окруженный паренхимными клетками. Увелич. ок. 150.

Съ разрастаніемъ стебля, въ дополненіе къ первичнымъ сердцевиннымъ лучамъ, образуются изъ клетокъ камбія вторичные лучи. Они не доходятъ до сердцевины, такъ какъ возникаютъ на нѣкоторомъ разстояніи отъ нея — болѣе или менѣе, смотря по времени появленія (Рис. 47, 49 и 50). Несмотря на увеличеніе числа сердцевинныхъ лучей, относительное количество паренхимной ткани въ древесинѣ, въ общемъ, сильно уменьшается: сердцевинные лучи состоятъ изъ одного или, во всякомъ случаѣ, изъ не-

многихъ рядовъ клѣтокъ. Не имѣя хлорофилла, въ которомъ могли бы готовиться органическія вещества, паренхимныя клѣтки сердцевины и сердцевинныхъ лучей служатъ для скопленія этихъ веществъ. При этомъ, первичные сердцевинные лучи играютъ роль передаточныхъ путей или посредниковъ между рѣшетчатыми трубками, по которымъ органическія вещества передвигаются отъ зеленыхъ частей растенія, и сердцевиною.

У однодольныхъ растеній разрастаніе стебля внутрь не происходитъ. Причина—въ отсутствіи камбія, который своею дѣятельностью могъ бы увеличивать количество элементовъ древесины и луба. Изъ этой особенности выте-

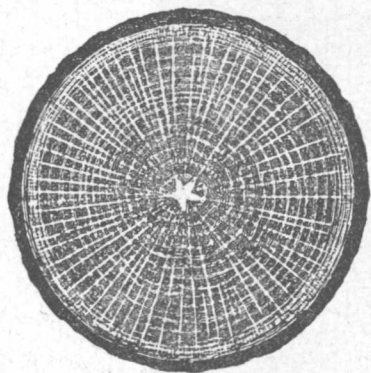


Рис. 49. Разрѣзъ черезъ стволъ 18-лѣтняго луба; хорошо видны годовичные слои и сердцевинные лучи. Натур. велич.

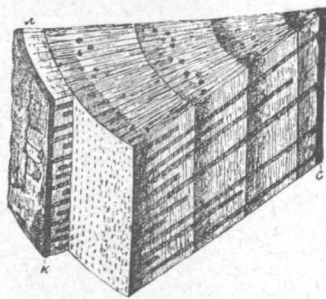


Рис. 50. Часть четырехлѣтняго ствола сосны: с—сердцевина, л—лубъ, к—кожица; въ древесинѣ отчетливо видны четыре годовичныхъ слоя съ первичными и вторичными сердцевинными лучами. Увелич. ок. 5.

каетъ еще слѣдующее отличіе стебля однодольныхъ растеній отъ многолѣтнихъ стеблей двудольныхъ и хвойныхъ (многодольныхъ). У послѣднихъ нижнія части стебля толще, потому что имѣютъ большее количество годовичныхъ колецъ, чѣмъ верхнія части. Въ силу этого стебель имѣетъ форму конуса. У однодольныхъ же растеній стебель цилиндрической, такъ какъ нижнія части въ поперечномъ размѣрѣ, противъ верхнихъ, ничего не пріобрѣтаютъ. Указанныя отличія въ строеніи стебля лучше замѣтны на гигантахъ однодольныхъ и двудольныхъ растеній. Величайшія пальмы тропическихъ странъ имѣютъ стволы совсѣмъ не толстые и не утончающіеся кверху. Но стволы величай-

шихъ изъ двудольныхъ и хвойныхъ растеній, каковы наши вѣковые дубы, каштаны, кедры и проч., внизу достигаютъ толщины въ нѣсколько обхватовъ; наверху же они переходятъ въ тоненькія вѣточки.

При разрастаніи древесныхъ растеній, на поверхности ихъ стеблей, въ особенности у двудольныхъ, образуется сама собою еще одна ткань вторичнаго происхожденія. Это—*пробка*. Она залегаетъ подъ кожицей и состоитъ изъ мертвыхъ клѣтокъ, расположенныхъ правильными рядами (Рис. 47) и проникнутыхъ непроницаемымъ для воды и газовъ веществомъ. Пробка образуется особымъ—пробковымъ камбіемъ. Значеніе пробки то же, что и кутикулы, всегда покрывающей кожицу, т. е. она служитъ для защиты растенія. Но такъ какъ кутикула—тоненькая пленочка, а пробковая ткань состоитъ изъ нѣсколькихъ слоевъ опробковѣлыхъ клѣтокъ, то защита, доставляемая пробкой, очевидно, болѣе совершенная. На поверхности стеблей, покрытыхъ пробкою, даже простымъ глазомъ замѣтны болѣе свѣтлыя бородавочки, называемыя *чечевичками*. Въ этихъ мѣстахъ клѣтки эпидермиса расходятся, и ткань составлена изъ болѣе рыхлыхъ клѣтокъ. Очевидно, чечевички служатъ въ пробкѣ для той же цѣли, для какой устьица въ кожицѣ, т. е. для проникновенія черезъ нихъ воздуха внутрь растенія.

Строеніе корня иное. Подобно стеблю, онъ покрытъ кожицею: но она здѣсь всегда лишена устьицъ и производитъ корневые волоски, представляющіе выросты эпидермическихъ клѣтокъ. Ими корень всасываетъ изъ почвы воду и растворенныя въ ней минеральныя вещества. Корневые волоски обыкновенно живутъ недолго: по мѣрѣ образованія новыхъ волосковъ, ближе къ растущему кончику корня, старые волоски отмираютъ. Немногія растенія обходятся безъ волосковъ и всасываютъ воду прямо кожицею.

На поперечномъ разрѣзѣ молодого корня у всѣхъ растеній замѣчаются двѣ части—внѣшняя и внутренняя (Рис. 51). Внѣшняя составляетъ главную массу корня и образована паренхимными клѣтками. Она соответствуетъ первичной корѣ стебля, только значительно толще ея. Внутренняя часть образуетъ такъ называемый центральный корневой цилиндръ и соответствуетъ сосудисто-волоконистымъ пучкамъ стебля, съ сердцевиною и сердцевинными лучами; только расположеніе частей здѣсь иное. Какъ видно изъ нашего рисунка, пучки элементовъ древесины и луба

здѣсь не подходятъ непосредственно другъ къ другу, а раздѣлены паренхимой. Сосуды древесины здѣсь расположены лучеобразными рядами. Такихъ рядовъ бываетъ, смотря по растенію, разнообразное количество, начиная отъ двухъ; на нашемъ рисункѣ ихъ восемь. Сосуды каждаго ряда развиваются одни за другими снаружи внутрь; при чемъ, иногда они доходятъ до самаго центра и между собою сталкиваются, а иногда не доходятъ, оставляя въ центрѣ сердцевину (Рис. 51). Наружные сосуды уже внутреннихъ. Концы лучеобразныхъ рядовъ ихъ заходятъ въ промежутки между лубяными пучками, тогда какъ въ стеблѣ вся древесина лежитъ кнутри отъ луба.

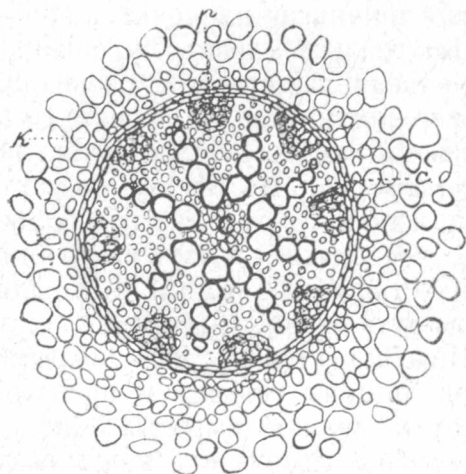


Рис. 51. Поперечный разрезъ черезъ молодой корень аира: с — сердцевина, д — сосуды древесины, р — лубяная часть съ рѣшетчатыми трубками, к — паренхима, входящая въ кору корня. Увелич. ок. 50.

Первоначальное, описанное нами, строеніе корня, сохраняясь до конца жизни у споровыхъ и однодольныхъ растений, измѣняется у двудольныхъ и хвойныхъ. У нихъ корень, съ теченіемъ времени, получаетъ строеніе очень сходное со стеблемъ. Подъ каждымъ изъ лубяныхъ пучковъ корня у нихъ появляется полоска камбія, которая начинаетъ отлагать кнаружи лубъ, а кнутри древесину, такъ что получаются настоящіе сосудистоволокнистые пучки, свойственные стеблямъ. Благодаря этимъ послѣдующимъ измѣненіямъ, въ корнѣ деревьевъ оказываются: та же пробка подъ кожицей, что и въ стеблѣ, та же первичная кора, лубъ, камбіальное кольцо, древесина, а иногда и сердцевина. Но, присматриваясь ближе къ центру корня, мы всегда найдемъ первичные ряды сосудовъ, свойственные молодому корню. Древесина въ корняхъ точно также имѣетъ годовичные слои, которые здѣсь только много уже, потому что корень утолщается гораздо медленнѣе стебля. Древесина корня состоитъ изъ болѣе широкихъ элементовъ и потому рыхла. Вслѣдствіе этого, корень не имѣетъ такого

практическаго примѣненія при постройкахъ, какое имѣетъ стебель. Корень однодольныхъ растений, помимо отсутствія камбія и образующихся изъ него сосудисто-волокистыхъ пучковъ, имѣетъ еще то отличіе, что въ немъ нѣтъ главнаго корня, болѣе толстаго, и служащаго непосредственнымъ продолженіемъ корешка зародыша, а есть только тонкіе придаточные корни.

Листья, по общему правилу, съ поверхности какъ верхней, такъ и нижней, покрыты кожицей. Подъ нею находится паренхима, которую пронизываютъ сосудисто-волокистые пучки, въ видѣ замѣтныхъ для глаза жилокъ (Рис. 52). Въ кожицѣ имѣются устьица. Они располагаются преимущественно, а у нѣкоторыхъ растений исключительно,

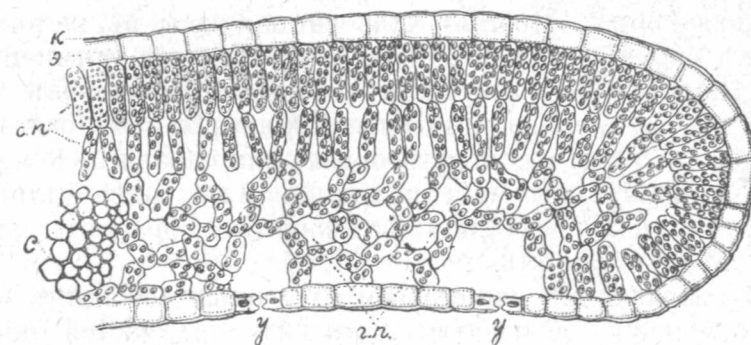


Рис. 52. Поперечный разрезъ черезъ листъ: с. н. — столбчатая паренхима, г. н. — губчатая паренхима, у — устьица, с — сосуды, э — эпидермисъ, к — кутикула. Увелич. ок. 300.

но, — на нижней сторонѣ листа. Здѣсь ихъ приходится обыкновенно на одинъ квадратный миллиметръ около 100; но у нѣкоторыхъ растений число ихъ доходитъ до 700. У большинства листьевъ различаются паренхима верхней и нижней стороны. Первая состоитъ изъ клѣтокъ, вытянутыхъ и расположенныхъ, на подобіе столбиковъ, параллельно другъ друга и перпендикулярно къ поверхности листа. Такихъ клѣтокъ образуется одинъ или нѣсколько рядовъ, большею частію, какъ на нашемъ рисункѣ, — два ряда. Эта паренхима называется *столбчатой*. Слѣдующій слой паренхимы, прилегающій къ нижней поверхности листа, состоитъ изъ клѣтокъ неправильной формы, неправильно расположенныхъ и очень рыхло связанныхъ другъ съ дру-

гомъ. Здѣсь между клѣтками получаютъ большіе промежутки, наполненные воздухомъ, отчего зависитъ болѣе блѣдный цвѣтъ листа снизу. Это паренхима *губчатая*. У растений, развивающихся въ тѣни, вся или почти вся паренхима губчатая; напротивъ, на открытыхъ солнцу мѣстахъ преобладаетъ столбчатая паренхима. Какъ та, такъ и другая содержатъ въ своихъ клѣткахъ хлорофиллъ, почему листъ, какъ говорилось уже, является главнымъ мѣстомъ, гдѣ готовятся органическія вещества: крахмаль, бѣлки и проч

Сосудисто-волокнуистые пучки листа являются продолженіемъ пучковъ стебля. Такъ какъ пучки изъ стебля загибаются всегда въ вышесидящій листъ, т. е. идутъ по направлению снизу вверхъ, то, очевидно, часть пучка, обращенная въ стеблѣ внутрь, придется въ листѣ сверху, а наружная — снизу. Поэтому древесинная часть въ листовыхъ пучкахъ обращена къ верхней, а лубяная — къ нижней кожицѣ. Расположеніе сосудисто-волокнуистыхъ пучковъ различно для листьевъ однодольныхъ и двудольныхъ растений. У первыхъ пучки идутъ дугообразно или параллельно между собою, причемъ листовыя пластинки ихъ болѣе удлиненныя, а у вторыхъ сосудисто-волокнуистые образуютъ болѣе или менѣе густую сѣть.

Въ заключеніе нашего общаго очерка сообщимъ одну дополнительную подробность, въ виду ея частой повторяемости. Это — про такъ называемые *млечные сосуды* или *млечники*.

Читателю навѣрное не разъ приходилось, при срываніи нѣкоторыхъ растений, напримѣръ молочая или мака, видѣть бѣлый — млечный сокъ, вытекающій изъ раны. Оказывается, что для этого-то сока, гдѣ онъ есть, существуютъ особые — млечные сосуды. Они распространяются по всему растенію, большею частію сопровождая сосудисто-волокнуистые пучки, или даже входя въ ихъ составъ. Они могутъ развѣтвляться и образовывать густую сѣть (Рис. 53). Стѣнки ихъ чаще тонкія, не одревенѣвшія и гладкія, безъ всякаго узора. Образуются млечные сосуды или изъ отдѣльных клѣтокъ, благодаря ихъ разрастанію по всему растенію, или же чрезъ сліяніе многихъ клѣтокъ. При сліяніи, перегородки не продыравливаются только, а совершенно безслѣдно исчезаютъ. Составъ и свойства самаго млечнаго сока у различныхъ растений различны. У мака, напримѣръ, онъ за-

ключаетъ ядовитыя вещества, доставляющія опиумъ; сокъ нѣкоторыхъ тропическихъ растений даетъ каучукъ, а у тропическаго, такъ называемаго, коровьяго дерева онъ имѣетъ свойства молока.

Изображенные на рисункахъ въ текстѣ разрѣзы чрезъ различныя части растений готовятся при помощи острой бритвы. Части мягкія (наприм. листъ, травянистый стебель), а также и болѣе плотныя, но мелкія при этомъ зажимаются между двумя кусками серцевины бузины или пробки. Прежде чѣмъ рѣзать, хорошо поддержать матеріалъ, особенно мягкій, нѣсколько дней въ спирту: здѣсь онъ оплотнѣетъ и будетъ лучше рѣзаться. Въ спирту матеріалъ можетъ храниться и неопредѣленно долгое время, не портясь. При рѣзаньи матеріалъ не долженъ высыхать: поверхность срѣзываемой части нужно смачивать водой, спиртомъ или глицериномъ. Срѣзываемыя, для разсматриванія подъ микроскопомъ, пластинки должны быть чрезвычайно тонкія. Онѣ кладутся на такъ называемое предметное стекло въ каплю глицерина и покрываются съ поверхности небольшимъ и болѣе тонкимъ покровнымъ стекломъ. Последнее, для скрѣпленія съ предметнымъ стекломъ, обводится по краямъ, послѣ наложенія на срѣзь, асфальтовымъ лакомъ. Это дѣлается тогда, когда приготовленный срѣзь (препаратъ) желаютъ сохранить. Если вмѣсто чистаго глицерина взять смѣсь глицерина съ желатиной, то къ асфальтовому лаку прибѣгать не нужно: смѣсь глицерина съ желатиной (пополамъ), становясь жидкой отъ нагрѣванія, затвердѣетъ и плотно соединяетъ стекла послѣ остыванія. Если разсматривается растеніе свѣжее, то глицеринъ долженъ быть сильно разбавленъ водой.

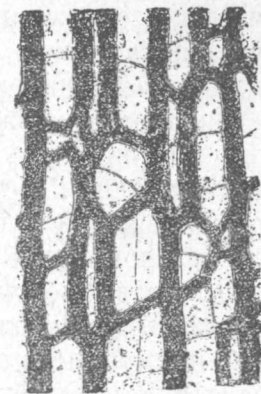


Рис. 53. Сѣть млечныхъ сосудовъ въ корнѣ латука.

Питаніе растений.

Изъ предыдущей бесѣды мы узнали, что растеніе состоитъ изъ клѣтокъ, принимающихъ, сообразно ихъ положенію и назначенію, разнообразную форму и образующихъ

различныя ткани; видѣли также, какъ эти ткани располагаются въ различныхъ частяхъ растенія стеблѣ, корнѣ и листьяхъ. Иначе говоря, мы познакомились съ *формой* внутренняго устройства растеній. Теперь надлежитъ изучить ихъ *составъ*, т. е. узнать, изъ какихъ веществъ образовано тѣло растеній и изъ чего эти вещества получаютъ. Какъ при разсматриваніи какого либо зданія и оцѣнкѣ его достоинствъ, мы обращаемъ вниманіе не только на его архитектуру и способъ постройки, но и на матеріаль, изъ котораго оно сдѣлано, такъ точно и при изученіи растенія—его форма и составъ суть два одинаково существенные и тѣсно другъ съ другомъ связанные вопросы.

Съ постройками дѣло обстоитъ просто. Если матеріаломъ для сооруженія служитъ камень, значитъ и зданіе получается каменное, если матеріаломъ является дерево, значитъ и зданіе деревянное и т. д. Здѣсь вещество постройки совершенно тождественно съ веществомъ матеріала. Но не то мы видимъ у растеній. Вотъ человѣкъ садитъ фруктовый садъ или засѣваетъ ниву хлѣбомъ; получаютъ тѣнистыя деревья и кустарники съ ихъ вкусными плодами и колосистая нива съ хлѣбными зернами. Между тѣмъ, ни въ глинѣ, ни въ пескѣ, ни въ илѣ, ни въ черноземѣ, однимъ словомъ, ни въ какой почвѣ нѣтъ ни плодоваго сока и мякоти, ни мучнистаго вещества хлѣбныхъ зеренъ, ни вещества, входящаго въ протоплазму и оболочку всѣхъ растительныхъ клѣтокъ. Откуда же все это взялось? Изъ почвы и атмосферы. Хотя ни тамъ, ни здѣсь нѣтъ цѣликомъ тѣхъ веществъ, изъ которыхъ состоитъ растеніе, за то есть первоначальные простые элементы, дающіе матеріаль для образованія тѣла какъ растеній, такъ и животныхъ.

Какіе же эти элементы, изъ какихъ веществъ почвы и атмосферы они извлекаются и въ какія вещества въ концѣ концовъ перерабатываются въ растеніи?

Всего въ различныхъ растеніяхъ найдено въ настоящее время болѣе 30 элементовъ, но изъ нихъ обязательными въ каждомъ растеніи являются только слѣдующіе 10: *углеродъ, водородъ, кислородъ, азотъ, сѣра, фосфоръ, калий, кальцій, магній и желѣзо*; еще назовемъ, въ виду очень частой, хотя и не постоянной повторяемости 11-й элементъ—*хлоръ*. Ни въ растеніяхъ, ни въ почвѣ, дающей растеніямъ пищу, эти элементы не наблюдаются непосредственно, но это потому, что и тамъ, и здѣсь они находятся не въ сво-

бодномъ состояніи, а въ химическомъ соединеніи другъ съ другомъ. А разъ какія либо тѣла вступаютъ въ химическое соединеніе, то они, какъ намъ уже извѣстно изъ 1-й части книги, образуютъ продуктъ съ новыми свойствами, совершенно не похожій ни на одну изъ своихъ составныхъ частей. Такъ, кислородъ и водородъ, соединяясь химически, образуютъ воду—вещество жидкое, а не газообразное, не горящее и не поддерживающее горѣнія. Вотъ вода то и служитъ для растенія главнымъ источникомъ кислорода и водорода. Азотъ, фосфоръ, сѣра, хлоръ и металлы—калій, натрій, магній, кальцій и желѣзо извлекаются растеніемъ изъ находящихся въ почвѣ минеральныхъ *солей*, въ которыхъ заключаются указанные элементы. Соль есть соединеніе кислоты съ металломъ. Существуютъ, какъ мы видѣли, кислоты—азотная, содержащая въ числѣ составныхъ частей азотъ, сѣрная, содержащая сѣру, фосфорная—фосфоръ, и соляная—хлоръ. Вотъ эти то кислоты, соединяясь съ указанными и другими металлами, и образуютъ нужныя для питанія растенія соли. Если онѣ содержатся въ почвѣ въ достаточномъ количествѣ, то почва, при надлежащемъ теплѣ и влагѣ, плодородна; если же ихъ недостаточно—то и почва неплодородна. Азотъ, а также металлы калий и натрій входятъ въ составъ селитры, т. е. азотнокалиевой и азотнонатровой солей. Кальцій и сѣра находятся въ гипсѣ; магній и сѣра—въ сѣрномagneзійной или, такъ называемой, горькой англійской соли, фосфоръ и кальцій—въ фосфорнокислой извести и т. д. Эти или другія соли, содержащія перечисленные элементы, всегда въ большемъ или меньшемъ количествѣ присутствуютъ въ почвѣ.

Какъ же убѣдиться, что всѣ перечисленные элементы необходимы для растеній и обязательно должны содержаться въ почвѣ? Это узнается посредствомъ такъ называемыхъ искусственныхъ культуръ растеній. Если взять совершенно чистаго песку, прокаленного на огнѣ, для удаленія перегноя, и затѣмъ промытаго въ кислотѣ (соляной или уксусной) и водѣ, для удаленія солей, и посадить въ немъ какое либо растеніе, то послѣднее не будетъ расти: самъ песокъ не можетъ служить для него пищею. Если къ этому же песку прибавить немного питательныхъ солей, содержащихъ всѣ указанные элементы, тогда растеніе будетъ расти прекрасно. Но если питательныя смѣси составлять такимъ

образомъ, чтобы въ нихъ входили не всѣ тѣ элементы, то при этомъ можно убѣдиться, что отсутствіе каждаго изъ нихъ пагубно отзовется на ростѣ. Песокъ въ этомъ опытѣ можно замѣнить толченой пемзой или стеклянными бусами, но лучше всего чистою водою. Оказывается, что и въ водѣ, если въ ней растворены нужныя растенію вещества, ростъ вполне возможенъ, причемъ получается оригинальная, непривычная для глазъ картина.

Для этого опыта нужно предварительно сдѣлать смѣсь калийной селитры, поваренной соли, гипса, горькой англій-

ской соли и фосфорнокислой извести, взявъ селитры около двухъ частей (нѣсколько меньше), а остальныхъ веществъ по одной части; сюда прибавить еще немного желѣзнаго купороса или хлорнаго желѣза. Затѣмъ сдѣлать растворъ этихъ веществъ въ чистой водѣ (лучше дистиллированной); растворъ долженъ быть совершенно жидкимъ, такъ чтобы количество солей не превышало одной тысячной части (по вѣсу) воды. Затѣмъ вылить растворъ въ чистую стеклянную банку. Къ банкѣ подобрать пробку, разрѣзать ее пополамъ, сдѣлать на обращенныхъ другъ къ другу половинкахъ по небольшому желобку, и кромѣ того просверлить въ нихъ по небольшому круглому отверстию. Взявъ хорошо про-

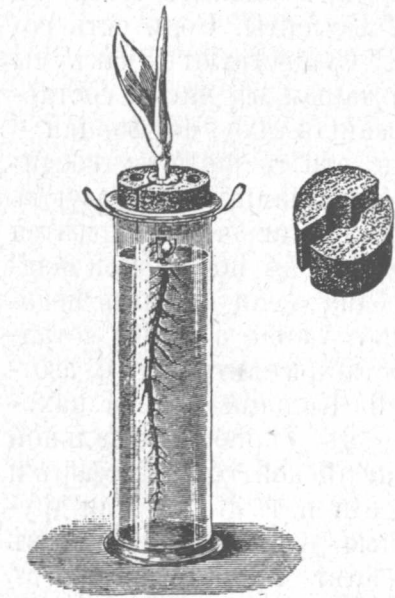


Рис. 55

росшее сѣмя гороха, кукурузы или ячменя, обернуть его ватой и не туго защемить въ отверстіи пробки, образованномъ двумя желобками. Затѣмъ заткнуть этой пробкой банку, такъ чтобы растеніе было корешкомъ внизъ. Вода должна касаться корешка, но не должна близко подходить къ ватѣ и смачивать сѣмя (Рис 55). Банку поставить на окно, къ свѣту. Растеніе продолжить свой ростъ. Когда оно сдѣлается достаточно большимъ и будетъ нагибаться, пропустить чрезъ круглое отверстіе одной изъ половинокъ пробки палочку, къ

которой и привязать растеніе. Назначеніе другого круглаго отверстія—въ доставленіи воздуха. Лучше пропустить чрезъ него до дна банки стеклянную трубочку съ изогнутымъ на верху концомъ и разъ въ день вдвухъ чрезъ нее воздухъ. Каждую недѣлю замѣнять растворъ въ банкѣ свѣжимъ. Такъ какъ въ банкѣ, благодаря свѣту, могутъ развиваться водоросли и другіе низшіе организмы, то помѣстить ее въ цилиндръ изъ картона, покрытаго сверху чернилами или тушью, а вверху, въ промежуткахъ, обложить ватой. При соблюденіи всѣхъ предосторожностей, растеніе достигнетъ вполне нормальнаго размѣра, расцвѣтетъ и принесетъ плоды.

Рядомъ съ банкою, содержащею въ растворѣ всѣ питательные элементы, интересно поставить другія банки, въ которыхъ тѣ или другіе элементы будутъ отсутствовать, и затѣмъ сравнить результаты выращиванія тамъ и здѣсь. Если растеніе лишитъ калия, замѣнивъ въ питательной смѣси калийную селитру натровой или же азотно-кальціевою солью, то получится результатъ, наглядно изображенный на нашемъ 56 рисункѣ. Здѣсь представлены два экземпляра гречихи, изъ которыхъ одинъ (А) выращенъ въ растворѣ, содержащемъ всѣ нужные элементы, и потому имѣетъ вполне здоровый видъ. Другой же экземпляръ (В) выращенъ въ растворѣ, не содержащемъ соли калия, и потому остался маленькимъ, недоразвитымъ. Подобный же результатъ получится и при удаленіи другихъ элементовъ. При отсутствіи желѣза, недоразвившееся растеніе будетъ имѣть, кромѣ того, еще блѣдную окраску; значить, безъ желѣза

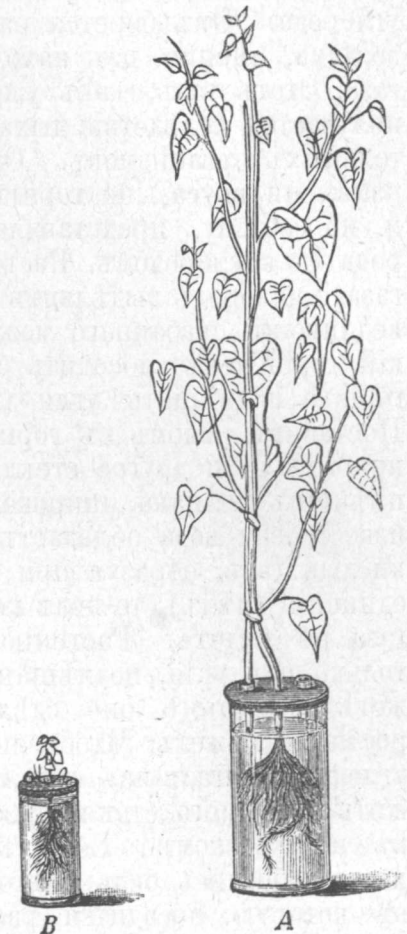


Рис. 56.

не может образоваться зеленое вещество растений, т. е. хлорофилл.

При перечислении элементов, получаемых растениями из почвы, мы не видели одного очень важного элемента, входящего в состав всех органических веществ, — углерода. Он берется растением не из почвы, а из воздуха, именно, из находящегося в воздухе углекислого газа. Этот газ, как уже известно из 1-й части книги, получается вследствие дыхания и гниения животных и растительных организмов. Он не имеет ни цвета, ни запаха, ни вкуса, не горит и не поддерживает горения и, по составу, представляет химическое соединение углерода с кислородом. Растение, пользуясь углеродом этого газа, кислород выделяет свободным. Убедиться в справедливости сказанного можно такими опытами. В маленький горшечек посадить растение, при чем к почве горшка подмешать угля (который состоит из углерода). Поставив рядом с горшком стакан известковой воды, покрыть то и другое стеклянным колпаком, или, за неимением колпака, широкой стеклянной банкой. Так как известковая вода обладает способностью поглощать углекислый газ, образуя при этом нерастворимое в воде соединение (мел), то под колпаком свободного углекислого газа не будет. Растению останется извлекать углерод только из угля, подмешанного к почве. Но опыт покажет, что этого оно сделать не в состоянии, и потому расти не может. Чтобы под колпак не мог проникать углекислый газ из окружающего воздуха, следует положить под него стеклянную пластинку, примазав края ее к ней воском. Если колпак или банка небольшие, можно обойтись без цветочного горшка, поместив почву, в которую посадится растение, прямо на стекло, под крышку, а для известковой воды взять маленькую стеклянную баночку. Другой опыт такой. Под стеклянную бездонную бутылку или колпак с горлышком, закрытым пробкой, наполненные доверху водой и опрокинутые в стеклянный сосуд большего размера, в который воды прилито немного, положить свежих листьев (Рис. 57). Если выставить этот прибор на свет, мы увидим вскоре, что нижняя поверхность листьев покроется (пузырьками). Если мы оставим его еще долее, то в верхней части колпака наберется значительное количество газа, а избыток

воды будет вытеснен в наружный сосуд. Освободившийся газ есть кислород, что подтвердит опущенная в него тлющая лучинка, которая при этом ярко вспыхнет. Получился кислород от разложения углекислоты, которая не только присутствует в воздухе, но и растворена в воде. Для ускорения опыта следует насытить воду углекислым газом, пропустив через нее последний предмет, как класть в нее листья. Если же взять воду прокипяченную, не содержащую углекислоты, то и указанного результата не получится.

Первый из двух описанных опытов показывает, что растение не может извлекать углерод из почвы, хотя бы он и был там, а второй, — что углерод извлекается из углекислого газа листьями растения. Если листья находятся в воде, то они пользуются углекислым газом воды, а если в воздухе, то — углекислым газом воздуха.

Если растение извлекает углерод из углекислого газа, которого в воздухе весьма немного (около 0,04%), то не может ли оно также пользоваться кислородом и азотом воздуха, которых здесь имеется, как мы видели, несравненно больше? Атмосферным кислородом растение, действительно, пользуется. Но этот кислород, как узнаем впоследствии, служит главным образом для дыхания, а не для образования растительных веществ. Что же касается атмосферного азота, то им могут пользоваться только растения из семейства бобовых или, по другому названию, мотыльковых, куда относятся бобы, горохи, чечевицы, акации, клевер и некоторые другие растения, у которых цветок устроен одинаково с перечисленными. Пусть читатель сделает искусственную культуру гороха и овса или ячменя, лишив питательную смесь и в том и другом случае азота. Последнее будет достигнуто, если калийную селитру в указанном выше рецепте заменить какою либо другою солью калия, не содержащею азота, например, хлористым калием. Результаты выращивания для гороха, с одной стороны, и овса, с другой, — будут совершенно различны. Горох разовьется и вырастет



Рис. 57.

такъ же хорошо, какъ и въ томъ случаѣ, если въ питательной смѣси заключаются всѣ элементы. Овесъ же не выростетъ, не разовьется. Очевидно, горохъ, за неимѣніемъ азота въ почвѣ, можетъ извлекать его изъ воздуха; овесъ же не можетъ. Гдѣ причина этой преимущественной способности гороха и другихъ бобовыхъ или мотыльковыхъ растений? Доказано, что причина кроется въ особыхъ жел-

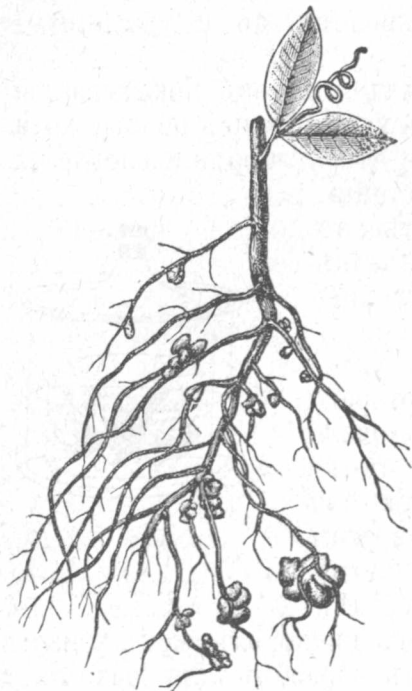


Рис. 58.

вачкахъ или клубенькахъ, находящихся на корняхъ бобовыхъ растений (Рис. 58). Въ клубенькахъ этихъ, какъ показываетъ изученіе ихъ подъ микроскопомъ, живутъ особыя бактеріи (микроскопически мелкіе, одноклѣточные организмы), очевидно, обладающія способностью передавать растенію азотъ прямо изъ воздуха. Самыя бактеріи появляются первоначально въ бобовомъ растеніи изъ почвы, въ которой онѣ, повидимому, очень распространены. Доказательство этого очень простое. Взять питательные растворы въ два сосуда, одинъ изъ нихъ прокипятить, а другой не кипятить и при этомъ прибавить еще въ него немного почвеннаго настоя. Если выращивать тамъ и здѣсь бобовыя растенія (горохъ),

то въ первомъ сосудѣ, гдѣ растворъ прокипяченъ, клубеньки на корняхъ не разовьются, а во второмъ—разовьются. Кромѣ того, если въ питательномъ растворѣ не содержится азота, въ первомъ сосудѣ растеніе вообще не будетъ расти, а во второмъ выростетъ, такъ какъ бактеріи клубеньковъ добудутъ азотъ изъ воздуха. Если въ обоихъ сосудахъ воспитывать одно и то же растеніе такимъ образомъ, чтобы одна прядь корня была въ одномъ изъ нихъ, а другая въ другомъ, то окажется, что на той пряди, которая погружена въ прокипяченный растворъ, клубеньковъ съ бактеріями не появится, а на другой пряди они разовьются.

Мы видѣли, какіе элементы входятъ въ составъ растеній и изъ какихъ веществъ почвы и атмосферы они извлекаются. Теперь слѣдуетъ разсмотрѣть, какія же новыя вещества вырабатываются изъ этихъ элементовъ?

Всѣ растительныя вещества подраздѣляются на 3 группы: *углеводы, масла или жиры и бѣлки*. Въ виду того, что объ нихъ говорилось въ 1-й части книги, въ главѣ объ органическихъ веществахъ, здѣсь ограничимся сообщеніемъ только краткихъ свѣдѣній

Группа углеводовъ получила это названіе потому, что относящіеся сюда вещества состоятъ изъ углерода (образующаго уголь) и кислорода съ водородомъ, причемъ послѣдніе два элемента входятъ въ соединеніе въ такомъ относительномъ количествѣ, въ какомъ мы видимъ ихъ въ водѣ, т. е.—водорода вдвое болѣе, чѣмъ кислорода. Выходитъ, такимъ образомъ, что углеводы состоятъ какъ-бы изъ угля и воды, откуда и возникло названіе этой группы. Разумѣется, на самомъ дѣлѣ никакихъ признаковъ угля и воды въ углеводахъ мы не находимъ, потому что углеродъ, кислородъ и водородъ вошли здѣсь въ такой родъ тѣснаго химическаго соединенія, что получаютъ продукты, совершенно отличные отъ того матеріала или тѣхъ элементовъ, изъ которыхъ они образуются. Къ углеводамъ относятся слѣдующія вещества: сахаръ—обыкновенный тростниковый, или свекловичный, и виноградный, иначе называемый глюкозой, встрѣчающійся во всѣхъ сладкихъ плодахъ,—камедь, примѣромъ которой можетъ служить вишневый клей, клѣтчатка, т. е. оболочка растительныхъ клѣтокъ, и крахмалъ. Клѣтчатка представляетъ твердый остовъ растений и особенно развита, какъ догадывается уже читатель предыдущей нашей бесѣды, въ сосудисто-волокнистыхъ пучкахъ, гдѣ стѣнки клѣтокъ сильно утолщены. Крахмалъ скопляется преимущественно въ зернахъ и клубняхъ растений.

Масла или жиры представляютъ химическое соединеніе тѣхъ же элементовъ, какіе мы видѣли и въ углеводахъ, т. е. углерода, водорода и кислорода. Только относительное количество этихъ элементовъ и самая связь ихъ между собою здѣсь другія, почему и получаемыя изъ нихъ вещества въ данномъ случаѣ обладаютъ особыми свойствами. Содержатся масла въ большомъ количествѣ въ сѣменахъ нѣкоторыхъ растений, на примѣръ, въ конопляномъ и горчичномъ сѣмени, въ подсолнечныхъ и маковыхъ зернахъ,

въ клецевинѣ и т. д. Жиры по составу одинаковы съ маслами. Всѣ эти вещества хорошо, конечно, извѣстны читателю.

Бѣлковыя вещества состоятъ изъ углерода, водорода, кислорода и кромѣ того еще изъ азота и сѣры. Это самое сложное и, вмѣстѣ съ тѣмъ, самое важное органическое соединеніе. Изъ бѣлковыхъ веществъ состоятъ протоплазма и ядро клѣтокъ. Эти вещества встрѣчаются какъ въ твердомъ видѣ, напримѣръ, въ протоплазмѣ и ядрѣ, такъ и въ растворѣ, что видимъ, напримѣръ, въ сокѣ, выжатомъ изъ капусты. Но стоитъ нагрѣть капустный сокъ—и бѣлокъ его свернется, какъ онъ свертывается при варкѣ яицъ. Въ предшествующей бесѣдѣ мы упоминали уже, что въ нѣкоторыхъ клѣткахъ бываетъ отложеніе бѣлковыхъ веществъ, въ видѣ зеренъ и даже кристалловъ. Къ бѣлковымъ веществамъ относится и такъ называемая клейковина, находящаяся въ хлѣбныхъ зернахъ. Если мы приготовимъ изъ муки небольшой комокъ тѣста и будемъ долго промывать его водою, разминая и перетирая его руками, то вода сначала будетъ стекать молочно бѣлою, потомъ станетъ совершенно прозрачною. Въ рукахъ же очутится уже не тѣсто, а комокъ вещества сѣровато-бѣлаго цвѣта, липкаго и тягучаго, какъ резина. Это и есть клейковина. Она составляетъ въ зернѣ внутренній слой кожуры, окружающей собою бѣлокъ. Эта же часть, называемая бѣлкомъ и составляющая, какъ читатель припомнитъ изъ первой бесѣды, большую половину зерна или сѣмени, состоитъ на самомъ дѣлѣ не изъ бѣлковыхъ веществъ, какъ можно бы было заключить по названію, а главнымъ образомъ изъ крахмала.

Мы видѣли, что растенію нужны не менѣе десяти, а если считать хлоръ, то одиннадцати элементовъ. Между тѣмъ въ составѣ органическихъ веществъ, вырабатываемыхъ растеніемъ, мы нашли ихъ только пять: углеродъ, водородъ, кислородъ, азотъ и сѣру. Спрашивается, какое же назначеніе остальныхъ элементовъ, извлекаемыхъ растеніемъ изъ почвы? Оказывается, что фосфоръ входитъ въ составъ нѣкоторой группы бѣлковыхъ веществъ, извѣстныхъ подъ названіемъ нуклеиновъ; они находятся въ ядрѣ клѣтокъ. Калій сопровождаетъ углеводы и вѣроятно способствуетъ ихъ перемѣщенію и распредѣленію въ растеніи. Кальцій оказывается необходимымъ для правильнаго развитія листьевъ; незеленыя растенія, какъ грибы, могутъ обходиться безъ

кальція. Магній сопровождаетъ бѣлковыя вещества. Безъ желѣза не можетъ развиваться хлорофилла. Роль хлора еще хорошо не выяснена.

Минеральныя вещества, не идущія на образованіе органическихъ продуктовъ, могутъ, какъ читатель знаетъ изъ предыдущей бесѣды, отлагаться въ клѣткахъ въ видѣ кристалловъ. Если растеніе зажечь, то вода его испарится, органическія вещества сгорятъ, а минеральныя соли останутся въ видѣ золы. Интересно знать, — какое количество всѣхъ этихъ составныхъ частей имѣется въ растеніи. Изслѣдованія клевера показали, что въ немъ имѣется 16% углеводовъ, 3,2% бѣлковыхъ веществъ, 0,8% масла, 2% золы 78% воды. Въ отдѣльныхъ частяхъ растенія относительное количество этихъ веществъ, конечно, колеблется. Такъ, въ сѣменахъ льна найдено: углеводовъ 26%, бѣлковыхъ веществъ 20,5%, масла 37%, золы 5% и воды 12,3%.

Изъ перечисленныхъ одиннадцати элементовъ, необходимыхъ для растеній, въ углеродъ, кислородъ и водородъ, извлекаемыхъ изъ воздуха и воды, недостатка быть не можетъ. Равнымъ образомъ, калій, магній, желѣзо и хлоръ, въ видѣ тѣхъ или другихъ соединеній, находятся во всякой почвѣ, и ихъ всегда можетъ хватить на сколько угодно поколѣній выращиваемыхъ растеній. Крайне рѣдко встрѣчается почва, гдѣ было бы мало какого-нибудь изъ этихъ элементовъ. Нельзя того же сказать объ азотѣ, каліѣ, фосфорѣ и частию сѣрѣ. Соли, въ которыя входятъ эти элементы, отличаются сравнительно болѣею растворимостью, почему онѣ легко выщелачиваются водою и уносятся ею въ ручьи, рѣки или глубокіе слои почвы и подпочвы, до которыхъ не достигаютъ корни воздѣлываемыхъ растеній. Кромѣ того, самъ человекъ, увозя ежегодно съ поля выращиваемыя имъ растенія, тѣмъ самымъ удаляетъ и названные элементы, взятые растеніемъ изъ почвы. Въ почвѣ необрабатываемой дѣло происходитъ иначе. Дико растущія здѣсь растенія, умирая, возвращаютъ почвѣ все, что взяли отъ нея. Слѣдовательно, забота сельскихъ хозяевъ должна быть направлена главнымъ образомъ на обогащеніе почвы указанными четырьмя элементами: каліемъ, азотомъ, фосфоромъ и сѣрой. Это достигается отчасти глубокой и возможно частой перепашкой. Ею извлекаютъ изъ глубокихъ слоевъ тѣ остатки горныхъ породъ, въ которыхъ еще уцѣлѣли элементы, исчезнувшіе изъ

верхнихъ слоевъ. Въ истощенныхъ и уже перепавшихъ почвахъ недостатокъ упомянутыхъ элементовъ можетъ быть устраненъ только удобреніемъ—посредствомъ навоза или искусственно приготовленной смѣси минеральныхъ веществъ. Послѣдній способъ удобренія, весьма вѣрный, все болѣе и болѣе приобретаетъ права гражданства.

Гдѣ же въ растеніи происходитъ образованіе органическихъ веществъ изъ неорганическаго матеріала? Въ хлорофильныхъ зернахъ. Хлорофиллъ—это лабораторія для производства продуктовъ, входящихъ въ составъ тѣла какъ растеній, такъ и животныхъ. Организмы, лишеныя этой лабораторіи—животныя и безхлорофильныя растенія (грибы),—создавать своего тѣла изъ неорганическаго матеріала почвы и атмосферы уже не могутъ. Они пользуются готовыми органическими продуктами, образованными хлорофильными растеніями. Въ хлорофиллѣ происходитъ разложеніе углекислаго газа, получаемого изъ воздуха, при чемъ изъ него извлекается углеродъ—этотъ необходимый элементъ всѣхъ органическихъ веществъ. Этимъ и полагается начало образованія послѣднихъ—прежде всего крахмала, а затѣмъ и другихъ.

Необходимымъ условіемъ для образованія какъ самого хлорофилла, такъ и всѣхъ вообще органическихъ веществъ является свѣтъ. Растенія, выросшія въ тѣни, — блѣдны, т. е. хлорофилла не имѣютъ. Будучи же выставлены на свѣтъ, они зеленѣютъ. Точно также и хлорофиллъ во тьмѣ не дѣйствуетъ. Если мы повторимъ описанный выше опытъ съ листьями, положенными подъ колпакъ съ водою, ночью или днемъ, но въ совершенно темномъ мѣстѣ, то въ такомъ случаѣ кислорода подъ колпакомъ появляться не будетъ, т. е. разложенія углекислоты на углеродъ и кислородъ не послѣдуетъ, и потому органическія вещества образовываться не могутъ.

Если созиданіе органическихъ веществъ происходитъ въ хлорофиллоносныхъ, т. е. въ верхнихъ частяхъ растенія, преимущественно въ листьяхъ, между тѣмъ пищевые элементы, за исключеніемъ углерода, поступаютъ снизу—изъ почвы, чрезъ корень, то естественно возникаетъ вопросъ: какимъ образомъ и по какимъ причинамъ происходитъ въ растеніи это передвиженіе веществъ: воды съ растворенными въ ней минеральными солями отъ корня къ листьямъ и полученныхъ въ послѣднихъ органическихъ про-

дуктовъ—въ обратномъ направленіи? Разрѣшеніемъ этого вопроса мы займемся въ слѣдующей бесѣдѣ.

Передвиженіе веществъ въ растеніи.

Въ бесѣдѣ о внутреннемъ строеніи растеній уже упоминалось, что вода съ растворенными въ ней минеральными веществами, идущими на питаніе растенія, поступивъ изъ почвы въ корень, движется къ листьямъ по сосудамъ древесины. Приготовленные же въ листьяхъ, изъ минеральныхъ соковъ почвы и углекислаго газа воздуха, органическія вещества переходятъ во всѣ ниже лежащія части растенія по рѣшетчатымъ трубкамъ, находящимся въ корѣ. Теперь, прежде всего, предлагаемъ убѣдиться въ справедливости сказаннаго слѣдующими опытами.

Если въ стеблѣ живого растенія перерѣзать въ какомъ либо мѣстѣ древесину, оставивъ кору, то растеніе очень скоро завянетъ. Наоборотъ, если перерѣзать поперекъ кору или даже снять кольцо ея со стебля, не разрушая древесины, растеніе вянуть не будетъ. Изъ житейскихъ опытовъ поддержанія свѣжести сорванныхъ цвѣтовъ посредствомъ опусканія ихъ стеблей въ стаканъ съ водою каждому извѣстно, что увяданіе есть результатъ недостатка воды. Значитъ, вода передвигается въ растеніи по древесинѣ, а не по корѣ и передвигается, очевидно, по направленію снизу вверхъ, такъ какъ увядаютъ листья лежащія выше нарушенной части стебля. Перерѣзка древесины, съ сохраненіемъ коры, производится такимъ образомъ. Стебель прокалывается какимъ либо остріемъ (перочиннымъ ножомъ, если стебель достаточно толстый, или иголкой), при чемъ остріе не должно нѣсколько доходить до противоположной укола стороны; затѣмъ остріе поворачивается изъ стороны въ сторону такъ, чтобы древесина, по возможности, вся была перерѣзана, а кора, помимо первоначальнаго прокола, не получила бы болѣе поврежденій. Одинаковое значеніе имѣетъ и слѣдующій, еще болѣе простой, опытъ. Если у сорваннаго растенія нижнюю часть корня обнажить отъ коры и затѣмъ опустить его въ воду такъ, чтобы кора не касалась ея, то растеніе настолько же медленно будетъ вянуть, какъ и въ томъ случаѣ, если бы стебель весь былъ покрытъ корою. Наоборотъ, когда

кора оставлена болѣе длинною, чѣмъ древесина, и она только одна будетъ касаться воды, тогда растеніе завянетъ такъ же скоро, какъ если-бы оно совсѣмъ не приходило въ соприкосновеніе съ водою. Подобнымъ же образомъ обнаруживается и роль коры, какъ пути, по которому, сверху внизъ, движутся приготовленные хлорофилломъ органическія вещества. Если, сдѣлавъ кольцевую вырѣзку въ корѣ растенія, оставить его продолжать свой ростъ въ такомъ видѣ, то со временемъ обнаружится, что часть ствола надъ вырѣзкою сдѣлалась толще нижней части. Очевидно, это произошло отъ того, что послѣдняя не получала органическаго матеріала для дальнѣйшаго утолщенія. Значитъ, этотъ матеріалъ доставляется по корѣ и притомъ сверху. Если кора будетъ прорѣзана не вплоть до древесины, то указаннаго явленія не произойдетъ. Это показываетъ, что не кожа съ пробкой и первичной корой служатъ путемъ для передвиженія органическихъ веществъ, а лежація за ними, во вторичной корѣ, рѣшетчатые трубки. Вотъ еще однородный опытъ. Срѣжемъ двѣ новыя вѣтви и поставимъ ихъ въ воду, при чемъ въ корѣ одной сдѣлаемъ кольцевую вырѣзку. У обѣихъ вѣтвей начнутъ образовываться корешки, но только у вѣтви безъ перерѣзки коры они появятся

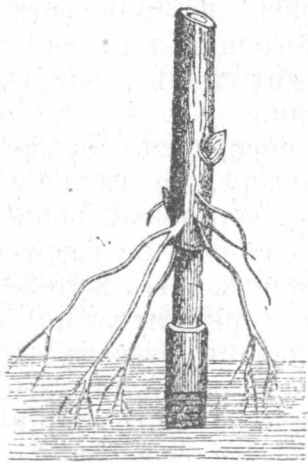


Рис. 57.

на концѣ стебля, а у другой—надъ кольцеобразной вырѣзкой. даже и въ томъ случаѣ, если бы она была выше уровня воды (Рис. 57). Объясняется это очевидно тѣмъ, что органическія вещества, служація для образованія корней, идутъ сверху по корѣ и выходятъ наружу, т. е. даютъ начало корешкамъ, въ томъ мѣстѣ, гдѣ сосуды коры оканчиваются или прерываются.

Какія же причины побуждаютъ вещества двигаться по растенію и, прежде всего, что заставляетъ минеральные соки проникать изъ почвы въ корень? Въ предыдущихъ бесѣдахъ уже указана самая главная причина—это физическій законъ *диффузіи* и *осмоса*. Сущность закона состоитъ въ томъ, что тѣла, обладающія подвижностью ча-

стицъ, т. е. газообразныхъ и, за нѣкоторыми исключеніями, жидкія, стремятся проникнуть другъ друга и, вслѣдствіе этого, перемѣшиваются. Такое проникновеніе—диффузія—происходитъ не только тогда, когда тѣла непосредственно другъ съ другомъ соприкасаются, но и въ томъ случаѣ, если они раздѣлены перегородкой—пористой (напримѣръ, глиняной), животной (напр., пузыремъ) или растительной (напр., клѣтчаткой, составляющей оболочку растительныхъ клѣтокъ). Если на молоко или на растворъ сахара налить осторожно слой воды, то въ томъ и другомъ случаѣ жидкости смѣшаются: частицы молока и сахара, несмотря на болѣшую тяжесть, по сравненію съ частицами воды, будутъ подниматься къверху, а частицы воды—опускаться внизъ, что будетъ происходить до тѣхъ поръ, пока въ стаканахъ не получатся совершенно равномерныя, однородныя смѣси. Если, наливъ въ стаканъ растворъ сахара, покрыть и завязать его съ поверхности пузыремъ и затѣмъ опустить въ сосудъ съ водою, то и въ такомъ случаѣ произойдетъ полное смѣшеніе воды и раствора. Для насъ важно также замѣтить, что не всѣ жидкости одинаково быстро проникаютъ чрезъ животныя и растительныя перепонки, а нѣкоторыя даже совсѣмъ не проникаютъ. Если въ стаканъ, обвязанный пузыремъ, налить былъ предварительно крѣпкій растворъ сахара до самыхъ краевъ, то, послѣ опусканья его въ воду, можно замѣтить, какъ пузырь сдѣлается выпуклымъ въ сторону воды. Происходитъ это, очевидно, вслѣдствіе того, что вода проникаетъ чрезъ животную перепонку быстрѣе, чѣмъ сахаръ, такъ что въ стаканъ поступаетъ болѣшій объемъ жидкости, чѣмъ сколько выходитъ изъ него. Если стаканъ замѣнить бутылкою, у которой вмѣсто вырѣзаннаго стекляннаго дна натянуть тотъ же пузырь, а въ горлышко, до котораго налить крѣпкій растворъ сахара, вставлена чрезъ пробку стеклянная трубка, то, послѣ соприкосновенія перепонки съ водою, можно видѣть, какъ избытокъ появляющейся въ бутылѣ жидкости будетъ подниматься къверху по трубкѣ. Примѣромъ необладающихъ способностью проникать чрезъ перепонки жидкостей являются всѣ маслянистыя вещества, которые не растворяются въ водѣ, т. е. не смѣшиваются съ ней, а также и нѣкоторые растворимые продукты, напримѣръ, танинъ. Если взять растворы танина и какой либо желѣзной соли (желѣзнаго купороса или хлорнаго желѣза)

и произвести опытъ диффузіи чрезъ тонкую животную или растительную перепонку, при указанной выше обстановкѣ, то можно наблюдать, что желѣзо будетъ переходить въ сторону таннина и давать съ нимъ химическое соединеніе чернаго цвѣта (это обыкновенныя канцелярскія чернила), таннинъ же въ сторону желѣза чрезъ перепонку не перейдетъ. Вещества, обладающія способностью проникать чрезъ животныя и растительныя перепонки, извѣстны подъ именемъ кристаллоидовъ, а не обладающія — называются коллоидами.

Теперь посмотримъ, какимъ образомъ физическій законъ диффузіи примѣнимъ къ питанію растений. Въдѣ всѣ минеральныя соли, находящіяся въ почвѣ, суть кристаллоиды, а стѣнки и все содержимое клѣтокъ представляютъ тѣ растительныя перепонки, которыя для растворенныхъ кристаллоидовъ проницаемы. Поэтому понятно, разъ питательныя минеральныя соли растворены въ водѣ и омывають корень растенія, то они диффундируютъ внутрь его, проникаютъ сначала въ близлежащія клѣтки, а чрезъ эти послѣднія, по наполненіи ихъ, во всѣ части растенія. При этомъ органическія вещества, взамѣнъ всасываемыхъ минеральныхъ соковъ, за предѣлы корня не выходятъ, не диффундируютъ. Это потому, что въ корнѣ они находятся преимущественно въ твердомъ или, вообще, коллоидномъ состояніи, благодаря чему растеніе, извлекая изъ почвы нужныя ему вещества, само ей ничего не отдаетъ, ничего не теряетъ. Кромѣ того, живая протоплазма обладаетъ особою силою удерживать и не выдѣлять за предѣлы растенія органическихъ веществъ.

Нѣкоторыя изъ питательныхъ минеральныхъ солей (наприм., известковыя) нерастворимы въ водѣ; какимъ-же образомъ онѣ поступаютъ внутрь растенія? Здѣсь на помощь является кислота, выдѣляемая корнемъ. Узнать о присутствіи кислоты очень легко. Если къ синей лакмусовой бумажкѣ приложить корень, то бумажка покраснѣетъ: это есть несомнѣнный признакъ кислоты, которымъ обыкновенно пользуются химики. Если на мраморную доску насыпать земли и затѣмъ посадить какое либо растеніе, напримѣръ, горохъ, то чрезъ нѣсколько дней можно будетъ замѣтить, что проникнувшіе до мрамора развѣтвленія корня оставили на немъ слѣды. Это произошло отъ того, что часть мрамора, на мѣстѣ соприкосновенія съ корнемъ, рас-

творилась. Такъ какъ мраморъ растворимъ только въ кислотѣ средѣ, то, значить, корнемъ была выдѣлена кислота.

Въ почвѣ имѣются не только тѣ вещества, которыя нужны растенію для питанія, но и много другихъ, также способныхъ проникать чрезъ растительныя перепонки, но тѣмъ не менѣе не всасываемыхъ корнями. Какъ же объяснить эту разборчивость корней? На первый разъ можетъ показаться, какъ будто они имѣютъ какую-то разумную силу или инстинктъ, которые и помогаютъ имъ разобратся въ массѣ вещества. На самомъ же дѣлѣ никакой другой силы и закона, кромѣ той же самой диффузіи, и въ данномъ случаѣ не проявляется. Выяснимъ это на примѣрѣ. Сдѣлаемъ питательную смѣсь изъ растворовъ двухъ солей—селитры и поваренной соли. Послѣдняя съ такою же легкостью проникаетъ чрезъ растительныя перепонки, какъ и первая; однако селитра, съ теченіемъ времени, вся будетъ извлечена корнемъ изъ раствора, а поваренная соль останется почти нетронутою. Зависитъ это отъ того, что селитра, вступивъ въ корень, перестаетъ уже быть селитрой, такъ какъ разлагается растеніемъ, для извлеченія изъ нея азота. Когда внутри клѣтокъ свободной селитры не остается болѣе, тогда, въ силу диффузіи, въ нихъ вступаютъ новыя порціи этой соли. И это должно продолжаться до тѣхъ поръ, пока не наступитъ равновѣсіе между количествомъ селитры внутри и внѣ клѣтокъ. У живого растенія, въ силу безпрестаннаго потребленія азота, этого равновѣсія, за исключеніемъ зимнихъ періодовъ покоя, быть не можетъ. Поэтому и потребленіе селитры живымъ растеніемъ никогда не прекратится. Совсѣмъ иное дѣло—поваренная соль. Составляющіе ее элементы—натрій и хлоръ, если и требуются растенію, то въ самыхъ минимальныхъ дозахъ. Вслѣдствіе этого, поступившія внутрь растенія порціи поваренной соли почти цѣликомъ остаются неизмѣненными. Въ содержаніи соли внутри и внѣ клѣтокъ, такимъ образомъ, скоро наступаетъ равновѣсіе, и диффузія тогда уже, конечно, прекращается. Эту разницу въ предѣлахъ проникновенія различныхъ веществъ чрезъ перепонки можно видѣть и на описанныхъ выше опытахъ диффузіи сахара съ водою и желѣзной соли съ танниномъ. Въ первомъ случаѣ диффузія кончится тогда, когда содержаніе сахара и воды по обѣ стороны перепонки будетъ отвѣчать одной и той-же пропорціи. Во второмъ же случаѣ равно-

вѣсія никогда не наступить. Причина этого отчасти въ неспособности танина проникать чрезъ перепонку, но главнымъ образомъ въ томъ, что вся желѣзная соль, перешедшая къ таннину, соединяется съ нимъ, образуя чернила, и, слѣдовательно, перестаетъ быть первоначальною солью, почему на смѣну ея проникаютъ новыя порціи той же соли. Только въ томъ случаѣ, когда израсходуется весь таннинъ или вся желѣзная соль, диффузія по необходимости прекратится. Подобное же происходитъ и въ растеніяхъ, по отношенію къ усвояемымъ ими солямъ.

Изъ предыдущихъ бесѣдъ читатель уже знаетъ, что главнымъ путемъ, по которому движется вода съ растворенными въ ней минеральными солями, являются сосуды древесины. Наблюденія показываютъ, что это движеніе совершается съ большою силою, подъ большимъ напоромъ. Такъ, если срѣзать стебель на небольшомъ разстояніи отъ земли и конецъ оставшейся на почвѣ части соединить съ стеклянной трубкой, при помощи каучуковой, то минеральные соли будутъ собираться въ трубкѣ и поднимутся на значительную высоту, вслѣдствіе большого давленія снизу, которое называется корневымъ давленіемъ. Спрашивается, что же заставляетъ минеральные соки сосредоточиться преимущественно въ сосудахъ и двигаться съ такою силою? Прежде всего опять та же диффузія. Припомнимъ тотъ опытъ, когда вода, проникающая въ бутылъ съ крѣпкимъ растворомъ сахара чрезъ дно изъ пузыря, заставляла образовавшійся избытокъ жидкости вступать въ трубку, вставленную въ горло бутылки. Тоже самое происходитъ и въ растеніи. Сильно диффундирующие растворы минеральныхъ солей почвы съ энергіей устремляются въ растительныя клѣтки. Послѣднія расширяются, надавливаютъ другъ на друга и выдавливаютъ избытокъ минеральныхъ соковъ въ сосуды.

Еще большее значеніе для подъема соковъ по сосудамъ имѣетъ испареніе воды чрезъ листья. Это испареніе, особенно въ теплое и сухое время, очень большое. Вычислано, напримѣръ, что поверхность листьевъ бука въ одинъ квадратный метръ испаряла въ 24 часа 210 кубическихъ сантиметровъ, а та же поверхность листьевъ дуба, въ такое же количество времени, — 280 кубическихъ сантиметровъ воды. Десятина овса испаряетъ за все лѣто отъ 100,000 до 200,000, а десятина смѣшанной луговой травы—

около 500.000 пудовъ воды. Совершается испареніе главнымъ образомъ чрезъ устья. Разъ часть воды испарилась, то вслѣдствіе этого въ сосудахъ растенія должна образоваться пустота, которая и наполняется немедленно новыми порціями воды, всасывая ее изъ почвы. Этого не могло бы быть въ томъ случаѣ, если бы на мѣсто испарившейся воды могъ появляться атмосферный воздухъ. Но онъ не попадаетъ въ сосуды, потому что слой лежащихъ на пути растительныхъ тканей для него непроницаемъ. Исслѣдованія обнаружили, правда, въ сосудахъ пузырьки воздуха, прерывающіе столбъ жидкости; но они попадаютъ вмѣстѣ съ соками изъ почвы. Почвенная вода содержитъ въ растворѣ воздухъ, который, вмѣстѣ съ нею, попадаетъ въ растеніе и здѣсь, вслѣдствіе отрицательнаго давленія, освобождается и выдѣляется въ видѣ пузырьковъ. Пузырьки эти расширяясь, вслѣдствіе испаренія воды, помогаютъ дальнѣйшему всасыванію: пространство съ разряженнымъ воздухомъ играетъ роль насосовъ.

Испареніе воды чрезъ листья легко обнаружить такимъ опытомъ. Налить въ двѣ пробирки воды и въ одну изъ нихъ опустить вѣточку съ листьями. Если въ началѣ опыта уровень воды въ обѣихъ пробиркахъ былъ одинаковъ, то въ скоромъ времени обнаружится пониженіе его въ той пробиркѣ, въ которую опущена вѣтка. Если пробирки закрыть ватой, то въ той изъ нихъ, въ которой нѣтъ вѣтки, вода совсѣмъ не будетъ испаряться, а изъ второй скоро испарится.

Въ предшествующей бесѣдѣ, когда говорилось о ростѣ и строеніи корня, было указано, что на концѣ, на небольшомъ разстояніи отъ чехлика, корни бываютъ покрыты массою маленькихъ волосковъ, служащихъ для всасыванія воды изъ почвы. Волоски эти представляютъ выросты клѣтокъ кожицы корня и суть, такимъ образомъ, одноклѣточные образованія. Чтобы было понятно, какимъ образомъ эти маленькіе, едва замѣтные простымъ глазомъ придатки могутъ проводить въ растеніе громадное количество влаги, укажемъ на число ихъ. Оно поразительно велико. При помощи микроскопа сосчитано, что на корню нашей пшеницы имѣется до 10.000.000 волосковъ. Эта цифра опредѣлялась такимъ образомъ, что сначала сосчитывалось сколько волосковъ имѣется на одномъ квадратномъ миллиметрѣ, а затѣмъ полученное число помножалось на всю по-

верхность корня. Если общее количество корневых волосков помножить на среднюю длину ихъ, то получится громадное разстояніе—около 20 верстъ. Отсюда понятно, какъ велика всасывательная поверхность корня и, слѣдовательно, насколько должна быть значительна сила всасыванія.

Передвиженіе органическихъ веществъ сверху внизъ происходитъ точно также благодаря закону диффузіи. Для этого они переходятъ въ жидкое состояніе, что совершается благодаря ферментамъ, о которыхъ уже говорилось въ первой бесѣдѣ. Припомнимъ ферментъ діастазъ, превращающій нерастворимое вещество—крахмалъ—въ растворимое—сахаръ, и пепсинообразный ферментъ, превращающій бѣлки въ растворимое состояніе—пептоны. Эти ферменты дѣйствуютъ при проростаніи сѣмени, обуславливая возможность перехода его твердыхъ питательныхъ веществъ въ тѣло молодого растеніица. Отъ нихъ же, очевидно, зависитъ и возможность распредѣленія вновь образуемыхъ органическихъ веществъ въ теченіе всей жизни растенія. Передвигаясь по рѣшетчатымъ трубкамъ и просачиваясь за предѣлы ихъ ко всѣмъ частямъ растенія, растворенные органическіе продукты доставляютъ матеріалъ для роста и образованія новыхъ клѣтокъ или же отлагаются въ видѣ твердыхъ запасныхъ питательныхъ веществъ. Такіе запасы мы видѣли въ сѣмянодоляхъ и бѣлкѣ сѣмени. Точно также они отлагаются, въ видѣ зеренъ крахмала, бѣлка или жировыхъ образованій, въ паренхимной ткани (мякоти) листьевъ и стеблей, въ клубняхъ и корняхъ. Въ клубняхъ картофеля, какъ извѣстно, отлагается много крахмала, наряду съ которымъ имѣется не мало и бѣлковыхъ зеренъ; въ корняхъ свекловицы отлагается въ изобиліи сахаръ; въ кочняхъ капусты или въ корняхъ рѣпы разнообразнѣйшія питательныя вещества и т. д. Эти запасы идутъ на питаніе и ростъ растенія—или на слѣдующій годъ послѣ ихъ образованія, какъ это бываетъ со свекловицей, капустой, марковью, рѣдкой, рѣпой, запасы которыхъ употребляются на развитіе стеблевыхъ и цвѣточныхъ органовъ на второй годъ существованія; или же эти запасы накапливаются десятками лѣтъ, какъ, на примѣръ, въ мясистыхъ листьяхъ американскаго растенія агавы, и затѣмъ расходуются точно также на образованіе цвѣтовъ и плодовъ.

Дыханіе растеній.

Изъ предшествующихъ бесѣдъ читатель составилъ уже себѣ представленіе о томъ, что въ живомъ растеніи совершается весьма сложная работа. Неорганическія вещества почвы и атмосферы превращаются въ органическія: это работа химическая. И тѣ и другія вещества движутся по всему растенію, проникая каждую его клѣтку: это работа механическая. Всякая работа совершается насчетъ затраты соотвѣтствующаго количества энергіи или силы. Слѣдовательно, и растеніе должно имѣть въ себѣ силу, чтобы быть въ состояніи производить указанную работу, т. е. жить. Что же это за сила и откуда она берется? Говоря о передвиженіи въ растеніи минеральныхъ соковъ и органическихъ веществъ, мы старались объяснить то и другое физическимъ закономъ диффузіи, въ связи съ испареніемъ воды чрезъ листья. Теперь оговоримся, что эти причины могутъ вызвать указанные явленія движенія *только въ живомъ растеніи*. Образованіе органическихъ веществъ посредствомъ хлорофилла совершается, какъ упоминалось тоже, при солнечномъ свѣтѣ и соотвѣтствующей температурѣ, т. е. подѣ воздействиемъ свѣтовой и тепловой энергіи, но опять таки *только въ живомъ растеніи*. Очевидно, это свойство, обозначаемое словомъ *живой*, заключается во внутренней энергіи, присущей живущему растенію и помогающей внѣшнимъ силамъ вызвать тѣ или другія жизненные явленія. Эта энергія заключается, между прочимъ, во внутренней *теплотѣ*, которая вырабатывается посредствомъ процесса *дыханія*.

Въ чемъ же состоитъ дыханіе? Оно, какъ мы уже знаемъ, есть ни что иное, какъ медленный процессъ горѣнія, и заключается въ соединеніи кислорода вдыхаемаго воздуха съ органическими веществами, вырабатываемыми растеніемъ. Всякое горѣніе есть соединеніе горящаго тѣла съ кислородомъ. Смотри по тому, насколько быстро и энергично происходитъ это соединеніе, выдѣляется большее или меньшее количество тепла, которое въ однихъ случаяхъ производитъ сильное накаливаніе, съ образованіемъ пламени, въ другихъ же—едва замѣтное повышеніе температуры, какъ, на примѣръ,—при гніеніи и дыханіи.

Выдѣленіе тепла происходитъ, какъ разъяснялось въ 1-й части книги, при явленіяхъ химическаго соединенія,

вслѣдствіе столкновенія соединяющихся въ частицы атомовъ. Образованіе органическихъ веществъ, какъ и горѣніе, заключается въ соединеніи. Эти вещества, какъ мы знаемъ, получаются чрезъ соединеніе углерода, водорода и кислорода (углеводы и жиры), или углерода, водорода, кислорода, азота и сѣры (бѣлковыя вещества), путемъ комбинаціи атомовъ этихъ простыхъ тѣлъ въ сложныя частицы. И тамъ. и здѣсь—соединеніе, между тѣмъ горѣніе сопровождается выдѣленіемъ тепла, а образованіе органическихъ веществъ—поглощеніемъ. Какъ же понять этотъ второй случай?

Разгадка въ томъ, что каждому соединенію обязательно предшествуетъ разложеніе. Атомы всѣхъ веществъ, какъ сложныхъ, такъ и простыхъ, комбинированы между собою (по два и болѣе) въ частицы. Слѣдовательно, для соединенія атомовъ двухъ тѣлъ, необходимо, чтобы эти атомы предварительно сдѣлались свободными, т. е. чтобы частицы тѣлъ распались: чтобы кислородъ и водородъ могли образовать воду, необходимо предварительное разложеніе частицъ водорода и кислорода на атомы того и другого тѣла, вслѣдъ за чѣмъ можетъ уже послѣдовать и ихъ соединеніе, т. е. образованіе частицъ сложнаго вещества—воды. А разъ явленію соединенія предшествуетъ разложеніе, то, значитъ, и выдѣленію тепла должно предшествовать поглощеніе его. Окончательный же результатъ для тепловой энергіи опредѣляется тѣмъ, на какой сторонѣ былъ перевѣсъ тепла, на сторонѣ ли поглощенія, или выдѣленія (сравнить 12 и 13 стр. 1-й части книги). Почти всѣ тѣла природы, въ особенности горючія, каковы органическія вещества, имѣютъ къ кислороду большое сродство, превосходящее то, которымъ атомы кислорода соединяются въ частицы кислорода и атомы сгораемаго тѣла—въ частицы этого послѣдняго. Потому-то явленія горѣнія и дыханія и сопровождаются выдѣленіемъ тепла. Но обратно этому обстоитъ дѣло въ процессахъ образованія органическихъ веществъ. Матеріаль, которымъ пользуются растенія для этой цѣли, въ особенности вода и углекислый газъ, отличается большою химическою прочностью, такъ что для разложенія его требуется большое количество энергіи. Наоборотъ, образующіяся органическія соединенія, какъ всѣ вообще органическія вещества, крайне неустойчивы и скоро разложимы, потому что составляющіе ихъ атомы простыхъ тѣлъ для такого

рода комбинацій обладаютъ небольшимъ сродствомъ. Поэтому тепло, выдѣляющееся во вторую половину процесса преобразованія неорганическихъ веществъ въ органическія, т. е. при соединеніи полученныхъ простыхъ элементовъ въ крахмалъ, сахаръ, клѣтчатку, бѣлокъ и проч., далеко не вознаграждаетъ той затраты энергіи, которая произошла въ первую половину этого процесса—при разложеніи неорганическихъ веществъ на атомы входящихъ въ ихъ составъ простыхъ тѣлъ. Значитъ, чтобы былъ возможнымъ подобный процессъ преобразованія неорганическихъ продуктовъ въ органическіе, необходимъ посторонній источникъ тепла. Имъ и является. между прочимъ, дыханіе.

Чтобы убѣдиться въ необходимости дыханія для жизни растенія, слѣдуетъ лишить его кислорода, помѣстивъ въ безвоздушное пространство (подъ колоколь, откуда затѣмъ выкачивается воздухъ), или въ атмосферу азота. Тогда вся видимая жизнедѣятельность растенія пріостанавливается; ни роста, ни передвиженія веществъ въ немъ болѣе не наблюдается. Растеніе приходитъ въ состояніе покоя, напоминающее смерть: все останавливается въ немъ въ томъ положеніи, въ какомъ было въ моментъ лишенія кислорода, т. е. прекращенія дыханія. Если вскорѣ послѣ этого снова дать доступъ кислороду къ растенію, то прерванные жизненные явленія возобновляются. Но болѣе продолжительное пребываніе въ безкислородной средѣ уничтожаетъ жизнедѣятельность безвозвратно, такъ какъ во время состоянія оцѣпенѣлости всетаки происходятъ внутренніе химическіе процессы, которые, при болѣе долгомъ отсутствіи кислорода, ведутъ за собою разложеніе живого вещества. Происходитъ, между прочимъ, процессъ такъ называемаго интрамолекулярнаго (внутриклеточнаго) дыханія, т. е. горѣнія на счетъ кислорода, извлекаемаго изъ растительныхъ веществъ, что сопровождается разрушеніемъ ихъ.

Если во время дыханія вырабатывается тепло, то оно, повидимому, должно вызывать повышеніе температуры растенія надъ температурой окружающей среды. На самомъ дѣлѣ, этого обыкновенно не наблюдается. Причина въ томъ, что растеніе имѣетъ громадную свободную поверхность, чрезъ которую избытокъ тепла долженъ излучаться въ пространство. Притомъ, масса тепла тратится вслѣдствіе испаренія воды листьями, такъ какъ переходъ какого-либо тѣла изъ жидкаго состоянія въ газообразное совершается насчетъ

затраты значительнаго количества тепловой энергіи. Наконецъ, часть вырабатываемаго дыханіемъ тепла идетъ на развитіе всѣхъ тѣхъ внутреннихъ жизненныхъ процессовъ, для которыхъ дыханіе необходимо. Если испареніе и лучеиспусканіе затруднены и взяты такіе моменты, когда дыханіе идетъ наиболѣе энергично, тогда повышеніе температуры весьма замѣтно. Такъ, сложенные въ кучу проростающія сѣмена, при благопріятныхъ условіяхъ, достигаютъ повышенія температуры, вслѣдствіе дыханія, на два и болѣе градуса по Цельсію. Во время цвѣтенія растений, температура повышается еще сильнѣе. Въ цвѣтоносныхъ почкахъ нѣкоторыхъ ароидныхъ растений она превосходитъ температуру окружающей среды на 10° 15°—20° и даже еще большее количество градусовъ. Высокою температурой распускающихся и усиленно дышащихъ цвѣточныхъ почекъ объясняется то интересное явленіе, что по краямъ снѣжныхъ и ледяныхъ полей, на высокихъ горахъ, изъ подъ снѣжнаго и ледяного покрова появляются цвѣты. Таковы, напримѣръ, сольданелли, встрѣчающіяся на Альпахъ. Ихъ цвѣточная почка, усиленно дышащая и потому выделяющая много тепла, заставляетъ снѣгъ или ледъ таять, и такимъ образомъ прокладываетъ себѣ путь на открытую поверхность. Когда это достигнуто, тогда цвѣточная почка раскрывается, и изящный фіолетовый цвѣточекъ оказывается среди необычной зимней обстановки.

Когда какое-либо тѣло горитъ, то оно не пропадаетъ безслѣдно, а образуетъ соответствующіе продукты горѣнія—газообразные, жидкіе или твердые, которые представляютъ собою соединеніе сгорѣвшаго вещества съ кислородомъ. Слѣдовательно, и въ результатъ дыханія растенія должны образоваться подобные продукты. Они дѣйствительно образуются, при чемъ главнѣйшимъ изъ нихъ является углекислый газъ. Убѣдиться въ его выдѣленіи растеніемъ проще всего слѣдующимъ опытомъ надъ прорастающими сѣменами. Положивъ сѣмена какого-либо растенія, напримѣръ, гороха, въ сосудъ (лучше въ высокій стеклянный цилиндръ), смочивъ ихъ водою и, закрывъ сосудъ, оставить стоять въ такомъ положеніи приблизительно на сутки. Послѣ того опустить горящую лучину внутрь сосуда; она потухнетъ отъ накопившейся вслѣдствіе дыханія начавшихъ проростать сѣмянъ углекислоты. Такой же результатъ будетъ полученъ и въ томъ случаѣ, если въ сосудъ положены цвѣты.

Изъ 3-й бесѣды читатель знаетъ, что углекислый газъ служить для растенія матеріаломъ, изъ котораго извлекается углеродъ, необходимый для образованія всѣхъ органическихъ веществъ, при чемъ кислородъ освобождается и выдѣляется. Такимъ образомъ, въ растеніи совершаются два прямо противоположныхъ другъ другу процесса: съ одной стороны, поглощеніе кислорода, съ выдѣленіемъ углекислаго газа (дыханіе); съ другой—поглощеніе углекислаго газа, съ выдѣленіемъ кислорода (образованіе органическихъ веществъ). Какой же изъ этихъ процессовъ совершается энергичнѣе и на сторонѣ потребленія какого газа имѣется перевѣсъ? Отвѣтъ дать не трудно, даже не дѣлая соответствующихъ повѣрочныхъ опытовъ. Количество потребляемаго кислорода и выделяемой углекислоты служить показателемъ того, сколько вещества сгораетъ въ растеніи; наоборотъ, количество потребляемой углекислоты и освобождаемаго кислорода указываетъ, сколько образуется новыхъ веществъ. Такъ какъ, несмотря на непрерывный процессъ дыханія, растеніе растетъ и увеличивается въ вѣсѣ, то, значитъ, новыхъ веществъ въ немъ образуется болѣе, чѣмъ сколько ихъ сгораетъ; слѣдовательно, поглощаться углекислаго газа должно болѣе, чѣмъ сколько его выдѣляется; кислороду же должно болѣе, выдѣляться, чѣмъ сколько поглощается. Опытная провѣрка вполне подтверждаетъ эту догадку. Возьмемъ хотя бы описанный въ бесѣдѣ о питаніи растеній опытъ разложенія углекислоты листьями. Одновременно съ этимъ процессомъ, несомнѣнно, совершается и дыханіе, такъ какъ съ прекращеніемъ послѣдняго всѣ жизненныя функціи остановились бы, и первый процессъ былъ бы не мыслимъ. Несмотря на это, мы видѣли, что свѣжіе, зеленые листья выдѣляютъ изъ насыщеннаго углекислымъ газомъ воды много кислорода; очевидно, при дыханіи онъ поглощается въ значительно меньшемъ количествѣ. Разложенія углекислоты растеніемъ не происходитъ въ первый періодъ проростанія, когда органическія вещества еще не образуются и зародышъ питается готовыми запасными веществами сѣмени. Точно также не разлагается углекислота и ночью, такъ какъ дѣятельность хлорофилла, образующаго органическія вещества, возможна только при свѣтѣ. Дыханіе же совершается въ теченіе всей жизни, непрерывно. Несмотря и на эту разницу, общій перевѣсъ, и при томъ весьма зна-

чительный, по указанной выше причинѣ, все-таки на сторонѣ поглощенія углекислоты и выдѣленія кислорода.

Дыханіе совершается во всѣхъ частяхъ растенія, въ каждой его клѣткѣ. Спрашивается, какимъ образомъ проникаетъ къ нимъ воздухъ? Изъ описанія устройства листа читатель уже знаетъ, что въ его кожицѣ имѣются промежутки между клѣтками, такъ называемыя устьица. Они-то и являются главными дыхательными органами. Черезъ нихъ воздухъ попадаетъ въ мякоть или паренхиму. Такъ какъ эта ткань рыхлая, такъ какъ между отдѣльными клѣтками ея имѣются межклѣтныя пространства, то воздухъ, попавъ сюда черезъ устьице, можетъ достигнуть стебля и даже корня. Кромѣ того на стеблѣ и корнѣ имѣются свои собственные, видоизмѣненные устьица, хотя и въ меньшемъ количествѣ (такъ называемыя чечевички).

Части растенія, находящіяся въ воздухѣ, врядъ ли когда либо ощущаютъ недостатокъ въ кислородѣ; за то корнямъ приходится плохо, если въ почву мало проникаетъ воздуха или онъ замѣненъ какимъ либо другимъ газомъ. Этимъ объясняется то обстоятельство, отчего на землѣ, плотной или загрязненной разлагающимися веществами, не появляется растеній, и почему корни обыкновенно стелятся на хорошо провѣтривающейся поверхности почвы и только рѣдко уходятъ въ мало доступные атмосферному воздуху слои.

Водяныя растенія отнимаютъ кислородъ у воды, въ которой онъ растворенъ. Если кто либо при пересылкѣ водяныхъ растеній плотно закупориваетъ сосудъ, въ томъ убѣжденіи, что растенія, находясь въ своей стихіи, легко перенесутъ путешествіе, тотъ жестоко ошибается. Незначительное количество кислорода, раствореннаго въ водѣ, скоро потребляется и растенія погибаютъ чрезъ сутки, а иногда и ранѣе.

Весьма невыгодны условія дыханія у болотныхъ растеній, корни которыхъ окружены иломъ, да и часть стебля и листьевъ нерѣдко покрыты имъ. Илъ и илистая вода или вовсе не содержатъ атмосфернаго воздуха, или содержатъ его крайне мало. Кромѣ того, тамъ находится масса газообразныхъ продуктовъ разложенія умершихъ растеній и животныхъ. Эти газы не годны для дыханія, а наоборотъ, скорѣе способны содѣйствовать задушенію растенія. Если болотныя растенія, тѣмъ не менѣе, живутъ и растутъ, то это потому,

что у нихъ имѣется приспособленіе къ указаннымъ невыгоднымъ условіямъ. Именно, ихъ ткань изобилуетъ громаднымъ количествомъ ходовъ и каналовъ, содержащихъ и передающихъ ко всѣмъ частямъ растенія воздухъ.

Исслѣдованія надъ дыханіемъ растеній показали, что оно находится въ зависимости отъ внѣшнихъ условій—температуры и свѣта. Энергія дыханія увеличивается почти прямо пропорціонально повышенію температуры, но только до известнаго предѣла, который для различныхъ растеній различенъ (въ среднемъ онъ близокъ къ 40° Ц). При дальнѣйшемъ повышеніи температуры, количество обмѣняемыхъ газовъ (кислорода и углекислоты) ни увеличивается, ни уменьшается, а остается прежнимъ. Въ темнотѣ энергія дыханія ослабѣваетъ. Причина въ томъ, что, при отсутствіи свѣта, прекращается образованіе органическихъ веществъ и, слѣдовательно, уменьшается количество горючаго матеріала.

Не всѣ растенія дышатъ съ одинаковой энергіей. Кромѣ того, у одного и того же экземпляра наблюдается большая разница въ дыханіи различныхъ частей его. Безхлорофильные лепестки дышатъ гораздо сильнѣе зеленыхъ листьевъ; подземныя, лишенные хлорофилла корневища, луковицы и клубни,—сильнѣе зеленыхъ стеблей. Наконецъ, большое значеніе имѣетъ возрастъ отдѣльныхъ частей растенія. Молодые корни, стебли, листья и побѣги дышатъ сильнѣе взрослыхъ.

Размноженіе растеній.

Изъ первой бесѣды 2-й части книги мы видѣли, что цвѣтковые или сѣмянные растенія произрастаютъ изъ сѣмянъ. Откуда же сѣмена берутся? Они развиваются изъ цвѣтка, который, такимъ образомъ, является органомъ размноженія растеній.

Посмотримъ, какъ устроенъ *цвѣтокъ*. При всемъ видимомъ разнообразіи цвѣтовъ, они построены по одному плану и состоятъ изъ слѣдующихъ частей. Снаружи большинства цвѣтовъ располагаются покровы. Ихъ обыкновенно два: наружный покровъ, называемый *чашечкою*, состоитъ изъ

зеленыхъ листковъ—*чашелистиковъ* (Рис. 58 ч.); внутренній покровъ называется *вѣнчикомъ* и составленъ изъ листиковъ, окрашенныхъ въ разнообразныя цвѣта и называемыхъ *лепестками* (л). Красота цвѣтовъ зависитъ, главнымъ образомъ, отъ окраски ихъ лепестковъ. Эти части цвѣтка несущественныя, такъ какъ непосредственнаго участія въ образованіи сѣмени онѣ не принимаютъ. За ними слѣдуютъ существенныя части: *тычинки* и *пестикъ*. Тычинокъ имѣется по нѣскольку въ одномъ цвѣткѣ, при чемъ каждая изъ

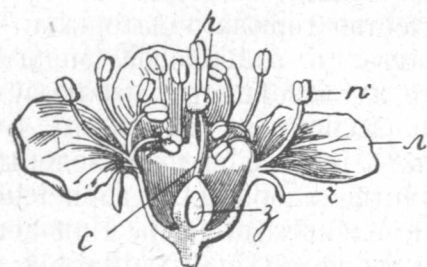


Рис. 58. Части цвѣтка: ч—чашелистики, л—лепестки, н—пыльникъ на тычиночной нити, з—завязь, с—столбикъ, р—рыльце.



Рис. 59. Пестикъ въ увеличенномъ видѣ; отъ пыльниковъ на рыльцѣ отходятъ цвѣтныя трубочки; внутри завязи—яичко, и въ немъ—зародышевый мѣшокъ (е).

нихъ состоитъ изъ нити, называемой тычиночною, и головки или мѣшечка, называемаго *пыльникомъ* (н), такъ какъ внутри его развивается пыльца или *цвѣтень*. Пестикъ состоитъ изъ нижней вздутой *завязи* (з), нитевиднаго *столбика* (с), имѣющаго внутри каналъ, и на концѣ его, большею частію слегка расширеннаго, *рыльца* (р). Въ полости завязи находится *сѣмяпочка* или *яичко*, которое, если его разрѣзать вдоль и разсматривать подъ микроскопомъ, обнаружитъ такое строеніе (Рис. 59): снаружи двѣ оболочки, внутри которыхъ находится ядро, сквозь оболочки до самаго ядра проходитъ каналъ—*сѣмяпроводъ*; недалеко отъ послѣдняго въ ядрѣ обращаетъ вниманіе большая клѣтка, называемая

зародышевымъ мѣшкомъ (е). Какое же назначеніе этихъ частей?

Пыльца изъ тычинокъ попадаетъ на рыльце пестика. Тычинки выпускаютъ сквозь рыльце въ столбикъ тончайшіе отростки, называемые *цвѣтными трубочками*, въ которые постепенно переливается все содержимое пыльниковъ. Цвѣтныя трубочки проникаютъ по каналу столбика въ полость завязи до яичка. Черезъ отверстіе оболочки этого послѣдняго, т. е. чрезъ сѣмяпроводъ, онѣ достигаютъ зародышеваго мѣшечка, прикладываются къ нему своими концами и сливаются съ нимъ. Этотъ процессъ называется *оплодотвореніемъ*. Когда оно совершилось, клѣтка, называемая зародышевымъ мѣшечкомъ, начинаетъ усиленно дѣлиться, и въ концѣ концовъ яичко или сѣмяпочка превращается въ сѣмя, а зародышевый мѣшечекъ—въ зародышъ сѣмени; наружная же часть завязи, развиваясь и разрастаясь, превращается въ плодъ.

Какимъ же образомъ пыльца попадаетъ на рыльце и какое назначеніе другихъ частей цвѣтка—вѣнчика и чашечки? Перенесеніе пыльцы производится вѣтромъ или насѣкомыми. Насѣкомоопыляемые цвѣты обыкновенно издаютъ сильный запахъ и выделяютъ сладкую жидкость—нектаръ или медъ. Перелетая за нею съ цвѣтка на цвѣтокъ, насѣкомыя и переносятъ пыльцу съ растенія на растеніе, съ тычинокъ на рыльце. Чтобы такіе цвѣты могли быть лучше замѣчены насѣкомыми, они снабжены сильнѣе развитыми и ярче окрашенными покровами. Отсюда, такимъ образомъ, выясняется значеніе лепестковъ: они служатъ растенію какъ бы вывѣскою, обращая на него вниманіе насѣкомаго уже издали. Для этой же цѣли мелкіе цвѣты соединяются въ группы, называемыя соцвѣтіями. Если всмотрѣться во всѣ детали устройства и расположенія отдѣльныхъ частей опыляемыхъ посредствомъ насѣкомыхъ цвѣтовъ, то во всемъ этомъ найдемъ весьма совершенное приспособленіе къ такому способу опыленія. Очень многіе цвѣты приспособлены къ опыленію опредѣленными насѣкомыми: бабочками, пчелами и т. д.; напримѣръ, въ цвѣтахъ, вѣнчикъ которыхъ имѣетъ форму длинной трубки, медъ, скрывающійся на днѣ цвѣтка, доступенъ только насѣкомымъ съ длиннымъ хоботомъ, которыми и опыляется.

У растеній, опыляемыхъ посредствомъ вѣтра, цвѣты всегда мелки, невзрачны, не имѣютъ ни яркихъ покрововъ,

ни запаха, ни меда; таково большинство деревьевъ: сосна, береза, осина, ива и др. При перенесеніи пыли вѣтромъ, очень много ея непроизводительно теряется, не попадая на цвѣтокъ. Поэтому у такихъ растений развивается громадное количество цвѣтня. Вѣтеръ сдуваетъ съ деревьевъ цѣлыя облака его, при чемъ часть его достигаетъ цѣли, т. е. попадаетъ на рыльца. Такая трата цвѣтня, неизбежная при опыленіи вѣтромъ, невыгодна для растенія, такъ какъ цвѣтень, по всей вѣроятности, представляетъ дорого стоящій растенію матеріалъ. Поэтому то, во избѣжаніе такой траты, большинство растений приспособлены къ опыленію посредствомъ насѣкомыхъ.

Наблюденіями установлено, что оплодотвореніе пестика пыльцой, взятою изъ того же цвѣтка, даетъ худшій плодъ и менѣе здоровое потомство, чѣмъ оплодотвореніе съ другого цвѣтка. Мало того, существуютъ растенія, у которыхъ самоопыленіе совершенно бесплодно. Поэтому, въ природѣ имѣетъ мѣсто преимущественно перекрестное опыленіе цвѣтовъ, т. е.—пылью другого цвѣтка (того же самаго вида). Это достигается различными путями: посредствомъ насѣкомыхъ, перелетающихъ съ цвѣтка на цвѣтокъ; благодаря тому, что у нѣкоторыхъ цвѣтовъ рыльце развивается позже тычинокъ и, слѣдовательно, можетъ быть оплодотворено цвѣтнемъ только съ другого цвѣтка; наконецъ, самоопыленію препятствуетъ еще то обстоятельство, что есть цвѣты, у которыхъ имѣются или только тычинки, или только пестикъ.

Способъ размноженія, заключающійся въ томъ, что клѣточка одного организма соединяется съ клѣточкой другого, вслѣдствіе чего послѣдняя начинаетъ усиленно дѣлиться и даетъ начало зародышу и новому организму, — называется *половымъ*. Таковымъ, именно, является размноженіе растений посредствомъ цвѣтовъ, а цвѣтокъ, слѣдовательно, есть органъ полового размноженія. Сущность этого способа размноженія одинакова, какъ у растений, такъ и у животныхъ. Организмъ, въ которомъ находится дѣлящаяся послѣ оплодотворенія и дающая начало новому животному или растенію клѣтка, называется женскимъ, а другой организмъ, въ которомъ находятся клѣтки оплодотворяющія, называется мужскимъ. Если же въ одномъ организмѣ находится то и другое, — онъ будетъ обоеполымъ.

Описывая устройство цвѣтка, мы дали только общую схему его. Въ частностяхъ же въ устройствѣ цвѣтовъ различныхъ растений наблюдается много особенностей. Эти особенности касаются, какъ количества отдѣльныхъ частей цвѣтка, такъ ихъ формы и соотношенія. Прежде всего, не всеъ указанные части присутствуютъ въ каждомъ цвѣткѣ, почему различаются цвѣты полные, которыхъ имѣется большинство, и не полные. Уже упомянуто, что могутъ быть цвѣты или только съ тычинками или только съ пестиками; первые называются тычиночными или мужскими, а вторые—пестичными или женскими. При этомъ бываетъ такъ, что или тычиночные и пестичные цвѣты находятся на одномъ растеніи, или же на различныхъ. Въ первомъ случаѣ цвѣты называются однодомными, во второмъ—двудомными. Примѣромъ однодомныхъ служатъ береза, дубъ, осока, кукуруза, у которыхъ мужскіе и женскіе цвѣты образуютъ отдѣльныя соцвѣтія на одномъ и томъ же экземплярѣ; примѣромъ двудомныхъ — ивы, тополи, конопля и друг. Большинство растений имѣютъ, однако, цвѣты не раздѣльнополые, а обоеполые, обладающіе каждый и тычинкой, и пестикомъ.

Несущественныя части цвѣтка, т. е. ихъ покровы—чашечки и лепестки, точно также отсутствуютъ у нѣкоторыхъ цвѣтовъ. Иногда покрововъ совсѣмъ нѣтъ, напримѣръ, у ивъ, тополей и многихъ другихъ древесныхъ растений. Иногда покровы располагаются не въ два ряда, а въ одинъ, который называется околоцвѣтникомъ. Онъ можетъ быть чашечковидный, если состоитъ изъ зеленыхъ листьевъ, или вѣнчиковидный, когда листья его окрашены подобно лепесткамъ; примѣръ перваго представляютъ свекла, конопля, а второго — тюльпанъ, гіацинтъ, лукъ.

Пестикъ въ цвѣткѣ всегда одинъ, другія же части присутствуютъ въ различныхъ цвѣтахъ не въ одинаковомъ числѣ. Чашелистиковъ и лепестковъ большею частью бываетъ по 4 или 5, но бываетъ также по 3, 6 и проч. Число тычинокъ еще болѣе подвержено колебаніямъ. Разсматривая цвѣты, можно видѣть всеъ эти части, въ особенности покровы, самыхъ разнообразныхъ формъ, которыя не будемъ перечислять. Какъ чашелистики, такъ и лепестки могутъ быть или свободными или въ большей или меньшей мѣрѣ сросшимися, почему различаются цвѣты свободнолистные и сростнолистные, свободнолепестные и сростнолепестные. Если въ одномъ и томъ же цвѣткѣ всеъ чашелистики и всеъ

лепестки одинаковы между собою, какъ большею частью бываетъ, то чашечка и вѣнчикъ правильные, а въ противномъ случаѣ неправильные. Тычинки обыкновенно состоятъ изъ нити и пыльника, но въ рѣдкихъ случаяхъ нити нѣтъ, и тогда получается пыльникъ сидячій. Пыльники чаще всего состоятъ изъ двухъ половинокъ—двугнѣздые, но бываютъ одnogнѣздые и четырехгнѣздые. Иногда тычинки сростаются между собою—нитями или пыльниками или съ другими частями цвѣтка. Пестикъ точно также въ различныхъ цвѣтахъ имѣетъ разнообразной формы рыльце, которое обыкновенно находится на столбикѣ, хотя въ рѣдкихъ случаяхъ сидитъ прямо на завязи. Въ пестикѣ можетъ быть одна завязь, въ каковомъ случаѣ онъ называется простымъ, или нѣсколько—и тогда онъ сложный. Завязь можетъ быть одnogнѣздою и многогнѣздою. Въ послѣднемъ случаѣ она раздѣлена перегородками на отдѣльныя полости, заключающія по одному или по нѣсколько яичекъ. Различаются подпестичный, околопестичный и надпестичный цвѣты, смотря по тому, гдѣ прикрѣпляются чашелистики съ лепестками и тычинки—подъ завязью, на одномъ уровнѣ съ нею или на вершинѣ самой завязи.

Разнообразіе цвѣтовъ, на которое мы сдѣлали лишь нѣкоторыя указанія, имѣетъ громадное значеніе въ распредѣленіи растений. Всѣ они систематизируются въ группы—болѣе и менѣе общія: семейства, роды, виды и проч. И въ этомъ случаѣ главное значеніе имѣетъ устройство цвѣтка.

Послѣ оплодотворенія цвѣтка, его завязь, какъ уже упоминалось, постепенно превращается въ плодъ, а остальные части отпадаютъ. Находящіяся внутри завязи яички даютъ помѣщающіяся внутри плодовъ сѣмена. Плоды также бываютъ весьма разнообразные. Смотри по количеству находившихся внутри завязи и развившихся въ сѣмена яичекъ, они бываютъ односѣмянные и многосѣмянные. У нѣкоторыхъ растений стѣнка плода, называемая околоплодникомъ, сочная, а у другихъ—сухая. Соотвѣтственно этому и плоды раздѣляются на сочные и сухіе. Главнѣйшіе виды сочныхъ плодовъ—костянка и ягода. *Костянка* заключаетъ одно сѣмя, а околоплодникъ ея распадается на три слоя: внѣшній даетъ кожицу, средній—мякоть, а внутренній—косточку; таковы плоды вишни, сливы и друг.; плодъ малины—сложная костянка, такъ какъ каждая изъ многочисленныхъ завязей въ цвѣткѣ малины развивается на подобіе вишенки. *Ягода*

отличается отъ костянки тѣмъ, что она многосѣмянная и не имѣетъ косточки; таковы смородина, виноградъ, брусника, барбарисъ и друг. Сухіе плоды бываютъ двухъ родовъ: одни, созрѣвъ окончательно, сами растрескиваются и высыпаютъ свои сѣмена; съ другими же этого не происходитъ. Первые плоды—раскрывающіеся и они обыкновенно бываютъ многосѣмянными; вторые—нераскрывающіеся, односѣмянные. Къ раскрывающимся плодамъ, между прочимъ, принадлежатъ слѣдующіе. *Бобъ*—продолговатый, одnogнѣздый, многосѣмянный плодъ, растрескивающийся по длинѣ на двѣ створки; примѣръ: бобъ, горохъ, акація и др. *Стручекъ*—отличается отъ боба тѣмъ, что онъ имѣетъ внутри перегородку, дѣлящую его на два гнѣздышка; примѣръ: горчица, капуста, рѣдька и др.; въ общежитіи стручкомъ называются и тѣ плоды, которые въ наукѣ именуются бобомъ. *Коробочка*—болѣе или менѣе шарообразный плодъ, раскрывающійся или дырочками при вершинѣ, какъ у мака, или крышечкою, какъ у бѣлены или же растрескивающийся на нѣсколько частей, какъ у льна и т. п. Изъ нераскрывающихся плодовъ наиболѣе распространены слѣдующіе. *Зерновка*—плодъ съ единственнымъ сѣменемъ, сроставшимся съ околоплодникомъ, какъ у овса и другихъ злаковъ. *Сьянка*—отличающаяся отъ зерновки тѣмъ, что сѣмя здѣсь не сростается съ околоплодникомъ; таковъ плодъ подсолнечника. *Орѣхъ* характеризуется деревянистымъ околоплодникомъ, съ однимъ свободнымъ сѣменемъ.

Съ устройствомъ типичныхъ сѣмянъ, заключающихся внутри плодовъ, и ихъ проростаніемъ мы познакомились въ 1-й бесѣдѣ.

Сѣменные или цвѣтковые растения, помимо полового способа размноженія—посредствомъ цвѣтка и получающихся изъ него сѣмянъ,—размножаются еще безполымъ путемъ. *Безполое размноженіе* состоитъ въ томъ, что отъ растений отдѣляются нѣкоторыя части, которыя превращаются въ новый экземпляръ того же растения; таковы корневища, луковичы, клубни, почки, усы. Первые три названные органа, несмотря на то, что они находятся въ почвѣ, относятся не къ корню, а къ стеблю, представляя подземное видоизмѣненіе послѣдняго. Доказательствомъ этому служитъ то, что они, какъ и надземный стебель, покрыты листьями, измѣнившимися только подъ вліяніемъ особыхъ условій существованія. И какъ отъ стебля отходятъ боковые побѣги.

преимущественно изъ пазухи, т.-е. изъ угла образуемаго листомъ и стеблемъ; такъ и отъ названныхъ органовъ изъ подъ видоизмѣненныхъ листьевъ отходятъ побѣги—новыя растенія.

Корневище (Рис. 60) имѣетъ видъ шнурка, растущаго въ землѣ, обыкновенно горизонтально, и покрытаго сверху бурыми чешуйками—видоизмѣненными листьями. Каждый годъ къ осени на переднемъ концѣ корневища являются одна или нѣсколько почекъ, изъ которыхъ на слѣдующую весну развиваются воздушные корни съ листьями.

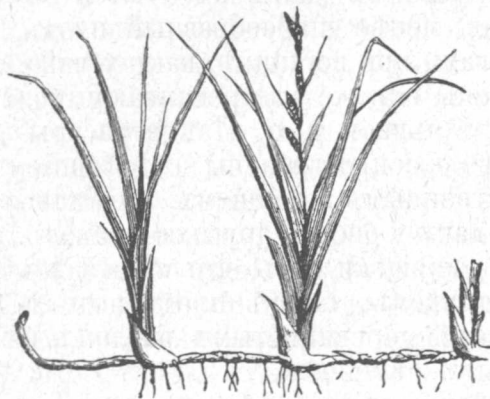


Рис. 60. Корневище осоки.

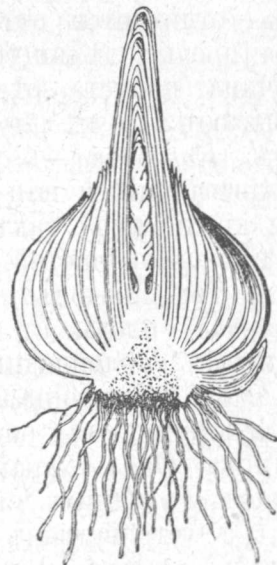


Рис. 61. Луковица гиацинта въ продольномъ разрѣзѣ.

Луковица (Рис. 61) состоитъ изъ многихъ мясистыхъ чешуй—тоже видоизмѣненныхъ листьевъ, которые хорошо можно видѣть на разрѣзѣ. Они сходятся внизу у укороченнаго зачаточнаго стебля, называемаго донцемъ. Между чешуями можно найти маленькія луковички, которыя даютъ начало новому растенію точно такъ же, какъ и большая луковица.

Клубень представляетъ вздутую часть подземнаго стеблеваго побѣга; на клубняхъ картофеля (Рис. 62) всегда можно замѣтить нѣсколько ямокъ, прикрытыхъ чешуевидными пластинками—недоразвитыми листьями. Въ этихъ ямкахъ сидятъ почечки—такъ называемые глазки картофеля.

Каждый такой глазокъ даетъ, при посадкѣ, начало воздушному стеблевому побѣгу, такъ что для полученія одного экземпляра растенія достаточно одного такого глазка; поэтому, сажая картофель въ землю, можно разрѣзать ее на части, но такъ, чтобы въ каждой части былъ глазокъ.

На стеблѣ появляются органы, напоминающіе собою луковицы; это—*почки*, состоящія также изъ чешуй—зачаточныхъ листьевъ, прикрѣпляющихся къ укороченному стеблю. Почки даютъ начало и стеблевымъ побѣгамъ и, если онѣ отдѣляются, самостоятельнымъ растеніямъ. Многія растенія, напримѣръ, земляника и клубника выпускаютъ изъ

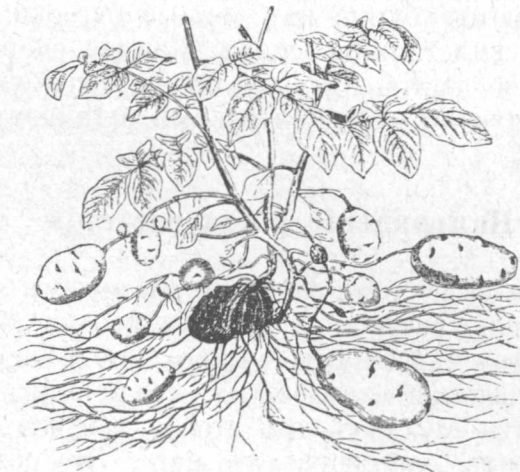


Рис. 62. Картофель съ клубнями

основанія своего стебля стелящіяся по землѣ вѣтки, называемыя *усами*; они укрѣпляются своими корнями и превращаются въ самостоятельныя растенія.

Всеъ указанные способы бесполого размноженія—естественные, практикуемые самой природой. Кромѣ того есть искусственные способы бесполого размноженія, совершающіеся при посредствѣ человѣка. Сюда относится разведеніе растеній черенками, отводками и прививкою. Первый изъ этихъ способовъ состоитъ въ томъ, что отъ растенія отламываютъ вѣтку, обнажаютъ ее отъ листьевъ и втыкаютъ въ землю, которую сильно поливаютъ, пока отъ черешка не появятся свои корни и побѣги. Разведеніе черенками наиболѣе успѣшно идетъ у растеній съ мягкой древесиной—

ивы, тополя, вербы и т. п. При разведении отводками, къ землѣ пригибается вѣтвь растенія, причемъ пригнутое мѣсто засыпается землею. Когда здѣсь образуются свои корни, тогда вѣтку отрѣзаютъ отъ стараго растенія. Прививка—способъ, практикуемый садовниками. Сущность его состоитъ въ томъ, что почку или цѣлый побѣгъ растенія, которое желаютъ размножить, заставляютъ прирости къ стеблю другого растенія.

Растенія низшія или споровыя, какъ уже упоминалось, не цвѣтутъ и взаимнѣ сѣмянъ производятъ споры; таковы папоротники, хвощи, плауны, мхи, водоросли, грибы бактеріи. Напримѣръ, у папоротника на нижней сторонѣ листа появляются бурые или темные бугорки. Это—спорангіи, т. е. вмѣстилища споръ. Каждая спора представляетъ большею частію одну клѣтку, окруженную оболочкой и прорастающую въ самостоятельный организмъ.

Направленіе роста растений.

Наблюдая за ростомъ растеній, мы видимъ общее явленіе, что стебель растетъ кверху, а корень книзу. Естественно возникаетъ вопросъ,—отчего это зависитъ?

Высказывалось предположеніе, что причина этого явленія заключается въ свѣтѣ, что стебли тянутся къ свѣту, а корни, наоборотъ, убѣгаютъ отъ него. Это объясненіе не говоритъ, почему же именно стебли направляются къ свѣту, а корни отъ свѣта; значить, оно не полное. Кромѣ того, это объясненіе и не вѣрно. Если мы посѣемъ сѣмена въ рѣшетѣ и, закрывъ его сверху, повѣсимъ надъ окномъ, то увидимъ, что корни, пройдя чрезъ отверстія рѣшета, будутъ расти внизъ, т. е. къ свѣту; стебли же, несмотря на темноту въ рѣшетѣ, будутъ расти кверху.

Оказывается, что истинная причина направленія роста стебля и корня заключается въ земномъ притяженіи, благодаря которому всѣ тѣла стремятся къ центру земли и потому падаютъ на землю и давятъ на нее. Что корень, вслѣдствіе притяженія земли, растетъ внизъ,—это понятно; но какимъ образомъ, спроситъ читатель, стебель, подъ вліяніемъ того-же притяженія, направляется въ противоположную сторону? Дѣло объясняется главнымъ образомъ особеннымъ свойствомъ покрывающей стебель коры, именно, ея упругостью.

Пусть читатель отрѣжетъ отъ молодого свѣжаго стебля три равныхъ по длинѣ куска, затѣмъ пусть съ одного сниметъ кору, а другой разрѣжетъ по длинѣ на двѣ половинки, какъ показано на рис. 63. Тогда произойдетъ слѣдующее: снятая со стебля кора укоротится противъ куска нетронутого и, слѣдовательно, противъ первоначальной своей длины, а освобожденная отъ коры древесина, наоборотъ, удлинится; по половинки же куска, разрѣзаннаго по длинѣ, изогнутся такимъ образомъ, что вогнутая часть окажется на сторонѣ коры, а выпуклая—на сторонѣ древесины (Рис. 63). Изъ этихъ наблюденій слѣдуетъ, что кора упруга, т. е., что она какъ бы растянута по длинѣ стебля и, дѣйствуя подобно растянутой резинѣ, стремится укоротить и весь стебель. Древесина, отчасти дѣйствительно укорачиваемая благодаря этому, противится дальнѣйшему укорачиванію. Между корою и древесиною, такимъ образомъ, устанавливается взаимное напряженіе. Предположимъ теперь, что, вслѣдствіе земного притяженія, стебель наклонился къ землѣ. Тогда, въ силу того же притяженія, къ нижней сторонѣ стебля начнетъ притекать болѣе питательныхъ соковъ, чѣмъ къ сторонѣ, обращенной вверхъ. Вслѣдствіе этого, кора нижней стороны, по сравненію съ корою верхней стороны, вырастетъ болѣе, т. е.—удлинится; ея напряженность, поэтому, ослабнетъ, такъ что верхняя кора будетъ тянуть стебель сильнѣе и потому заставить его повернуться въ свою сторону, т. е. кверху. Это обстоятельство можно пояснить такимъ опытомъ. Пусть читатель укрѣпитъ какой-либо гибкій пруть на подставкѣ и къ свободному концу прута привяжетъ серединою резиновую нить; затѣмъ пусть возьметъ въ руки оба конца нити на равномъ разстояніи отъ узла и растянетъ концы до основанія прута. Если концы резины будутъ тянуться по двумъ прямо противоположнымъ сторонамъ прута, то онъ не наклонится ни въ ту, ни въ другую сторону, такъ какъ растягиваніе двухъ концовъ будетъ одинаково сильнымъ и напряженіе ихъ, вслѣдствіе этого, будетъ равнымъ. Но если взяться за концы резины не на одинаковомъ разстояніи отъ узла, то, при растягиваніи ихъ до подставки, пруть наклонится въ сторону болѣе короткаго конца, такъ какъ напряженіе его будетъ болѣе силь-

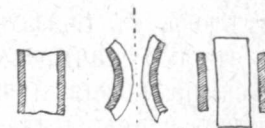


Рис. 63.

нымъ. То же самое, очевидно, должно быть и со стеблемъ, наклоненнымъ къ землѣ, вслѣдствіе удлиненія коры нижней стороны его: онъ долженъ повернуться въ противоположную сторону, т. е. кверху. На помощь корѣ здѣсь является и самъ стебель. Его нижняя сторона, отъ болѣе обильнаго притока питательныхъ соковъ, точно также должна удлиниться болѣе верхней и, вслѣдствіе этого, сама вызвать поворотъ стебля въ обратную сторону—кверху. Такимъ образомъ, притяженіе земли внизъ вызываетъ ростъ стебля въ противоположномъ направленіи—вверхъ. Съ корнемъ же этого не происходитъ потому, что его кора легко растяжима, не имѣетъ упругости, свойственной корѣ стебля. Эта разница зависитъ отъ особенностей строенія той и другой коры. У стеблей покрывающая кору кожица состоитъ изъ клѣтокъ съ болѣе толстыми стѣнками и покрыта упругимъ и трудно смачиваемымъ водою слоемъ кутикулы. Напротивъ, кожица корня имѣетъ клѣтки съ болѣе тонкими стѣнками, легко всасываетъ воду и потому болѣе растяжима, менѣе упруга, чѣмъ кожица стебля.

Это стремленіе растений—расти въ опредѣленномъ направленіи по отношенію къ землѣ (стебля—вертикально вверхъ, а корня—вертикально внизъ)—называется геотропизмомъ. Корень, растущій, по направленію силы тяжести, къ центру земли, обладаетъ геотропизмомъ положительнымъ, а стебель, растущій въ обратную сторону,—геотропизмомъ отрицательнымъ.

На направленіе роста стебля, кромѣ силы тяжести, несомнѣнное вліяніе оказываетъ также и свѣтъ, т. е. солнце. Эта зависимость направленія роста называется геліотропизмомъ. Если наклоненіе происходитъ къ свѣту или въ сторону большаго освѣщенія, то такой геліотропизмъ называется положительнымъ, а въ противномъ случаѣ—отрицательнымъ. Если наблюдать за ростомъ растений, стоящихъ на окнѣ и получающихъ свѣтъ съ одной стороны, то можно видѣть, что почти всѣ стебли обладаютъ положительнымъ геліотропизмомъ, такъ какъ наклоняются къ окну и, будучи перевернуты, вскорѣ принимаютъ прежнее положеніе. Отрицательный геліотропизмъ наблюдается на нѣкоторыхъ корняхъ, если они растутъ въ водѣ, куда проникаютъ солнечные лучи. Свѣтъ оказываетъ также вліяніе на положеніе листьевъ, которые своими листовыми пластинками становятся перпендикулярно къ направленію падающихъ лучей. Такое

положеніе наиболѣе выгодно для листьевъ, такъ какъ даетъ имъ болѣе свѣта, столь необходимаго для образованія и работы хлорофилла.

Ближайшая причина геліотропизма и геліотропическихъ изгибовъ заключается также въ неравномѣрномъ ростѣ. Свѣтъ обыкновенно замедляетъ ростъ, и потому неосвѣщенная или менѣе освѣщенная сторона растетъ сильнѣе хорошо освѣщенной. Почему же свѣтъ оказываетъ на ростъ такое именно дѣйствіе,—на этотъ вопросъ пока еще нѣтъ твердаго отвѣта.

Приспособленіе растений къ условіямъ жизни. Растенія и вода.

Предшествующія бесѣды дали представленіе о жизненныхъ отправленіяхъ, которыя свойственны всякому живому растительному организму. Выполненіе этихъ отправленій самымъ тѣснымъ образомъ связано съ условіями жизни: характеромъ почвы, количествомъ влаги, температурою и проч. Условія могутъ быть достаточно и недостаточно благоприятныя. Растенія живутъ и въ томъ, и другомъ случаѣ, удивительнымъ образомъ приспособляясь къ нимъ. Съ этою замѣчательною способностью растительныхъ организмовъ мы познакомимся на такомъ рѣдкомъ и важномъ примѣрѣ, какъ приспособленіе ихъ къ условіямъ недостаточности и избытка воды въ почвѣ и атмосферѣ.

Вода, какъ мы знаемъ,—необходимое условіе для возможности жизни растений. Она необходима, прежде всего, сама по себѣ, такъ какъ идетъ на образованіе растительнаго тѣла. Кромѣ того, благодаря водѣ, внутри растенія поступаютъ изъ почвы и другія питательныя вещества. Въ твердомъ видѣ ничто не можетъ проникнуть извнѣ въ растительныя ткани. Различныя минеральныя соли только потому всасываются корнями и передаются отъ одной клѣтки къ другой, что онѣ растворены въ почвенной водѣ. Какъ бы ни была богата почва питательными солями, для растенія это ровно ничего не будетъ значить, если въ землѣ въ то же время не окажется влаги.

Но далеко не всѣ растенія живутъ на почвѣ, всегда въ достаточной степени влажной, что свойственно русламъ водныхъ бассейновъ и низменнымъ сырымъ мѣстностямъ. Большинство представителей растительнаго царства, напро-

тивъ, проводить свою жизнь въ отдаленіи отъ источниковъ постояннаго увлаженія почвы. Они питаются только насчетъ той воды, которая посылается имъ съ неба, въ видѣ дождей и росы. Эти же источники въ большинствѣ случаевъ не регулярны и не всегда достаточно обильны. Однако, растенія не погибаютъ при этихъ условіяхъ. Они выработали такія приспособленія, благодаря которымъ бѣдно падающая влага тщательно собирается растительными органами и идетъ на пользу растенія.

У многихъ растеній имѣются приспособленія, направленные къ тому, чтобы падающую на листья влагу доставить къ корню. Для этой цѣли у нѣкоторыхъ видовъ листья вогнуты въ формѣ желобка, покатаго внизъ, по направленію къ черешку, и продолжающагося въ послѣднемъ. Благодаря этому капли воды не остаются на листьяхъ, чтобы испаряться, и не падаютъ беспорядочно на почву, а стекаютъ на стебель и по нему къ центральной части корня. Такое приспособленіе имѣется у тюльпана, дурники, пѣтушника и проч. У нѣкоторыхъ растеній листовыя пластинки не имѣютъ черешковъ, а сами непосредственно обхватываютъ стебель. Будучи обращены свободнымъ краемъ вверхъ, онѣ также проводятъ воду къ стеблю и черезъ него къ корню.

У многихъ высокорастущихъ видовъ только верхніе листья имѣютъ положеніе, приспособленное къ проведенію всей падающей на нихъ воды къ стеблю. У листьевъ же ниже лежащихъ ихъ внутренняя половина образуетъ желобокъ, покатый къ стеблю, а наружная—отогнута кнаружи, куда и стекаетъ съ ней вода. Однако, соотношеніе между выше и ниже лежащими листьями здѣсь такое, что капли, падающія кнаружи отъ стебля, съ наружной половины одного листа, попадаютъ на внутреннюю половину листа ниже лежащаго и по ней стекаютъ уже къ стеблю и корню. Слѣдовательно, и здѣсь падающая изъ атмосферы на растеніе вода не пропадаетъ даромъ, а по возможности вся утилизируется имъ.

Не для всѣхъ растеній жалательно, чтобы влага проводилась къ центральной части корня. У многихъ корень равномерно разрастается на большое пространство, на которое и должна падать вода. Это находимъ, напримѣръ, у большинства нашихъ плодовыхъ и лѣсныхъ деревьевъ. Соотвѣтственно этому здѣсь и листья устроены иначе, и

отношеніе ихъ къ падающей влагѣ другое, именно то, которое и требуется для корней этихъ растеній. Раскинувшись широкою кроною, листья посылаютъ получаемыя ими капли прямо внизъ, благодаря чему почва равномерно увлажняется на всемъ пространствѣ, занятомъ корнями.

У многихъ растеній на листьяхъ имѣются различнаго рода углубленія, предназначенныя для захватыванія воды. Они имѣютъ форму или маленькихъ ямочекъ, или глубокихъ желобовъ и каналовъ, или блюдечъ и чашъ, или же пузыревидно вздутыхъ полостей, на днѣ которыхъ вода не только собирается, но и всасывается.

На нижней сторонѣ листьевъ брусники находятся маленькіе ямочки, съ булавовиднымъ образованіемъ въ срединѣ, тонкостѣнные клѣтки котораго содержатъ слизистое вещество и функционируютъ какъ всасывательные аппараты. Дождевая вода или роса съ верхней поверхности листа переходитъ черезъ край на нижнюю сторону, гдѣ поглощается всасывательнымъ аппаратомъ. Подобное же приспособленіе имѣется на листьяхъ альпійскихъ розъ.

Весьма замѣчательны также всасывающіе аппараты у камнеломокъ (изъ группы *Aizoobia*). На краяхъ листьевъ этихъ растеній при небольшомъ увеличеніи замѣтны маленькія ямочки, находящіяся надъ окончаніями сосудистыхъ пучковъ. Дно каждой ямочки состоитъ изъ клѣтокъ съ весьма тонкими наружными стѣнками, чрезъ которыя всасывается вода, стекающая въ ямочки. Всосанная вода попадаетъ въ сосуды, посредствомъ которыхъ уже распространяется по растенію. Такъ какъ камнеломки обитаютъ на солнечныхъ склонахъ горъ, то при наступленіи засухи тонкостѣнные клѣтки ямочекъ подвергаются опасности засыханія. Чтобы этого не случилось, надъ ямочками имѣются корочки изъ углекислой извести, которыя въ сухую погоду плотно прилегаютъ къ ямочкамъ и тѣмъ предохраняютъ клѣточки отъ чрезмѣрнаго испаренія. Подобные же аппараты, съ известковыми корочками, встрѣчаются и на листьяхъ другихъ растеній.

На листьяхъ нѣкоторыхъ растеній, растущихъ на выжженной почвѣ степей и пустынь, близъ соляныхъ озеръ и на сухихъ побережьяхъ морей, точно также имѣются всасывательныя ямочки, съ тонкостѣнными клѣтками, съ тою разницею, что здѣсь ямочки прикрыты не известковыми, а соляными чешуйками и кристаллами. Защищая днемъ

листья отъ чрезмѣрнаго испаренія, ночью этотъ соляной покровъ притягиваетъ изъ воздуха къ листьямъ влагу, въ которой соль растворяется. Влага эта всасывается растеніемъ.

У нѣкоторыхъ растений имѣются всасывательные аппараты, образовавшіеся превращеніемъ краевыхъ зубцовъ листа. Примѣромъ можетъ служить осина. Она имѣетъ двоякіе листья: развивающіеся на вѣтвяхъ кроны имѣютъ длинные корешки и волнисто-зубчатую круглую пластинку, а листья корневыхъ побѣговъ обладаютъ короткими черешками, треугольной формы, и обращены вверхъ. Падающая на послѣднія вода стекаетъ къ корешку, а какъ разъ на границѣ листовой пластинки съ черешкомъ на этихъ листьяхъ имѣются два блюдцевидныя образованія, происшедшія изъ самыхъ нижнихъ зубцовъ листа, съ тонкостѣнными клѣтками на днѣ. Вода, попадая сюда, всасывается этими клѣтками. Для защиты отъ засухи онѣ выделяютъ сладкое на вкусъ слизисто-смолянистое вещество, предохраняющее отъ испаренія воды. Подобными всасывательными аппаратами, происшедшими изъ зубцовъ листа, снабжены многія высокія травы, особенно изъ группы сложноцвѣтныхъ.

Для удержанія воды на листьяхъ нѣкоторыхъ растений имѣются настоящіе каналы, образующіеся смыканіемъ желобовидныхъ листовыхъ черешковъ. Такъ, на примѣръ, обстоитъ дѣло у ясеня. Листовой черешокъ здѣсь снабженъ желобомъ, края котораго загибаются наверху, по направленію другъ къ другу, и превращаютъ желобъ въ каналъ. Попадшая туда дождевая вода сохраняется тамъ нѣсколько дней, причемъ она всасывается находящимися въ желобкѣ волосковидными клѣтками.

Наконецъ, у многихъ растений среди зеленыхъ листьевъ имѣются цѣльныя чаши, въ которыхъ воды собирается такъ много, что она, не будучи даже ничѣмъ защищена отъ испаренія, застаивается тамъ въ теченіе недѣль или даже мѣсяцевъ. Такъ, у нѣсколькихъ василистниковъ супротивные и смыкающіеся, подобно створкамъ раковины, прилистники образуютъ большія полости, удерживающія воду; у одного вида ворсянки влагалищныя части попарно супротивныхъ листьевъ срослены между собою и образуютъ воронковидныя, сравнительно большія и глубокія чаши, изъ середины которыхъ поднимается слѣдующее междоузлие;

у грушевокъ за зелеными основными листьями слѣдуютъ блѣдныя, которые превращены въ маленькія чаши; у морочки чаша получается вслѣдствіе того, что края листьевъ накладываются одинъ на другой, у многихъ зонтичныхъ растений листовое влагалище каждаго листа раздуто и охватывается, въ видѣ мѣшка, основаніе стоящаго надъ нимъ междоузлія и т. д. Всѣ эти чаши, блюдца и т. п. расположены относительно окружающихъ ихъ частей такимъ образомъ, что дождевая и росная вода приводится къ нимъ съ пластинокъ листьевъ или по поднимающимся изъ ихъ середины междоузліямъ и затѣмъ наполняетъ полость углубленій.

Главная роль воды по отношенію къ растеніямъ заключается, какъ выше сказано, въ томъ, что она, растворяя минеральныя питательныя вещества, даетъ возможность всосать ихъ черезъ корни. Вода же, попадающая въ различныя углубленія на поверхности растенія, съ почвою въ соприкосновеніе не входитъ и потому указанной роли исполнять не можетъ. Какое же назначеніе ея?

Предохраняя растенія отъ засыханія, эта вода имѣетъ въ себѣ также и различныя пищевыя вещества. Въ наполненныя ею большія углубленія вѣтромъ приносятся частицы пыли, земля, пылевыя клѣтки цвѣтовъ и т. п. Случается, что и животныя, преимущественно насѣкомыя, погибаютъ здѣсь. Все это разлагается и растворяется въ водѣ, отчего она получаетъ буроватую окраску. Въ результатъ получаются весьма питательныя, богатые азотомъ, соки, которые всасываются описанными выше органами и идутъ на поддержаніе и ростъ растений. Даже на мѣстахъ, не имѣющихъ недостатка во влагѣ, но бѣдныхъ азотистыми солями, встрѣчаются растенія съ наружными приспособленіями для захватыванія и всасыванія воды и того, что ею приносится. Эти случаи еще болѣе подтверждаютъ, что попадающія въ воду, находящуюся въ чашечкахъ и т. п. растительныхъ органахъ, вещества, особенно азотсодержащія, утилизируются растеніемъ. Въ противномъ случаѣ было бы непонятно, — для чего нужны наземныя приспособленія, захватывающія и всасывающія влагу, растеніямъ, не нуждающимся въ ней.

У растений, живущихъ при обильной влагѣ, каковы болотныя и водныя виды, является противоположная потребность: защититься отъ избытка воды, отъ ея чрезмѣр-

наго проникновенія внутрь тканей, которое оказалось-бы разрушительнымъ для растенія. Для этой цѣли точно также существуютъ разнообразныя приспособленія.

Если у растеній, живущихъ въ сухихъ мѣстностяхъ, листья построены такимъ образомъ, чтобы быть въ состоянїи собирать для растенія скудно падающую влагу, то у растеній водныхъ и болотныхъ находимъ какъ разъ противоположное; здѣсь встрѣчаются листья, удаляющіе, благодаря своей формѣ, падающую на нихъ воду. Классическій примѣръ этого представляетъ тростникъ. Средняя жилка его листьевъ имѣетъ желобокъ, который у основанія листа раздѣляется на двѣ части, идущія налѣво и направо. Эти боковые желобки оканчиваются на листьяхъ, и по нимъ дождевая вода стекаетъ внизъ, не попадая на стебель. Такъ какъ листья тростника обхватываютъ стебель широкимъ влагалищемъ, то создается опасность, что попавшая сюда вода можетъ здѣсь застояться и вызвать гніеніе молодыхъ частей. Чтобы этого не случилось, на поверхности тростника имѣется утолщенная кожица, чрезъ которую вода проникнуть не можетъ. Это приспособленіе довольно распространено для водныхъ растеній. Чтобы внутрь растительныхъ тканей не могла проникнуть та вода, въ которой находится тростникъ, на его поверхности, какъ и у другихъ водныхъ растеній, имѣется густое войлочное сплетеніе короткихъ волосковъ; оно, подобно тому, какъ это встрѣчается у водныхъ насѣкомыхъ, содержитъ воздухъ, препятствующій проникновенію воды.

Такимъ же способомъ болотныя и водныя растенія защищаются отъ капель росы. На нижней поверхности ихъ листьевъ, гдѣ преимущественно осѣдаетъ роса, имѣются сплетенія изъ волосковъ. Капли воды, держась на острыхъ кончикахъ послѣднихъ, не касаются устьицъ. Онѣ, поэтому, не могутъ проникнуть внутрь растенія и даже не препятствуютъ испаренію влаги чрезъ устья.

Весьма многія другія водныя растенія, напримѣръ ситниковыя, осоковыя и нѣкоторые виды ивовыхъ, защищаются отъ влаги посредствомъ восковыхъ налетовъ, къ которымъ вода не пристаетъ точно также, какъ къ смазанымъ жиромъ крыльямъ водяныхъ птицъ.

Водныя растенія болѣе другихъ нуждаются въ испареніи находящейся внутри ихъ воды, между тѣмъ чрезъ части, скрытыя подъ водою и соприкасающіяся съ нею,

испаренія быть не можетъ. Въ противовѣсъ этому явилось такого рода приспособленіе: на плавающихъ по водѣ листьяхъ устья, чрезъ которыя и совершается испареніе, находятся не на нижней поверхности листовой пластинки, гдѣ сосредоточена большая часть ихъ у наземныхъ растеній, а на верхней. Чтобы чрезъ обращенныя вверхъ устья не могла попасть внутрь водныхъ растеній дождевая вода, поверхность листьевъ оказывается въ высшей степени гладкою, такъ что дождевыя капли весьма быстро съ нея стекаютъ.

Если не дождь, то, повидимому, большія волны должны покрывать листья водныхъ растеній и насыщать ихъ излишнею влагою. Однако, и противъ этого есть защита. Стебли такихъ растеній длинны, искривлены и весьма растяжимы. Благодаря этому листья, во время волнъ, поднимаются кверху и всегда остаются надъ поверхностью воды. А гдѣ имѣется большое скопленіе водныхъ растеній съ большими листовыми пластинками, плавающими по водѣ, примѣръ чего представляютъ водныя лиліи, лягушечникъ и т. п., тамъ и волненія большого быть не можетъ. По законамъ физики, волны ослабляются легкими и обладающими большою поверхностью предметами, плавающими по водѣ.

Прекрасный примѣръ приспособленія къ водной средѣ представляетъ знаменитая своими громадными листьями царственная викторія (*Victoria regia*). Эти листья, лежащія нижнею поверхностью на водѣ, загнуты своими краями кверху, подъ прямымъ угломъ, на ширину ладони или даже болѣе. Благодаря этому вода, на которой находятся листья, не можетъ попасть на ихъ поверхность. Дождемъ же образовавшаяся такимъ путемъ чаша обыкновенно не заливается, такъ какъ это растеніе растетъ въ тропическихъ странахъ, и его листья развертываются въ такое время, когда дождей не бываетъ.

Если бы подобный большой листъ оказался подъ водою, то онъ скоро былъ бы разорванъ, такъ какъ большія листовыя пластинки не могутъ противустоять всестороннему давленію воды. Поэтому растенія подводныя, а въ особенности растущія въ текучей водѣ и увлекаемыя теченіемъ подъ ея поверхность, имѣютъ листья иначе устроенные. Здѣсь листовыя пластинки—или маленькія, или изрѣзанныя, или же длинныя, но узкія, въ видѣ ленты. Послѣдняя

форма въ особенности пригодна для текущей воды. Лентообразныя листья, располагаясь по теченію и имѣя жилки расположенными по длинѣ листовой пластинки и, слѣдовательно, тоже по теченію, колеблются и изгибаются водою, но не разрываются ею.

Если бы корни водныхъ растений обладали такою же значительною всасывательною силою, какъ и земныя, то, при избыткѣ окружающей ихъ влаги, они проводили бы ее въ ткани болѣе, чѣмъ требуется растенію. Эта опасность устраняется особымъ приспособленіемъ. Подводные корни почти лишены корневыхъ волосковъ и потому служатъ растенію болѣе для прикрѣпленія, чѣмъ для всасыванія воды. Растенія плавающія или не имѣютъ корней, а снабжены только замѣняющими ихъ корневидными листьями, или же имѣютъ корни упрощенные, не покрытые обиліемъ корневыхъ волосковъ и способные всасывать воду только весьма медленно.

Для дыханія растений требуется воздухъ, который не можетъ имѣть свободнаго доступа въ растеніе на мѣстахъ соприкосновенія его съ водою. Въ виду этого въ тканяхъ водныхъ растений имѣется много межклеточныхъ ходовъ и воздушныхъ полостей. Воздухъ, попадающій въ растеніе чрезъ устьица верхней стороны листа, свободно затѣмъ распространяется по всему растенію. Присутствіе такихъ воздушныхъ полостей важно еще и въ механическомъ отношеніи, такъ какъ увеличиваетъ способность противустоять давленію со стороны воды и разрыву.

Весьма интересныя защитныя приспособленія наблюдаются также у цвѣтовъ водныхъ растений. Надъ наземными растеніями легко можно наблюдать, что для распуски цвѣтка требуется солнце, что дождь и роса вредны для него, такъ какъ вода смываетъ цвѣтневую пыльцу, назначенную для оплодотворенія. Это хорошо извѣстно садовникамъ и огородникамъ, получающимъ мало плодовъ и терпящимъ убытки, если въ періодъ цвѣтенія ихъ садовъ и огородовъ идутъ обильные дожди. Обращаясь къ воднымъ растеніямъ, мы находимъ, что, за немногими исключеніями, обусловленными особыми приспособленіями, они цвѣтутъ надъ водою, хотя бы плодъ созрѣвалъ подъ водою. У валлиснеріи (*Vallisneria spiralis*) мужскіе цвѣты образуются подъ водою, но они затѣмъ раскрываются и всплываютъ на поверхность воды къ женскимъ цвѣтамъ,

оплодотворяя ихъ высыпавшейся пылью. У нѣкоторыхъ растений цвѣты распускаются въ наклонномъ положеніи, такъ что дождь не можетъ проникнуть внутрь ихъ; у другихъ наклоненіе происходитъ предъ самымъ наступленіемъ дождя, а если стебель не гибкій, то вмѣсто наклоненія происходитъ замыканіе цвѣточной чашечки.

Всѣ эти цѣлесообразныя явленія не говорятъ, конечно, о какой-либо сознательной дѣятельности цвѣтовъ, а объясняются чисто механическими причинами. Дождю обыкновенно предшествуетъ вѣтеръ, который приводитъ въ движеніе цвѣтокъ и растеніе, раздражаетъ растительныя ткани и вызываетъ ихъ сокращеніе. Что это такъ, можно убѣдиться простымъ опытомъ: достаточно прикоснуться рукой или палкой къ цвѣтамъ, обладающимъ способностью наклоняться, или закрываться предъ дождемъ, чтобы они продѣлали то же самое.

При сравненіи растительнаго міра съ животнымъ, на первый взглядъ можетъ показаться, что растенія, какъ лишенные способности передвиженія и активной борьбы со всякаго рода врагами и неблагоприятными условіями, обижены природой. На самомъ же дѣлѣ это далеко не такъ. Обдѣливъ флору одними преимуществами, природа выработала здѣсь столь разнообразныя и цѣлесообразныя приспособленія къ окружающей средѣ, что жизнеспособность растений стоитъ не только не ниже, но даже выше жизнеспособности животныхъ. Всѣ эти приспособленія открываются лишь при внимательномъ изученіи жизни растений и ихъ отношеній къ окружающему міру. Приведенныя данныя о способахъ защиты растений противъ сухости и чрезмѣрной влажности являются однимъ изъ самыхъ наглядныхъ подтвержденій существованія такихъ дивныхъ приспособленій.

Осенняя листва и осенній листопадъ.

Въ странахъ холоднаго и умѣреннаго поясовъ мы находимъ замѣчательное приспособленіе растений къ условіямъ неблагоприятнаго времени года — осени и зимы. Хотя растенія сбрасываютъ свою листву и кажутся какъ бы погибшими, тѣмъ не менѣе они, за исключеніемъ однолѣтнихъ травъ, остаются живыми и, съ наступленіемъ

весны, снова покрываются листвою. Съ этими явленіями такъ называемыхъ сезонныхъ приспособленій мы и познакомимся въ двухъ слѣдующихъ бесѣдахъ.

Осенью, прежде чѣмъ сбросить съ себя пышный зеленый покровъ и погрузиться въ безпробудный зимній сонъ, наши лиственные лѣса и сады переиначиваютъ цвѣтъ своего наряда. На мѣсто монотонной лѣтней окраски, пріѣвшей уже для нашего глаза, выступаетъ большое разнообразіе весьма яркихъ тоновъ.

Всѣ цвѣта радуги можно наблюдать на листьяхъ нашихъ деревьевъ и кустарниковъ. Листья грабовъ, кленовъ и бѣлоствольныхъ березъ становятся свѣтло-желтыми, дубовъ — буровато-желтыми, вишни, рябины и барбариса — пунцово-красными, черемухи — пурпуровыми, бирючины и брежеле — фіолетовыми, осины — оранжевыми, серебристыхъ топей и ивы — бѣлыми и сѣрыми, ольхи — мутнаго бурозеленаго оттѣнка, а листья буковъ представляютъ всѣ переходы отъ желтовато-краснаго къ буро-красному цвѣту и т. п. Въ особенности чарующее впечатлѣніе производитъ это разнообразіе цвѣтовъ, когда они сочетаются въ одномъ общемъ ландшафтѣ. Такія картины наблюдаются въ смѣшанныхъ лѣсахъ сѣвернаго умѣреннаго пояса. Съ ихъ осеннею красотою едва ли можетъ сравниться прелесть красокъ тропическаго лѣса, о которыхъ обыкновенно ходятъ преувеличенные рассказы.

Осенняя переиначка окраски листьевъ не ограничивается только деревьями и кустарниками, но простирается и на низкорослыя травы. Въ лѣсистыхъ мѣстностяхъ онѣ очень мало обращаютъ на себя вниманіе, скрываясь за крупными древесными породами, и лишь изрѣдка придаютъ осеннему пейзажу характерную черту. Но иное дѣло тамъ, гдѣ высокоствольныхъ деревьевъ совсѣмъ нѣтъ, и первенствующую роль играютъ именно низкорослыя травы; таковы области арктической флоры, а въ особенности высокія горы, поднимающіяся выше границы лѣсовъ. Листва небольшихъ травъ и полукустарниковъ и, въ особенности, карликовыхъ кустарниковъ, образующихъ мохнатыя ковры, пріобрѣтаетъ красные, фіолетовые и желтые тоны со всѣми переходными оттѣнками, не уступающіе въ яркости живымъ цвѣтамъ. Въ то время, какъ листья голубицы принимаютъ фіолетовый оттѣнокъ, черника одѣвается въ ярко-красный цвѣтъ, альпійская толокнянка пріобрѣтаетъ по-

разительно яркую пурпуровую окраску и проч. Съ получившими осеннюю окраску растеніями переиначены вѣчно-зеленыя породы, преимущественно хвойныя, столь обильныя въ арктическихъ и горныхъ странахъ. Наконецъ, къ этому ландшафту присоединяются бѣлые и сѣрые лишай, напримѣръ, такъ называемый олений и исландскій мохъ, кажущіеся осенью бѣлыми полосами и пятнами на красномъ, фіолетовомъ и желтомъ фонахъ. Въ особенности изящно раскрашиваются осенью Альпы. Туристъ, восхищавшійся ими въ лѣтнее время, еще далеко не можетъ составить понятіе о той роскошной картинѣ, которая открывается здѣсь осенью.

Гдѣ же кроется причина осенней переиначки въ окраскѣ листьевъ и какой смыслъ этого явленія? Представляетъ ли все это разнообразіе цвѣтовъ лишь случайную игру природы, ласкающую нашъ взоръ, но не имѣющую значенія для самой флоры, или же растенія извлекаютъ какую-либо выгоду изъ своего причудливаго осенняго наряда?

Что касается происхожденія осеннихъ цвѣтовъ листьевъ, то оно проще всего объясняется для желтаго цвѣта, наиболѣе распространеннаго въ осеннемъ колоритѣ. Мы уже знаемъ, что обычная лѣтняя зеленая окраска листьевъ зависитъ отъ присутствія въ ихъ клѣткахъ мелкихъ зеренъ, болѣею частью полуволнообразной формы, извѣстныхъ подъ именемъ хлоропластовъ, которые бываютъ пропитаны зеленымъ пигментомъ — хлорофилломъ. Теперь дополнимъ, что хлорофиллъ находится въ хлоропластахъ не одинъ, а въ смѣси съ желтымъ пигментомъ — *ксантофилломъ* и оранжевымъ — *каротиномъ*, которые, однако, лѣтомъ не замѣтны, такъ какъ маскируются хлорофилломъ. Всѣ эти пигменты образуются только при свѣтѣ, но хлорофиллъ въ то же время и разрушается яркимъ свѣтомъ. Лѣтомъ, при нормальныхъ условіяхъ, процессъ новообразованія зеленаго пигмента не отстаетъ отъ процесса разрушенія его, почему листья все время сохраняютъ зеленую окраску. Осенью же новообразованію хлорофилла препятствуютъ низкія температуры воздуха, которыя дѣйствуютъ сильно подавляющимъ образомъ на его возникновеніе. Такимъ образомъ, предъ листопадомъ зеленый пигментъ разрушается весь, а желтый и оранжевый пигменты, замаскированные ранѣе хлорофилломъ, выступаютъ во всей своей красѣ, и листъ принимаетъ золотисто-желтую окраску.

Иначе обстоит дѣло съ краснымъ, синимъ и другими осенними цвѣтами листы. Здѣсь разрушеніе хлорофилла идетъ обычнымъ путемъ, но сюда присоединяется еще образование новаго красящаго пигмента, примѣшивающагося къ каротину и ксантофиллу. Доказать это легко. Если взять красный, напримѣръ, листь и прокипятить его въ водѣ, то онъ сдѣлается зеленымъ или желтымъ, смотря по тому, какъ далеко ушелъ процессъ разрушенія зеленого пигмента. Горячая вода убьетъ клѣточки листа; красный пигментъ, растворенный въ клѣточномъ сокѣ, перейдетъ вслѣдствіе этого въ воду; хлорофиллъ же, не маскируемый болѣе ничѣмъ, а если онъ уже разрушенъ, то каротинъ и ксантофиллъ,—вступятъ теперь въ свои права.

Все красящія пигменты, примѣшивающіеся къ хлорофиллу, каротину и ксантофиллу, извѣстны подъ общимъ названіемъ антоціана. Въ настоящее время нельзя еще рѣшительно сказать, представляет ли онъ вездѣ одно и то же вещество или различное. Весьма вѣроятно, что красящее вещество всегда одно и то же, разнообразіе же цвѣтовъ его зависитъ отъ присутствія или отсутствія въ клѣточномъ сокѣ кислоты. Если она имѣется, то цвѣтъ получается красный, а въ противномъ случаѣ—синій. Степень же кислотности сока, количество антоціана и сочетаніе его съ другими постоянными пигментами листа производятъ все разнообразіе оттѣнковъ между желтымъ, краснымъ, синимъ и зеленымъ цвѣтами. Антоціанъ появляется въ растеніяхъ не только осенью, но и въ другія времена года, хотя далеко не въ столь значительномъ размѣрѣ; часто встрѣчается онъ въ молодыхъ росткахъ; ему же обязана окраска цвѣтовъ.

Откуда берется антоціанъ? Было высказано предположеніе, что онъ является продуктомъ хлорофильныхъ зеренъ растенія. Но съ этимъ едва-ли можно согласиться. Антоціанъ часто встрѣчается у паразитовъ, т.-е. у растеній, лишенныхъ хлорофилла. У зеленыхъ же растеній онъ встрѣчается въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ хлорофилла мало, именно вдоль жилокъ листьевъ, въ черешкахъ, травянистыхъ стебляхъ, а также въ цвѣтахъ и плодахъ. Отсюда очевидно, что антоціанъ является совершенно самостоятельнымъ, независящимъ отъ хлорофилла пигментомъ.

Для растеній присутствіе антоціана далеко не безразлично. Онъ имѣетъ отношеніе къ передвиженію органи-

ческихъ веществъ по растительнымъ органамъ, въ особенности изъ листьевъ, гдѣ органическіе продукты, благодаря дѣятельности хлорофилла, готовятся, въ другія части. Роль антоціана заключается, по всей вѣроятности, въ томъ, что онъ, задерживая лучи солнца, вредные для этихъ веществъ, предохраняетъ ихъ отъ разрушенія. За это мнѣніе говоритъ тотъ фактъ, что антоціанъ развивается преимущественно въ болѣе освѣщенныхъ мѣстахъ, передвиженіе же органическихъ веществъ происходитъ въ равной мѣрѣ и въ затѣненныхъ частяхъ и въ болѣе свѣтлыхъ. Очевидно, антоціанъ, затѣняя лежащія подъ нимъ растительныя клѣтки, замѣняетъ собою тѣнь. Части растенія, густо опушенные волосками, не нуждаются въ этой помощи антоціана, почему онъ въ нихъ и не развивается. При проростаніи сѣмянъ происходитъ большое передвиженіе запасныхъ питательныхъ веществъ къ быстро возрастающему проростку; поэтому здѣсь постоянно появляется антоціанъ, впоследствии совершенно или отчасти исчезающій. У нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ у липаевъ, антоціанъ является предохранительнымъ веществомъ и для хлорофилла. Разъ красящаго вещества нѣтъ, хлорофиллъ въ скоромъ времени разрушается солнечными лучами. Въ мѣстахъ горныхъ, гдѣ солнечные лучи оказываютъ гораздо большее вліяніе, антоціанъ также развивается въ болѣемъ количествѣ. Это доказано опытами посадки одного и того же растенія на различныхъ высотахъ.

Какъ же примѣнить указанную роль антоціана къ осеннимъ, уже отмирающимъ листьямъ, гдѣ онъ появляется въ гораздо большей степени? Въ этихъ листьяхъ передвиженіе веществъ совершается въ громадномъ размѣрѣ, и потому для антоціана здѣсь открывается весьма широкое поле дѣятельности. Дѣло въ томъ, что осенью изъ листьевъ, прежде чѣмъ они опадутъ, самыя цѣнные для растенія части уходятъ во внутреннія болѣе безопасныя мѣста. Такъ, запасныя питательныя вещества, приготовляемыя растеніемъ въ листьяхъ, благодаря дѣятельности хлорофилла, именно, крахмалъ, сахаръ, жиры и т. д., предъ началомъ листопада уходятъ въ древеснистыя вѣтви, въ подземныя корневища и луковицы и откладываются тамъ въ такихъ мѣстахъ, гдѣ они могутъ безъ вреда выдержать и зимній морозъ, и лѣтнюю засуху. Даже протоплазма растительныхъ клѣтокъ—и та большею частью переселяется

изъ отпадающихъ частей, чтобы въ будущемъ строительномъ сезонѣ пригодиться на новую строительную работу растенія. Вотъ въ виду этого-то экстраординарнаго процесса передвиженія веществъ въ листьяхъ предъ наступающимъ холоднымъ временемъ года, на ихъ осеннюю окраску и слѣдуетъ смотрѣть, какъ на важное приспособительное явленіе. Оно гарантируетъ сохранность органическимъ веществамъ, перебирающимся на зимнюю квартиру. Хлорофиллъ не спасается антоціаномъ, такъ какъ не выноситъ низкой температуры. Но въ немъ теперь и нужды нѣтъ. Зимой процесса образованія новыхъ органическихъ продуктовъ быть не можетъ, весною же хлорофиллъ легко возникаетъ вновь.

У растений съ желтою осеннею листвою нѣтъ другихъ красящихъ пигментовъ, кромѣ каротина и ксантофилла. Тѣмъ не менѣе, вспомогательное защитное вещество и здѣсь развивается. Иногда его скопляется очень много, но оно безцвѣтно, почему не замѣтно для глаза и не вліяетъ на окраску листвы.

За измѣненіемъ окраски листьевъ слѣдуетъ ихъ опаденіе—*осенній листопадъ*.

На грустные размышленія наводитъ картина листопада. Глядя на нее, кажется, что стихійныя силы мертвой природы побѣждаютъ живой растительный миръ, что, теряя свои листья, деревья обнаруживаютъ крайнюю слабость, полную неподготовленность и незащитность въ борьбѣ съ неблагоприятными условіями холоднаго времени года. Ближайшее знакомство съ дѣломъ показываетъ, однако, что этотъ пессимизмъ напрасенъ. Не незащитными встрѣчаются наши многолѣтнія растенія съ невзгодами осени и зимы, а наоборотъ—во всеоружіи многихъ приспособленій, благодаря которымъ даже послѣ самыхъ суровыхъ зимъ деревья и кустарники оживаютъ какъ ни въ чемъ не бывало. Самымъ важнымъ изъ этихъ приспособленій и оказывается осенній листопадъ. Онъ представляетъ не столько проявленіе побѣды осени надъ флорой, сколько военный маневръ этой послѣдней—маневръ, благодаря которому растенія въ концѣ концовъ и выходятъ побѣдителями. Въ чемъ же дѣло?

Теряя листья, растеніе тѣмъ самымъ спасается отъ засыханія, которое повело бы къ неминуемой гибели. Листья представляютъ громадную поверхность испаренія

для содержащейся въ растеніи влаги. Въ теплое время года эта убыль влаги пополняется равномерно притокомъ ея изъ почвы, откуда она всасывается корнями. Но съ охлажденіемъ почвы всасывательная дѣятельность корневыхъ волосковъ падаетъ; она понижается настолько, что, хотя и испареніе влаги листьями, вслѣдствіе низкой температуры, тоже уменьшается, тѣмъ не менѣе, потеря воды растеніемъ теперь не можетъ уже возмѣщаться. Это несомнѣнно доказывается слѣдующими опытами. Если охладить до немногихъ градусовъ выше нуля почву, въ которой посажены растенія съ листьями, усиленно испаряющими влагу, какъ-то: дыня, табакъ и т. п., то листья скоро завянутъ, засохнутъ, побурѣютъ и въ концѣ концовъ почернѣютъ. Это неизбѣжно произойдетъ даже въ томъ случаѣ, если температура воздуха, а также влажность его и почвы останутся совершенно благоприятными для испытываемыхъ растеній. Очевидно, происшедшее при такихъ условіяхъ засыханіе листьевъ нельзя отнести ни къ чему другому, какъ только къ охлажденію почвы и связанному съ нимъ ограниченію притока влаги въ растеніе. Съ деревьевъ листья падаютъ еще прежде, чѣмъ они высохнутъ окончательно, и прежде, чѣмъ уменьшеніе влаги во всѣхъ остальныхъ частяхъ растенія подвергнетъ жизнь его опасности.

Утрачивая листья, растенія теряютъ много органическаго вещества, надъ образованіемъ котораго имъ пришлось трудиться нѣсколько мѣсяцевъ. Поэтому, естественно возникаетъ вопросъ: не слишкомъ ли расточительныя мѣры примѣняются растеніемъ для сохраненія въ немъ влаги? Такъ какъ наиболѣе цѣнныя части листа удаляются изъ него, какъ мы видѣли, въ болѣе безопасныя мѣста, то расточительность эта далеко не такъ значительна, какъ кажется съ перваго взгляда.

Нельзя, конечно, не признать, что большее или меньшее количество веществъ, нужныхъ растенію, составляющихъ хотя бы оболочку растительныхъ клѣтокъ, утрачивается во время листопада. Но зато растеніе пользуется этимъ случаемъ для того, чтобы вмѣстѣ съ нужнымъ матеріаломъ удалить и негодные продукты. Къ концу лѣта въ листьяхъ накапливается большое количество красивыхъ кристалловъ щавелево-кислой извести. Это вещество образуется при синтезѣ бѣлковыхъ соединений, но оно представ-

ляетъ ненужный продуктъ обмѣна. Растеніе тяготеетъ имъ, какъ отбросомъ, выдѣленнымъ изъ круговорота веществъ, и потому, удаляя его вмѣстѣ съ листьями, оно тѣмъ самымъ избавляется отъ ненужной обузы. Въ виду этого, на осенній листопадъ можно смотрѣть и какъ на выдѣлительную функцію растенія, совершающуюся разъ въ годъ, но зато въ грандіозномъ масштабѣ.

Наконецъ, на отбрасываемыя части, хотя бы среди нихъ были нужныя растенію, нельзя смотрѣть, какъ на безвозвратно погибшія. Падая на почву и разлагаясь здѣсь, онѣ идутъ на удобреніе ея и, въ видѣ питательныхъ соковъ, возвращаются въ то же самое растеніе. При этомъ полезными оказываются даже тѣ продукты, которые удаляются растеніемъ за ненадобностью: щавелево-кислая известь является источникомъ известкового удобренія, столь важнаго для успѣшнаго роста.

О томъ, что осенній листопадъ какъ средство для достиженія указанныхъ цѣлей, не можетъ быть признанъ черезчуръ расточительною мѣрой, не приходится говорить уже потому, что въ теченіе зимы листья все равно не сохранились бы. Они были бы убиты морозами, и дереву, съ наступленіемъ весны, все равно пришлось бы озаботиться развитіемъ новаго листовеннаго наряда. Кромѣ того, съ выпаденіемъ снѣга листья послужили бы источникомъ немалыхъ бѣдствій для растенія. Деревья и кустарники съ широкими листовыми пластинками, каковы чинары, клены, липы, буки, вязы и друг., не въ состояніи вынести давленія лежащаго на этихъ пластинкахъ снѣга. Иногда случается, что густой снѣгъ начинаетъ падать несвоевременно: осенью до листопада, или позднюю весною, когда пластинки молодыхъ листьевъ уже достигли порядочной величины. Въ такихъ случаяхъ снѣгъ, къ ужасу хозяевъ, причиняетъ громадныя опустошенія; широколистые кусты прибиваются къ землѣ, сучья толщиною въ руку и даже могучіе стволы ломаются и т. п. Но такія опустошенія повторялись бы ежегодно въ мѣстностяхъ со снѣжною зимою, если бы растенія не теряли здѣсь своевременно своихъ листьевъ.

Въ результатѣ несомнѣнно, что жертва, приносимая растеніями во время листопада, не велика, и въ особенности она ничтожна по сравненію съ достигаемыми этимъ путемъ выгодами, изъ которыхъ самою главною является

сохраненіе внутри растенія влаги и предохраненіе его отъ окончательнаго засыханія.

Въ чемъ же лежатъ причины осенняго листопада? Достигаемая растеніемъ, благодаря ему, выгода не можетъ, конечно, служить отвѣтомъ на этотъ вопросъ, такъ какъ нельзя надѣлать растеніе сознаниемъ и думать, что оно умышленно дѣлаетъ то, что ему полезно. Выгода и цѣлесообразность листопада есть результатъ приспособленія къ окружающей средѣ, достигнутаго въ теченіе многихъ вѣковъ путемъ сложныхъ біологическихъ соотношеній, но ближайшая причина его другая. Гдѣ же она?

Очень распространено мнѣніе, будто главною причиною листопада являются первые морозы. Въ основѣ этого мнѣнія лежитъ наблюденіе, что за холодными ночами, часто случающимися у насъ въ октябрѣ, когда температура опускается ниже нуля, въ ранніе часы дня съ деревьевъ обыкновенно спадаетъ массаи листва. Что морозъ вліяетъ на сбрасываніе растеніями своихъ листьевъ, этого, въ виду указанныхъ фактовъ, нельзя отрицать. Однако, не онъ служитъ ближайшею, непосредственною причиною листопада. Это слѣдуетъ изъ того, что листопадъ не начинается въ августъ, если растенія подвергать тогда температурѣ ниже нуля. Наоборотъ, у большинства листовенныхъ деревьевъ онъ происходитъ осенью даже и въ томъ случаѣ, если въ теченіе ея совсѣмъ не было морозовъ.

Предложено еще такое объясненіе. Главною причиною листопада считается относительно большая влажность атмосферы въ осеннее время и связанное съ этимъ уменьшенное испареніе влаги листьями, а слѣдовательно—уменьшенный притокъ ея въ растеніе изъ почвы. Дѣло въ томъ, что почвенная влага, т. е. вода съ растворенными въ ней минеральными веществами, всасываемая корнями, какъ мы уже знаемъ, содержитъ необходимый для растенія питательный матеріалъ. Изъ него и изъ углекислаго газа воздуха растеніемъ образуются всѣ органическія вещества. Если прекратить доступъ этого матеріала, то и синтеза органическихъ продуктовъ быть не можетъ. Главная причина того, что минеральные соки безпрестанно поступаютъ въ растеніе, является испареніе воды листьями. Вѣдствіе испаренія въ сосудахъ должна бы образоваться пустота, но, благодаря давленію атмосферы, она не образуется, а заполняется все новою и новою влагою, содер-

жащеюся въ почвѣ. Вода испаряется, а то, что въ ней растворено, остается въ растеніи, и такимъ образомъ, вслѣдствіе непрерывнаго испаренія воды чрезъ листья, въ растеніе непрерывно поступаютъ все новыя и новыя порціи минеральныхъ веществъ. Необходимымъ же условіемъ для испаренія листьями влаги является то, чтобы воздухъ не былъ насыщенъ ею. Но осенью это условіе какъ разъ отсутствуетъ, такъ какъ количество водяныхъ паровъ, содержащихся въ атмосферѣ, достигаетъ или почти достигаетъ своего предѣла. Вслѣдствіе этого сокращается испареніе, а съ тѣмъ вмѣстѣ притокъ минеральныхъ веществъ въ растеніе и, значитъ, образованіе въ немъ новыхъ органическихъ продуктовъ. Это обстоятельство прежде всего отражается на самыхъ нѣжныхъ частяхъ, т. е. на листьяхъ, почему они и опадаютъ.

Это объясненіе красиво, но оно не оправдывается фактами. Въ дѣйствительности оказывается какъ разъ наоборотъ: листва функціонируетъ и остается долѣе тамъ, гдѣ какъ почва, такъ и воздухъ показываютъ болѣшую влажность. Въ тѣнистыхъ, сырыхъ лѣсныхъ ущельяхъ остаются зелеными не только папоротники, но даже листья березъ, буковъ и ясеней въ то время, какъ здѣсь же рядомъ, на сухомъ открытомъ холмѣ, побурѣвшая листва уже давно попадала съ этихъ деревьевъ на засохшія вайи папоротниковъ. Если сравнить между собою отдѣльныя деревья, то оказывается, что какъ разъ у тѣхъ изъ нихъ, у которыхъ листья испаряютъ менѣе влаги, осенній листопадъ или позже наступаетъ, напримѣръ у дуба, или же совсѣмъ отсутствуетъ, какъ у хвойныхъ. Особенность листьевъ послѣднихъ заключается въ томъ, что они покрыты наиболѣе толстымъ слоемъ кутикулы, т. е. оболочкой, пропитанной особымъ веществомъ, сообщающимъ ей значительную непроницаемость. Благодаря ей наши сосны и ели расходуютъ сравнительно небольшое количество воды. У дуба кутикула развита менѣе, чѣмъ у хвойныхъ, но болѣе, чѣмъ у другихъ нашихъ лиственныхъ деревьевъ. Если энергію испаренія воды листьями у различныхъ деревьевъ выразить въ цифрахъ и принять ее для липы за 100, то она въ среднемъ выразится: для бука—71, клена—64, ели—19 и сосны—16.

Если, несмотря на низкую энергію испаренія воды у хвойныхъ деревьевъ, они образуютъ органическія вещества,

растутъ развиваются и даже не теряютъ осенью своей листвы, то отсюда слѣдуетъ, что медленность тока воды чрезъ растеніе совсѣмъ не имѣетъ того значенія, какое придаетъ ей приведенное выше объясненіе и, въ частности, главною причиною листопада она служить не можетъ. Дѣло обстоитъ, очевидно, какъ разъ наоборотъ: хвойныя деревья не подвержены листопаду потому, что у нихъ черезчуръ малое испареніе, а другія подвержены, такъ какъ у нихъ испареніе сравнительно большое. Воздухъ осенью далеко не всегда и не вездѣ насыщенъ влагою, и съ этой стороны для испаренія воды листьями, хотя бы и уменьшеннаго, полного препятствія нѣтъ.

Какимъ же образомъ осеннее испареніе воды листьями ведетъ къ листопаду, если весною и лѣтомъ оно не имѣло такого значенія? Причина, очевидно, въ томъ, что—какъ указано въ началѣ—осенью, вслѣдствіе охлажденія почвы, сильно падаетъ всасываніе влаги корнями растенія. Убыль влаги теперь превышаетъ притокъ ея, дерево начинаетъ сохнуть, отчего листья обмираютъ и отваливаются. Упавъ отъ уменьшенія необходимаго запаса влаги, они тѣмъ самымъ предохраняютъ дерево отъ дальнѣйшей потери ея и, такимъ образомъ, спасаютъ ему жизнь.

Вотъ все, что въ настоящее время можно сказать о причинахъ утраты деревьями листьевъ съ наступающею осенью. Но этимъ вопросъ не исчерпывается еще вполне. Слѣдующіе факты говорятъ, что вліяніемъ однихъ внѣшнихъ условій нельзя объяснить причинъ листопада. Извѣстно много примѣровъ культивированія нашихъ лиственныхъ деревьевъ въ такихъ мѣстахъ земного шара, гдѣ ни температура воздуха, ни количество осадковъ не измѣняются существенно съ наступленіемъ зимняго времени. Однако же и тамъ многіе изъ нашихъ зеленыхъ соотечественниковъ стоятъ по зимамъ голыми среди чуждыхъ имъ вѣчно зеленыхъ деревьевъ и кустарниковъ. На островѣ Мадерѣ вотъ уже нѣсколько лѣтъ культивируются наши дубы, которые, несмотря на самыя благоприятныя условія для произростанія, остаются вѣрными традиціямъ своихъ сородичей и ежегодно по зимамъ спятъ крѣпкимъ сномъ, сбросивши свой зеленый нарядъ. Изъ подобныхъ наблюденій ясно слѣдуетъ, что главныя побудительныя причины къ наступленію листопада кроются не во внѣшнихъ условіяхъ, а внутри самаго растенія. Здѣсь, очевидно, дѣйствуетъ за-

конъ наслѣдственности—передачи отъ одного поколѣнія другому того, что выработалось въ теченіе долгаго времени, быть можетъ, главнымъ образомъ, подъ вліяніемъ указанныхъ внѣшнихъ условій. Но въ чемъ заключается внутренняя сущность и необходимость процесса наслѣдственной передачи признаковъ, на этотъ вопросъ наука пока еще не дала отвѣта ни по отношенію къ животному міру, ни по отношенію къ растеніямъ. Ею установленъ несомнѣнный фактъ существованія наслѣдственности—и болѣе пока ничего.

Самый механизмъ листопада заключается въ слѣдующемъ. Не задолго предъ отпаденіемъ листьевъ въ основаніи ихъ черешковъ появляются слои особыхъ тонкостѣнныхъ клѣточекъ. Это такъ называемые раздѣлительные слои. Ихъ можно хорошо рассмотреть только подъ микроскопомъ. Вслѣдствіе быстраго размноженія этихъ клѣтокъ, совнѣ, на мѣстѣ ихъ образованія, появляется вздутіе, отличающееся отъ грубыхъ старыхъ тканей болѣе свѣтлымъ цвѣтомъ и нѣкоторою прозрачностью. Когда раздѣлительные слои достигнуть соотвѣтствующей толщины, то тонкостѣнные клѣтки ихъ отдѣляются одна отъ другой, причемъ оболочки ихъ нигдѣ не разрываются и не повреждаются. По всей вѣроятности, соединяющее ихъ межклеточное вещество растворяется органическими кислотами, благодаря чему связь между клѣтками нарушается и листья опадаютъ. Это происходитъ даже само собою, при отсутствіи внѣшнихъ побудительныхъ причинъ. А когда послѣднія имѣются, то листопадъ совершается съ особенною легкостью. Каждый порывъ вѣтра срываетъ множество листьевъ. Замерзаніе и послѣдующее оттаиваніе, связанное съ измѣненіемъ объема, также сильно способствуетъ ихъ отдѣленію. Вотъ почему и явилось предположеніе, будто морозы служатъ непосредственною причиною листопада. Для размноженія клѣточекъ, образующихъ раздѣлительный слой, требуется извѣстная температура внѣшней среды, отъ которой зависитъ всасывательная дѣятельность корней. Рано и внезапно наступающіе въ нѣкоторые годы морозы могутъ воспрепятствовать появленію раздѣлительныхъ слоевъ, и листья тогда замерзаютъ, не успѣвши отпасть. Въ такіе годы на многихъ деревьяхъ остаются сухіе побурѣвшіе листья въ теченіе всей зимы. Вопросъ о причинѣ образованія раздѣлительныхъ слоевъ, обуславливающихъ собою отпаденіе

листьевъ, очевидно, сводится къ вопросу о причинахъ листопада.

Продолжительность отпаденія листьевъ различныхъ деревьевъ не одинакова: у нѣкоторыхъ изъ нихъ отпаденіе совершается очень быстро, а у другихъ медленно. У японской гинкго листопадъ продолжается всего нѣсколько дней, а у грабовъ и дубовъ—нѣсколько недѣль, причемъ осенью у этихъ деревьевъ отпадаетъ лишь часть листьевъ, а остальные покидаютъ вѣтви только въ концѣ зимы. Существуетъ разница между породами еще и въ слѣдующемъ отношеніи. У однихъ деревьевъ отъ листьевъ начинаютъ обнажаться крайнія вѣтви, и отсюда уже листопадъ постепенно доходитъ до основанія; у другихъ же онъ имѣетъ обратное направленіе. Примѣромъ перваго порядка служатъ ясени, лещины и буки, а втораго—липы, ивы, тополя, груши.

Листопадъ существуетъ не въ холодныхъ только странахъ, но и въ жаркихъ. Въ послѣднихъ онъ случается тамъ, гдѣ короткій періодъ дождей смѣняется длиннымъ періодомъ засухи, и наступаетъ въ началѣ послѣдней. При видимой разницѣ внѣшнихъ условій наступленія листопада тамъ и здѣсь—холодъ въ одномъ случаѣ и жара въ другомъ,—его ближайшая внѣшняя причина и біологическое значеніе въ обоихъ случаяхъ одинаковы. Сильныя жары способствуютъ быстрому осушенію почвы. Она не въ состояніи уже дать большого количества соковъ растенію, почему въ послѣднемъ начинаетъ сказываться недостатокъ влаги. Листья вслѣдствіе этого опадаютъ и тѣмъ предохраняютъ растеніе отъ окончательнаго высыханія. Тоже самое мы видѣли и относительно осенняго листопада въ странахъ холодныхъ.

Зимовье растеній.

Находящійся подъ снѣжнымъ покровомъ растительный міръ производитъ впечатлѣніе совершенно мертваго царства. На самомъ дѣлѣ растенія, за исключеніемъ однолѣтнихъ травъ, не погибаютъ зимою. Въ нихъ прекращаются жизненные процессы; однако,—это не смерть, а сонъ. Достаточно появиться первымъ лучамъ весенняго солнца, чтобы скрытыя жизненные силы дали о себѣ знать, чтобы

въ растеніи началось движеніе соковъ, появились почки, затѣмъ развернулись листья и т. д.

Чему же обязана эта удивительная выносливость растеній противъ зимней стужи? Что охраняетъ ихъ сонъ, не давая ему перейти въ смерть? Оказывается, у нихъ имѣется множество средствъ и приспособленій, дающихъ имъ возможность вести столь успѣшную борьбу съ холодомъ.

Зима застаетъ растительный міръ не врасплохъ. Уже съ осени сдѣлано серьезное приготовленіе для борьбы съ нею. Такое значеніе, какъ мы знаемъ уже, имѣетъ осенній листопадъ. Мы видѣли, что опаденіе листьевъ, дѣлая невозможнымъ дальнѣйшее испареніе находящейся въ растеніяхъ влаги, предохраняетъ ихъ отъ засыханія. Теперь прибавимъ, что прекращеніе испаренія влаги, въ связи съ листопадомъ, имѣетъ еще и другое весьма важное предохранительное значеніе для зимующихъ растеній. Испареніе воды, переходъ ея изъ жидкаго состоянія въ газообразное, сопровождается большимъ поглощеніемъ тепла и потому производитъ значительное охлажденіе. Это зависитъ, какъ разъяснялось въ 1-й части книги, отъ того, что частицы газообразныхъ тѣлъ находятся въ состояніи гораздо большей подвижности, чѣмъ жидкихъ. Приобрѣтеніе такой подвижности жидкими тѣлами, при переходѣ въ газообразныя, совершается на счетъ тепла, отнимаемаго отъ окружающихъ тѣлъ. Если бы такое отнятіе тепла отъ растеній происходило во время зимы, чѣмъ увеличивалось бы дѣйствіе морозовъ, то растенія не устояли бы противъ холода. Но осенній листопадъ предохраняетъ ихъ отъ этого.

Листья не имѣютъ силы бороться съ холодомъ и погибаютъ, хотя ихъ гибель спасительна для всего растенія. Но оставшіяся вѣтви и толстые древесные стволы не боятся морозовъ. Прежде всего они, въ отличіе отъ листьевъ, получаютъ слой особой ткани, развивающейся подъ кожицей и играющей роль теплаго платья. Это — пробковая ткань. Она состоитъ изъ нѣсколькихъ рядовъ клѣтокъ, у которыхъ протоплазма умираетъ, а стѣнки пропитываются пробковымъ веществомъ, обладающимъ, какъ это извѣстно по бутылочнымъ пробкамъ, малою проницаемостью для газовъ и жидкостей. Внутренняя полость клѣтокъ пробковой ткани, на мѣсто протоплазмы, наполняется воздухомъ, а онъ, какъ извѣстно, плохо проводитъ тепло.

Поэтому, внутреннее тепло растеній не отдается сразу охолодѣвшему воздуху, и въ нихъ не можетъ быть такихъ рѣзкихъ колебаній температуры, какія происходятъ въ окружающей атмосферѣ. Пробка образуется на вѣтвяхъ и стволахъ въ теченіе всей жизни растенія. Чѣмъ эти части старше, тѣмъ и защита ихъ надежнѣе, тѣмъ меньшей опасности замерзанія онѣ подвергнуты. Молодые вѣтви, пробковый слой которыхъ еще очень тонокъ, весьма большимъ морозамъ противустоятъ не могутъ и потому погибаютъ отъ нихъ.

Проникая за предѣлы пробки внутрь растенія, опять находимъ существенныя предохранительныя средства отъ холода, заключающіяся въ физическихъ и химическихъ свойствахъ растительныхъ тканей.

Главная масса древесины и внутренняя часть коры (лубъ) состоятъ изъ сосудовъ, представляющихъ собою, съ физической точки зрѣнія, не что иное, какъ капиллярныя трубки. Въ этихъ же послѣднихъ вода замерзаетъ при болѣе низкой температурѣ противъ обычной нормы. Въ трубкахъ, имѣющихъ діаметръ отъ 0,3 до 0,4 миллиметра, она переходитъ въ ледъ лишь послѣ охлажденія до 7° — 10° . Очевидно, въ силу одного этого обстоятельства, незначительные морозы не въ состояніи вызвать замерзанія влаги внутри растенія.

Съ точки зрѣнія химической, растительныя клѣтки состоятъ изъ веществъ, температура замерзанія которыхъ значительно ниже температуры замерзанія воды. Таковы, прежде всего, бѣлковые вещества, образующія протоплазму и ядро растительныхъ клѣтокъ. Таковы же растворы минеральныхъ солей, сахаристыхъ и другихъ веществъ, входящихъ въ составъ клѣточного сока. Опытами замораживанія растворовъ солей установлено, что нѣкоторыя изъ нихъ могутъ быть охлаждены до -5° и даже иногда до -10° , не замерзая.

Если температура понизилась до такой степени, что въ данномъ растворѣ начинается процессъ замерзанія, то замерзаетъ, какъ оказывается, не растворъ, а выдѣляющаяся изъ него чистая вода. То же самое происходитъ и въ растеніяхъ.

Когда они не въ состояніи бороться противъ холода, въ нихъ начинаетъ замерзать не все содержимое клѣтокъ сразу, а только часть воды, выдѣляемой изъ растворовъ,

при чемъ вода эта выходитъ за предѣлы клѣтокъ и помещается въ межклѣтчныхъ пространствахъ. Въ этомъ опять заключается весьма важная защита отъ губительнаго дѣйствія морозовъ. Многочисленными наблюденіями установлено, что описанное выдѣленіе воды въ межклѣтники и замерзаніе ея здѣсь не ведетъ за собою смерти живыхъ клѣтокъ и гибели растенія. Причина, очевидно, въ томъ, что существенныя части клѣтокъ въ этомъ случаѣ не убиты холодомъ, и ихъ молекулярное строеніе не разрушено образовавшимися ледяными кристаллами. Когда же замерзаніе происходитъ и внутри клѣтокъ, тогда смерть ихъ неизбежна.

Какъ объяснить описанное приспособленіе? По всей вѣроятности, здѣсь дѣло сводится на сжиманіе клѣтокъ, вслѣдствіе охлажденія, и выдавливаніе воды изъ ихъ полости въ межклѣтчныя пространства. Нужно думать, что низкая температура производитъ на протоплазму нѣкоторое раздраженіе, которое и заставляетъ ее сократиться. Этотъ процессъ можно уподобить выдѣленію водянистыхъ соковъ въ межклѣтчные ходы у раздраженныхъ узловыхъ вздутій черешковъ мимозы, обуславливающему опусканіе листьевъ этого растенія при прикосновеніи къ нему.

Снѣжный покровъ является плохимъ проводникомъ тепла и потому онъ точно также служитъ защитой отъ большого холода. Въ особенности это слѣдуетъ сказать о подземныхъ частяхъ растенія, какъ корни, корневища, луковицы, клубни, о частяхъ, находящихся на почвѣ, но лежащихъ зимою подъ снѣгомъ, какъ сѣмена и споры, и, наконецъ, о мелкихъ зимующихъ растеніяхъ, которыя зимою цѣликомъ покрываются снѣгомъ. Таковы многіе мхи, грибы, плауны, разнообразныя кустарники и т. п. Мощный снѣжный слой въ состояніи защищать почву и покрытыя имъ растенія отъ чрезмѣрнаго охлажденія даже и во время тридцатиградусныхъ морозовъ, которые не рѣдки для нашей мѣстности. Опытъ показалъ, что въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ въ малоснѣжныя зимы погибаетъ масса растеній, между тѣмъ какъ въ случаѣ обильнаго снѣга они безъ вреда для себя переносятъ сильнѣйшій морозъ. Многіе виды кустарниковъ и низкорослыхъ деревьевъ часто оказываются вымерзшими какъ разъ по то самое мѣсто, до котораго достигалъ снѣжный покровъ. Садовники отлично знаютъ плохую теплопроводность снѣга и потому часто

пользуются имъ для защиты зимнихъ растеній, пригибая ихъ къ землѣ и набрасывая на нихъ кучи снѣга.

Въ горныхъ альпійскихъ странахъ, гдѣ зимою температура ниже, чѣмъ на равнинахъ, и гдѣ растеніямъ приходится считаться съ снѣжными лавинами, имѣются несомнѣнные приспособленія къ мощному снѣжному покрову.

Они наблюдаются, прежде всего, на кустарниковыхъ древесныхъ растеніяхъ, примѣромъ которыхъ можетъ служить сосновый стланецъ. Его вѣтви, въ отличіе отъ всѣхъ другихъ видовъ сосны, не поднимаются вверхъ, а имѣютъ горизонтальное направленіе. Даже толстые стволы, которые безъ труда бы могли поддерживать раскидистую верхушку дерева, — и тѣ растутъ почти параллельно землѣ, хотя не касаются ея непосредственно. При этомъ, на склонахъ горы растущій конецъ вѣтви всегда смотритъ въ долину, т. е. по направленію движенія снѣговыхъ массъ. Вслѣдствіе разростанія въ сторону, во многихъ заросляхъ такихъ сосенъ вѣтви ихъ до того скучены, что пробраться сквозь нихъ невозможно. Помимо направленія роста, приспособленіе къ тяжелымъ снѣжнымъ покровамъ заключается еще въ большой упругости вѣтвей. Если влѣзть на такое дерево, то оно сильно нагибается, а по освобожденіи отъ тяжести, опять выпрямляется. Точно также упругія вѣтви наклоняются подъ давленіемъ снѣжныхъ массъ, при чемъ ихъ верхушки касаются даже земли, и иглистые вѣтви прижимаются къ почвѣ. Когда снѣгъ начинаетъ таять, то освободившіеся отъ тяжести сучья и вѣтви сами собою постепенно поднимаются и, наконецъ, принимаютъ свое прошлое положеніе. Это совершенно напоминаетъ указанныя приемы садовниковъ, пригибающихъ зимнія растенія къ землѣ и набрасывающихъ на нихъ кучи снѣга. Подобно лежащимъ соснамъ стелятся еще многіе другіе альпійскіе кустарники, напримѣръ, можжевельникъ, альпійская ольха, альпійскія розы и т. п., вслѣдствіе чего всѣ они низкорослы.

Впрочемъ, однимъ только приспособленіемъ къ снѣжному покрову нельзя объяснить всѣ случаи низкорослости альпійскихъ растеній и связанной съ нею способности прижиматься къ землѣ. Въ той области, гдѣ снѣжный покровъ достигаетъ наибольшей мощи, еще высятся кедръ, лиственница и ели, обладающіе упругими вѣтвями, не обламывающимися отъ снѣга. Наоборотъ, на такихъ большихъ

высотахъ надъ уровнемъ моря, гдѣ массы снѣга уже убываютъ, большихъ деревьевъ не встрѣчается, а есть только низкорослыя. Въ этомъ обстоятельстве сказывается еще другого рода приспособленіе, направленное къ борьбѣ съ холодомъ.

Почва зимою бываетъ теплѣе атмосферы. Помимо защитительнаго дѣйствія снѣжнаго покрова, это объясняется еще тѣмъ, что почва болѣе поглощаетъ тепловые лучи, чѣмъ атмосфера, и сама по себѣ не такъ легко отдаетъ тепло, какъ воздухъ. Чѣмъ выше подниматься надъ уровнемъ моря, тѣмъ разниа въ температурѣ почвы и воздуха болѣе и болѣе будетъ увеличиваться. Здѣсь воздухъ разреженъ, онъ легче пропускаетъ лучистую энергію солнца, почему усиливаетъ нагрѣваніе почвы, но самъ не нагрѣвается. Измѣренія показали, что на вершинѣ Монблана сила солнечныхъ лучей на 26% больше, чѣмъ на уровнѣ Парижа, что ихъ химическая сила на высотѣ 2600 метровъ надъ уровнемъ моря на 11% значительнѣе, чѣмъ у самаго моря. На Гиммалайскихъ горахъ, на высотѣ 3000 метровъ надъ уровнемъ моря, зачерненный термометръ, освѣщенный солнцемъ, показываетъ иногда на 40—50 градусомъ болѣе, чѣмъ въ тѣни. Итакъ, на возвышенныхъ мѣстахъ, наземныя части растений окружены относительно болѣе холодною температурой, чѣмъ на низменностяхъ; наоборотъ, въ почвѣ здѣсь скрыто гораздо болѣе тепла. При столь большомъ термическомъ контрастѣ почвы и атмосферы, растениямъ естественно направляться къ почвѣ, какъ источнику тепла. Поэтому они и не растутъ высоко надъ нею, а наклоняются и прижимаются къ ней, отыскивая здѣсь теплое ложе. Въ этомъ, вѣроятно, кроется объясненіе происхожденія и карликовыхъ растений, встрѣчающихся на возвышенностяхъ среди такихъ видовъ, которые на мѣстахъ низкихъ представляются крупными формами. По той же причинѣ листья подобныхъ растений отличаются малыми размѣрами, цѣльно-крайней или округлою формой и собираются въ розетки: это предохраняетъ отъ излишняго излученія тепла въ пространство.

Интересный способъ зимовки представляютъ травянистыя двухлѣтнія и многолѣтнія растения. Ихъ неземныя образованія весьма нѣжны и потому погибаютъ отъ мороза. Однако, жизнь этимъ не прекращается. Части, дающія начало новымъ листьямъ и стеблямъ, у этихъ растений,

какъ уже упомянуто въ 1-й главѣ, помѣщаются въ почвѣ, въ видѣ корневищъ, луковицъ и клубней, гдѣ и перезимовываютъ. Эти образованія въ теченіе лѣта переполняются органическими веществами, приготовляемыми въ листьяхъ и затѣмъ проводимыми внизъ. На нихъ образуются чешуйчатые низовые листья и зачатки для новыхъ листьевъ и цвѣтовъ, которымъ только въ слѣдующемъ году суждено будетъ увидѣть свѣтъ. Зимою они защищены почвой и снѣгомъ отъ холода, а съ наступленіемъ весенняго тепла изъ нихъ выходятъ на поверхность новые стебли и листья, которые зеленѣютъ, цвѣтутъ, приносятъ плоды и снова образуютъ на солнечномъ свѣтѣ и теплѣ органическія вещества для новыхъ подземныхъ луковицъ, клубней и корневищъ.

Замѣчательно то, что названные подземныя образованія, представляющія собою ни что иное, какъ видоизмѣненіе стебля съ листьями и зачинающимися побѣгами, тѣмъ глубже сидятъ въ почвѣ, чѣмъ сильнѣе данное мѣсто подвержено опасностямъ мороза и лучеиспусканію, чѣмъ меньше надеждъ на мощный снѣжный покровъ и больше вѣроятія, что снѣгъ можетъ быть сдутъ вѣтромъ. Глубина нахожденія въ почвѣ, смотря по условіямъ, различна не только для различныхъ видовъ растений, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже для различныхъ экземпляровъ одного и того же вида. Хорошій примѣръ этого представляетъ хохлатка, растущая въ различныхъ мѣстностяхъ: и въ лиственныхъ лѣсахъ, и среди кустарниковъ, и на открытыхъ лужайкахъ. Въ первомъ и второмъ случаѣ, т. е. подъ защитою деревьевъ и кустарниковъ и ихъ опавшей листвы, плохо проводящей тепло, клубни хохлатки находятся на разстояніи лишь нѣсколькихъ сантиметровъ отъ поверхности почвы. Наоборотъ, на лужайкахъ, гдѣ снѣгъ часто сдувается сильными вѣтрами и незащищенная почва промерзаетъ на незначительную глубину, клубни зарываются значительно далѣе отъ поверхности. У весьма многихъ растений (виды *Ochris* и др.) глубина нахожденія клубней и глубина промерзанія почвы настолько тѣсно соотвѣтствуютъ другъ другу, что, опредѣливъ первое, можно съ точностью предсказать и второе, такъ какъ клубни обыкновенно располагаются недалеко отъ границы промерзающаго слоя.

Какимъ же способомъ происходитъ углубленіе названныхъ подземныхъ образованій въ землю и какъ объяснить это явленіе?

Съ корневищами дѣло обстоитъ такимъ образомъ, что они сначала растутъ отвѣсно внизъ, а когда достигнуть безопасной глубины, ихъ верхушка наклоняется въ сторону, и ростъ продолжается въ горизонтальномъ направленіи. Клубни и луковицы или съ самаго начала залегаютъ на нужной глубинѣ, или же втягиваются туда, благодаря сокращенію корней, вызываемому дѣйствіемъ холода. При сокращеніи, конечныя развѣтвленія корня, т. е. его нижнія части, будучи прикрѣплены къ почвѣ многочисленными корневыми волосками, остаются на своемъ мѣстѣ, верхнія же части, а съ ними вмѣстѣ клубни и луковицы, вслѣдствіе этого, перемѣщаются вглубь. Сократительною способностью отличается только центральная часть корня; кора же, окружающая ее, не сокращается и потому образуетъ на сокращенномъ корнѣ складки и морщины. Это хорошо можно наблюдать на корняхъ культивируемыхъ всюду гіацинтовъ и на корневищахъ различныхъ видовъ нашихъ касатиковъ.

Сокращеніе корней, подъ воздѣйствіемъ холода, обязано ихъ большой чувствительности ко всякаго рода вліяніямъ. Достаточно легкаго прикосновенія къ молодому корешку, чтобы заставить его перемѣнить направленіе роста и, такимъ образомъ, избѣжать опасности пораненія. Если на кончикъ корня дѣйствуютъ два слоя почвы—сырой и сухой, то онъ изгибается въ сторону сырого слоя. Равнымъ образомъ, если въ почвѣ неравномѣрно распредѣлены питательные элементы, то корень всегда будетъ устремляться туда, гдѣ ихъ болѣе. Въ поискахъ за пищей, онъ описываетъ своеобразныя винтовыя движенія. Если въ почвѣ находятся вредныя вещества, то корень будетъ уклоняться отъ нихъ. Все это установлено и наблюденіями въ природѣ, и искусственными опытами. Но если корни растений такъ чувствительны къ внѣшнимъ раздраженіямъ, причиняемымъ различными препятствіями, къ пораненіямъ, влагѣ и пищѣ, то послѣ этого ничего экстраординарнаго не представляетъ и чувствительность къ холоду, заставляющая корни сокращаться и втягивать вглубь луковицы и т. д. Объ этой чувствительности, между прочимъ, говоритъ еще слѣдующій фактъ. На далекомъ сѣверѣ почва на извѣстной глубинѣ замерзаетъ на цѣлый годъ. Лѣтомъ оттаиваютъ только верхніе слои, глубже которыхъ остается постоянный ледъ. На оттаивающихъ слояхъ появляется растительность, въ томъ числѣ хвойныя деревья. И вотъ у этихъ-то послѣд-

нихъ корни растутъ сначала прямо внизъ, а какъ только доходятъ до промерзлаго слоя, то тотчасъ же поворачиваютъ въ сторону и принимаютъ горизонтальное направленіе, продолжая свой ростъ въ оттаявшихъ слояхъ. Здѣсь чувствительность къ холоду беретъ перевѣсъ надъ центробѣжною силою, по причинѣ которой корень долженъ расти вертикально.

Однолѣтнія растения погибаютъ зимою. Однако, эта гибель всѣхъ индивидуумовъ каждаго рода не ведетъ къ истребленію видовъ. Они сохраняются благодаря сѣменамъ и спорамъ, которыя лучше, чѣмъ всякія растения, переносятъ стужи и сохраняютъ способность къ проростанію, т. е. пребываютъ въ состояніи сна, не умирая, болѣе продолжительное время. Производились опыты охлажденія сѣмянъ ячменя, пшеницы, тыквы, гороха и друг. до -250 — -252° , и сѣмена послѣ этого не теряли своей всхожести. Это такая выносливость, предъ которой всѣ наши самые сильные морозы совершенно блѣднѣютъ, и въ которой врядъ-ли когда можетъ встрѣтиться необходимость.

Выносливость споръ, замѣняющихъ сѣмена у безцвѣтковыхъ или споровыхъ растений (папоротники, хвощи, плауны, мхи, грибы, водоросли, бактеріи), приблизительно та же, что и у сѣмянъ. Здѣсь находимъ ту интересную особенность, что у многихъ растений для зимовки развиваются особыя зимнія споры, сильно отличающіяся отъ тѣхъ, которыми растения пользовались для размноженія лѣтомъ. Среди споровыхъ растений есть также и многолѣтники.

Въ иныхъ условіяхъ оказываются зимою водныя растения. Благодаря той отличительной особенности воды, что наибольшую плотность она имѣетъ при 4° , ея нижніе слои зимою теплѣе верхнихъ, при чемъ образовавшійся на поверхности ледяной покровъ мѣшаетъ тому, чтобы ихъ температура опустилась до 0. Поэтому многіе представители низшихъ водорослей продолжаютъ въ глубинѣ, подо льдомъ, какъ ни въ чемъ не бывало, свои отправленія, а нѣкоторыя (изъ такъ называемыхъ діатомовыхъ), повидимому, достигаютъ зимою высшей ступени своего развитія, хотя большая часть сухопутныхъ растений при этой температурѣ перешла бы въ состояніе зимней спячки.

Но большая часть растений прѣсныхъ водъ все-таки

переходить на зиму въ покоющееся состояніе. Въ особенности это слѣдуетъ сказать о цвѣтущихъ и выходящихъ на поверхность воды растеніяхъ. Вотъ какія данныя сообщаетъ по этому поводу ботаникъ Кернеръ. Въ стоячихъ водахъ прудовъ и болотъ, при наступленіи морозовъ, происходитъ положительное бѣгство вглубь, напомиающее то, что мы видѣли съ луковичами, клубнями и корневищами сухопутныхъ растеній. Такъ, водорѣзъ—растеніе, нѣсколько напомиающее алоэ, весною и раннимъ лѣтомъ плаваетъ на поверхности воды. Здѣсь онъ производитъ новые мечевидные листья и цвѣты, высовывающіеся наружу. Послѣ цвѣтенія растеніе погружается вглубь, причемъ у него въ это время зрѣютъ сѣмена и залагаются почки для новыхъ дочернихъ особей. Приблизительно въ концѣ августа растеніе снова всплываетъ на поверхность воды. Подросшія за это время дочернія растеніица во всемъ, кромѣ величины, сходны съ материнскими; они образовались изъ почекъ, сидѣвшихъ на концахъ удлинненныхъ побѣговъ, выросшихъ между листьями розетки, и окружаютъ материнское растеніе, какъ цыплята насѣдку. И вотъ осенью плети, связывавшія материнское растеніе съ дочерними, отгниваютъ, и всѣ изолированныя розетки опускаются теперь на дно, вмѣстѣ съ материнскою особью. Въ мѣстностяхъ, гдѣ морозы не сильны, онѣ перезимовываютъ и весною снова появляются на поверхности. Курчавый рдестъ позднюю осенью развиваетъ близъ поверхности воды побѣги, усаженные короткими листьями. Эти побѣги, прежде чѣмъ вода успѣваетъ обратиться въ ледъ, отдѣляются отъ стараго стебля, погружаются на дно и втыкаются тамъ своими острыми концами въ иль. На такой глубинѣ ледъ появляется только въ исключительныхъ случаяхъ, и побѣги, такимъ образомъ, отлично защищены отъ большихъ зимнихъ морозовъ. Образование подобныхъ почекъ и побѣговъ, отдѣляющихся отъ умирающаго на зиму материнскаго растенія и опускающихся на дно, чтобы перезимовать тамъ, встрѣчается и у многихъ другихъ водныхъ цвѣтковыхъ растеній. Нѣкоторыя растенія, съ плавающими по поверхности листьями, перезимовываютъ въ видѣ корневищъ, зарытыхъ въ илистое дно и развивающихъ каждою весною новыя листья и т. п.

Низшій предѣлъ температуры, переносимый растеніями, для различныхъ видовъ различенъ. Вотъ наиболѣе

извѣстные примѣры нѣкоторыхъ изъ сухопутныхъ растеній. Рябина, сирень, липа, береза, ольха, орѣшникъ, смородина, крыжовникъ и многія другія выдерживаютъ морозы въ -21° и ниже безъ малѣйшаго вреда. Дубъ и букъ вымерзаютъ при -25° ; сливовыя и вишневые деревья—при -31° , яблони и груши при -33° . Многія растенія гибнутъ уже при -10° — -12° , а другія и еще при болѣе высокихъ температурахъ: миндальное дерево при -9° — -10° , кипарисъ при -7° — -8° , земляничное дерево при -6° — -7° , лавръ индѣйскій при -3° — -4° , дрокъ цвѣтущій при -2° — -3° , чайное дерево при -1° — -2° . Иногда случается, что растенія, относящіяся къ одному роду, обладаютъ рѣзко отличающеюся выносливостью. Такъ, на примѣръ, кленъ обыкновенный легко переноситъ холода въ -20° , а кленъ вѣчно-зеленый гибнетъ при -6° — -7° . Каштанъ дикій выноситъ ту же температуру, какъ и обыкновенный кленъ, а красный каштанъ гибнетъ при -10° — -12° . Это различіе зависитъ, конечно, отъ индивидуальныхъ особенностей растеній и, прежде всего, отъ степени различія тѣхъ или другихъ приспособленій къ перенесенію холода, начиная съ указаннаго вначалѣ развитія пробковой ткани.

Прекращеніе фізіологическихъ отправленій у растеній зимою, однако, не абсолютное. Извѣстны случаи, когда при 0° , и притомъ подъ снѣжнымъ покровомъ, начинается ростъ и цвѣтеніе. Примѣромъ являются цвѣтуція сольданелли, встрѣчающіяся на высотахъ альпійскихъ горъ. Почки сольданеллей, образовавшіяся еще въ прошломъ году, пробиваются сквозь фирновый покровъ (заледенѣвшій снѣгъ), и на зимнемъ ландшафтѣ фирновыхъ полей появляются изящныя цвѣты, въ видѣ фіолетовыхъ колокольчиковъ. Это странное на первый взглядъ явленіе объясняется тѣмъ, что развивающіяся почки и цвѣты сольданеллей вырабатываютъ, какъ мы уже видѣли, собственное тепло, благодаря энергичному процессу дыханія. Это-то тепло и помогаетъ имъ, между прочимъ, пробуровать себѣ отверстіе сквозь снѣжный и ледяной покровъ, чтобы предстать предъ солнцемъ. Такимъ образомъ солнце, повысившее температуру подъ снѣжнымъ покровомъ до 0° , этимъ самымъ дало уже первый толчекъ къ пробужденію временно прекратившейся жизни. Результатомъ его было развитіе внутреннихъ процессовъ, дающихъ собственное тепло, которое

уже сдѣлало возможнымъ дальнѣйшее развитіе, ростъ и раскрытіе цвѣточной почки.

Цвѣточные почки сольданеллей представляютъ наиболѣе выдающійся примѣръ развитія растеніемъ собственной теплоты, обусловливающей болѣе раннее пробужденіе отъ зимняго сна, чѣмъ это позволяетъ окружающая атмосфера. Но и у другихъ растеній, хотя и въ меньшихъ размѣрахъ, наблюдается подобное явленіе. Раннее оттаиваніе нѣкоторыхъ изъ нашихъ деревьевъ точно также зависитъ отъ собственного тепла, вырабатываемаго дѣятельностью клѣтокъ. Это подтверждаютъ, между прочимъ, слѣдующіе опыты. Въ стволахъ ольхи и орѣшины просверливались отверстія, доходившія до середины этихъ стволовъ; туда вставлялись съ вечера термометры, которые на слѣдующій день утромъ показывали 3° по Ц., тогда какъ въ окружающемъ воздухѣ было только 2°. Почва вокругъ этихъ деревьевъ была совершенно промерзлою до 1,4 метра, между тѣмъ какъ сердцевина болѣе крупныхъ корней была незамерзшею. Въ холодныя весеннія и осеннія утра, когда температура спускается до 1°—2°, осѣвшая роса на большей части растеній превращается въ иней, но на зонтичныхъ и луковичныхъ растеніяхъ она остается въ жидкомъ видѣ, что, конечно, также обязано развитію собственной теплоты въ этихъ растеніяхъ. Въ начавшихъ проростать луковичахъ и сѣменахъ температура повышается надъ окружающею до 3°.

Зимній покой растеній въ нѣкоторыхъ случаяхъ является необходимымъ преддверіемъ къ росту. Это касается, на примѣръ, большинства клубневыхъ растеній. Неперезимовавшій клубень картофеля весьма трудно заставить прорости осенью или зимою. Только искусственное охлажденіе въ теченіе 1—3 недѣль и послѣдующее перенесеніе въ болѣе благоприятныя для проростанія условія можетъ вызвать образованіе побѣговъ къ концу іюня, а къ ноябрю мѣсяцу—и новыхъ клубней. Въ данномъ случаѣ необходимость охлажденія и связаннаго съ нимъ покоя нужно объяснить, вѣроятно, слѣдующимъ образомъ. Въ клубняхъ картофеля запаснымъ питательнымъ веществомъ является крахмалъ, который не можетъ непосредственно идти на питаніе молодыхъ побѣговъ, такъ какъ онъ нерастворимъ въ водѣ. Предварительно онъ, подъ вліяніемъ особыхъ веществъ, находящихся въ клубнѣ, переходитъ въ сахаръ.

Если клубень все время находится въ благоприятныхъ условіяхъ, то образующійся въ немъ сахаръ издерживается на дыханіе, т. е. сгораетъ, такъ что для роста его не остается. Между тѣмъ, когда наступаетъ холодъ, дыханіе прекращается, превращеніе же крахмала въ сахаръ продолжается. Послѣдняго накапливается достаточное количество, и потому послѣ зимняго покоя начинается успешное проростаніе. Подобнымъ образомъ, большинство косточковыхъ плодовъ точно также требуетъ для себя извѣстнаго покоя, чтобы сдѣлалось возможнымъ ихъ проростаніе.

Все это показываетъ, что покой растеній и сѣмянъ не абсолютный. Хотя видимые процессы питанія, развитія, роста и т. д. въ это время не совершаются, тѣмъ не менѣе внутренніе процессы превращенія веществъ не прекращаются совершенно. Это напоминаетъ зимнюю спячку животныхъ, у которыхъ въ это время фізіологическія отправления до крайней степени понижаются, но совершенно не прекращаются.

Наши многолѣтнія растенія настолько приспособляются къ зимнему покою и какъ бы привыкаютъ къ нему, что онъ ежегодно повторяется у нихъ и въ томъ случаѣ, если они перемѣщаются въ теплыя мѣстности. Деревья и кустарники нашихъ широтъ даже въ тропическихъ странахъ, гдѣ мѣстныя растенія круглый годъ зеленѣютъ, цвѣтутъ и приносятъ плоды,—сбрасываютъ съ себя ежегодно листву и пребываютъ нѣкоторое, хотя и менѣе продолжительное время, въ состояніи покоя. Нѣкоторыя деревья отстаютъ отъ этой привычки, но только спустя очень продолжительное время. Дубъ и букъ до такой степени сжились съ нею, что никогда отъ нея не отступаютъ. Вишня и персикъ постепенно превратились на о. Цейлонѣ въ вѣчно зеленые деревья, но эта перемѣна совершилась въ высшей степени медленно и постепенно.

Гигіеническое значеніе растеній.

Любовь человѣка къ растеніямъ, истекающая обыкновенно изъ эстетическаго чувства, имѣтъ гораздо большее оправданіе для себя въ той пользѣ, какую царство флоры приноситъ нашему здоровью. Растенія ласкаютъ нашъ

взоръ пріятно-зеленою листвою, красивыми цвѣтами, художественнымъ сочетаніемъ въ поэтическіе ландшафты. Но вмѣстѣ съ тѣмъ они играютъ выдающуюся роль въ очищеніи и улучшеніи воздуха, воды и почвы. Это послѣднее значеніе ихъ, къ сожалѣнію, недостаточно полно и далеко не всѣми сознается. Между тѣмъ, оно должно еще болѣе развить у людей привычку къ охраненію и разведенію цвѣтовъ, деревьевъ и т. д.

Окружающій насъ воздухъ безпрестанно загрязняется прежде всего живыми организмами—животными и человекомъ. Вдыхая чистый воздухъ, мы поглощаемъ часть его кислорода и, взаменъ того, выдыхаемъ углекислый газъ. Этотъ послѣдній не способенъ поддерживать ни горѣнія, ни дыханія. Животныя умираютъ не только въ чистомъ углекисломъ газѣ, но въ большинствѣ случаевъ и тогда даже, когда его содержаніе въ воздухѣ доходитъ только до 5—10%. Еще болѣе большимъ источникомъ загрязненія, какъ для воздуха, такъ для почвы и воды, являются умершія животныя и растенія. Подвергаясь процессу разложенія, они образуютъ углекислый газъ и другіе зловонные и въ высшей степени вредные продукты, напримѣръ, амміакъ, сероводородъ. Въ стоячихъ болотахъ вода отъ того именно имѣетъ дурной запахъ и ядовита, что она насыщена продуктами разлагающихся на днѣ его растеній и животныхъ. Наконецъ, изъ нѣдръ земли, при вулканическихъ изверженіяхъ и біеніи ключей, точно также выделяются различные нежелательные газы, между которыми углекислый газъ опять занимаетъ первое мѣсто. Если бы всѣ указанные продукты не уничтожались на поверхности нашей планеты, то загрязненіе атмосферы, воды и почвы рано или поздно должно было бы дойти до такихъ предѣловъ, что животная жизнь сдѣлалась бы здѣсь невозможной. Но этого не происходитъ потому, что вмѣстѣ съ загрязненіемъ идетъ непрерывный процессъ очищенія—процессъ обязанный главнымъ образомъ растеніямъ.

Растенія, какъ уже разъяснялось, пользуются углекислотою воздуха для извлеченія изъ нея углерода, при чемъ другая составная часть его—кислородъ—дѣлается свободною и переходитъ въ атмосферу. Наблюденія показали, что наибольшія количества углекислоты, находимыя на открытомъ воздухѣ, встрѣчаются на верхнихъ горныхъ вершинахъ, гдѣ отсутствуетъ всякая растительность. Въ жилихъ

же помѣщеніяхъ углекислоты всегда болѣе, чѣмъ внѣ ихъ. Уже это одно показываетъ, насколько полезно разводить растенія внутри и вблизи жилищъ. За комнатными растеніями нужно наблюдать, чтобы не только они сами, но и горшки, въ которые они сажаются, содержались въ чистотѣ, чтобы земля въ нихъ посыпалась съ поверхности чистымъ пескомъ. Въ противномъ случаѣ, здѣсь можетъ расплодиться большое количество всевозможныхъ микробовъ.

Разложеніе углекислоты растеніями, какъ мы уже знаемъ, происходитъ только днемъ, благодаря дѣйствію солнечныхъ лучей. Ночью же, наоборотъ, этотъ газъ выделяется растеніями, такъ же, какъ и животными. Дѣло въ томъ, что растенія, подобно животнымъ, дышатъ, причемъ и тамъ, и здѣсь этотъ процессъ одинаково сопровождается поглощеніемъ кислорода и выдѣленіемъ углекислага газа. Дыханіе растеній, какъ и животныхъ, происходитъ круглыя сутки. Хотя оно имѣетъ значительно меньшіе размѣры, чѣмъ процессъ разложенія углекислага газа и общее количество потребляемаго растеніями кислорода и выделяемой углекислоты значительно ниже количества выделяемого кислорода и разлагаемой углекислоты, тѣмъ не менѣе, съ фактомъ ночнаго дыханія растеній необходимо считаться. Онъ создаетъ гигиеническое правило, что ночью не должно быть растеній въ спальняхъ.

Азотистые продукты гніенія—амміакъ, амміачныя, азотнокислыя соли и др. точно также потребляются растеніями, являясь матеріаломъ, изъ котораго извлекается необходимый элементъ бѣлковыхъ веществъ—азотъ. Нагляднымъ подтвержденіемъ очистительной дѣятельности растеній, по отношенію къ такого рода продуктамъ, являются стоячія озера, пруды и болота. Ихъ вода наиболѣе дурно пахнетъ и особенно вредна бываетъ весною и осенью, когда мало растительности. Лѣтомъ же, когда водная флора изобилуетъ, стоячая вода не такъ уже вредна и пахуча. Наиболѣе всего чистою бываетъ она въ періодъ такъ называемаго цвѣтенія, т. е. развитія въ водѣ большого количества водорослей.

Способность растеній очищать воду и, въ равной мѣрѣ, почву можно утилизировать для огражденія колодцевъ отъ загрязненія. Часто бываетъ, особенно въ деревняхъ и на дачахъ, что недалеко отъ колодца, дающаго воду для питья, находятся ямы для нечистотъ и мусора. Иногда это происходитъ вслѣдствіе невѣжества, но иной разъ и по недо-

статку мѣста. Понятно, можно устроить эти ямы такъ, что онѣ будутъ непроницаемы для воды, но сложность и дороговизна такого устройства не всегда дѣлають его возможнымъ. Вотъ въ такихъ-то случаяхъ незамѣнимую услугу могутъ оказать деревья, посаженные между колодцемъ и источникомъ загрязненія. Ихъ корни будутъ всасывать гнилостные продукты, для питанія растенія, и не допускать до колодца. Ни одинъ изъ искусственныхъ фильтровъ, приготовляемыхъ человекомъ изъ песку, угля, азбеста и другихъ подобныхъ матеріаловъ, не можетъ сравниться съ природнымъ фильтромъ изъ растительныхъ корней. Послѣдній обладаетъ бѣльшей очистительной силой и, кромѣ того, имѣетъ слѣдующія крупныя преимущества. Онъ не изнашивается скоро, а, наоборотъ, съ теченіемъ времени разрастается и крѣпнѣетъ. Наконецъ, дѣятельность древесныхъ корней всегда усиливается въ теплое время года, т.-е. какъ разъ тогда, когда гнилостные процессы достигаютъ наибольшаго развитія. Зимой фильтрующая дѣятельность деревьевъ, вмѣстѣ со всѣми жизненными процессами, приостанавливается, но она тогда и не нужна, потому что и гніеніе прекращается, и промерзшая почва не допускаетъ просачиванія.

Самое подходящее дерево для указанной цѣли—ива. Она имѣетъ глубокіе корни, ея отростки принимаются на всякой почвѣ, растетъ она скоро и всасываетъ изъ почвы обильное количество соковъ. Къ тому же, ива расцвѣтаетъ весною очень рано и замираетъ очень поздно, т.-е. дѣйствуетъ хорошо и долго. За неимѣніемъ ивы, можно брать березу, вязъ и тополь, такъ такъ они своими свойствами походятъ на иву. Ясень, липа и дубъ имѣютъ тоже обильное движеніе соковъ и глубокіе корни, но расцвѣтають очень поздно. Садить деревца нужно такъ, чтобы ихъ листья, когда они выростутъ, не затѣняли колодца, такъ какъ при недостаткѣ свѣта вода можетъ сдѣлаться въ немъ затхлою.

Большое и въ высшей степени благотѣльное вліяніе растенія оказываютъ на влажность и температуру воздуха и почвы. Влага всегда присутствуетъ въ воздухѣ и составляетъ необходимое условіе его доброкачественности. Но не всегда ея имѣется достаточное количество. Когда содержание паровъ ниже 40% возможной влажности воздуха, тогда ощущается сухость и бываетъ тяжело дышать. Этотъ

недостатокъ свойственъ возвышеннымъ и открытымъ мѣстамъ; въ лѣсахъ же, садахъ и паркахъ влажность воздуха бываетъ достаточною, вслѣдствіе испаренія почвенной воды чрезъ листья, и потому тамъ дышется всегда легко.

Хотя количество испаряемой влаги въ мѣстахъ лѣсистыхъ несравненно выше, чѣмъ въ открытыхъ, тѣмъ не менѣе, почва не иссушается лѣсомъ, а, наоборотъ, въ лѣсахъ она всегда влажнѣе. Это объясняется слѣдующими причинами. Во первыхъ, влага, всасываемая деревомъ, берется не изъ верхнихъ пластовъ почвы, а, благодаря сильно развитой корневой системѣ, преимущественно изъ глубокихъ. Верхній же слой, затѣненный отъ солнца листьями, относительно болѣе влаженъ, чѣмъ въ мѣстахъ открытыхъ. Во вторыхъ, въ мѣстахъ лѣсистыхъ выпадаетъ бѣльшее количество дождей. Обильныя испаренія служатъ источникомъ дождевыхъ тучъ, возвращающихъ влагу туда, откуда она и взялась. Въ мѣстахъ открытыхъ и сухихъ дождей выпадаетъ сравнительно менѣе не по тому только, что здѣсь не можетъ образоваться такое количество тучъ, какое появляется надъ лѣсомъ, но еще и потому, что зашедшія сюда тучи далеко не всегда могутъ давать дожди. Разъ воздухъ сухой, то содержащаяся въ тучѣ влага иногда вся переходитъ въ него въ видѣ пара, но не образуетъ дождевыхъ капель, которыя падали бы на почву. Надъ лѣсомъ же воздухъ достаточно насыщенъ влагой и потому туча является здѣсь источникомъ дождя. Вотъ почему лѣсистыя мѣстности изобилуютъ водными источниками, и уничтоженіе лѣсовъ сопровождается обмелѣніемъ рѣкъ. Сказанному не противорѣчитъ тотъ фактъ, что лѣса иногда способствуютъ осушенію болотъ. Это объясняется главнымъ образомъ разрыхленіемъ почвы корнями деревьевъ, что вызываетъ просачиваніе болотной воды вглубь.

На температуру растительность дѣйствуетъ умѣряющимъ образомъ. Испареніе воды, т.-е. переходъ ея изъ жидкаго состоянія въ газообразное, совершается на счетъ затраты тепловой энергіи, отнимаемой отъ окружающей атмосферы. Поэтому, температура воздуха, а слѣдовательно и почвы, въ мѣстахъ лѣсистыхъ лѣтомъ бываетъ ниже, чѣмъ въ безлѣси. Зимой, наоборотъ, та же влажность и связанная съ нею облачность сохраняють теплоту, препятствуя ея излученію, и потому не допускають въ лѣсахъ такого пониженія температуры, какое бываетъ въ мѣст-

ностяхъ открытыхъ. Это отсутствіе двухъ противоположныхъ крайностей—лѣтнихъ жаровъ и зимнихъ холодовъ—весьма благопріятно и для здоровья человѣка, и для растительности. Особенно сильно сказывается вліяніе лѣса въ самое жаркое время, почему для южныхъ странъ лѣсъ имѣетъ большее значеніе, чѣмъ для сѣверныхъ. Суточные колебанія температуры въ лѣсу по тѣмъ же причинамъ ниже, чѣмъ въ открытомъ мѣстѣ. По одному изъ наблюденій оказалось, что въ іюлѣ лѣсная температура въ полдень была на $3,56^{\circ}$ по Реомюру ниже, а ночью на $1,95^{\circ}$ выше полевой; въ августѣ—днемъ на $3,17^{\circ}$ ниже, а ночью на $1,65^{\circ}$ выше. Этою разницей температуры лѣсного и полевого воздуха объясняется его движеніе. Ночью болѣе свѣжій воздухъ открытыхъ мѣстностей направляется въ лѣсъ, гдѣ онъ, нагрѣвшись, поднимается и, остывши на похолодѣвшихъ, вслѣдствіе лучеиспусканія, листьяхъ, снова опускается. Днемъ, наоборотъ, лѣсной воздухъ направляется въ мѣста открытыя.

Улучшенію лѣсного воздуха способствуетъ еще содержаніе въ немъ озона и ароматическихъ веществъ. Озонъ есть уплотненный кислородъ: содержитъ въ своей частицѣ не два, а три атома кислорода. Отличительная особенность этого газообразнаго вещества та, что его частица легко распадается и переходитъ въ обыкновенный кислородъ. Въ моментъ разъединенія кислородныхъ атомовъ, когда они не успѣли еще дать болѣе прочныхъ—парныхъ комбинацій, какія существуютъ въ обыкновенномъ кислородѣ, они легко присоединяются къ другимъ тѣламъ. Поэтому, озонъ есть сильный окислитель, а слѣдовательно—и дезинфекторъ. Если въ воздухѣ носятъ газообразные пахучіе продукты гніющаго органическаго вещества, то озонъ ихъ окисляетъ, т.-е., иначе говоря, они сгораютъ, переходя въ обычные неядовитые газообразные продукты горѣнія. Въ обыкновенномъ атмосферномъ воздухѣ открытыхъ мѣстностей имѣются ничтожные слѣды озона; онъ образуется здѣсь во время грозъ, благодаря дѣйствію электричества, а также при процессахъ окисленія. Въ лѣсистыхъ мѣстностяхъ относительное количество озона выше. Не установлено еще окончательно, почему онъ здѣсь образуется. По всей вѣроятности, не листья тому причиной, какъ думали ранѣе, а, согласно съ позднѣйшими наблюденіями, лѣсная влага. Но важенъ самый фактъ существованія озона. Что

же касается ароматическихъ веществъ, сообщающихъ лѣсному воздуху его своеобразный запахъ, то здѣсь почетное мѣсто занимаютъ, такъ называемые, терпены. Это жидкіе, но пахучіе углеводороды, находящіеся въ растеніяхъ. Запахъ терпеновъ полезенъ для здоровья. Наиболѣе всего онъ свойственъ растеніямъ хвойнымъ. Поэтому-то хвойные лѣса особенно оживляюще дѣйствуютъ на человѣка. Наиболѣе замѣтно ихъ вліяніе на грудныхъ и нервныхъ больныхъ, вслѣдствіе чего санаторіи для подобныхъ больныхъ часто строятся среди хвойнаго лѣса.

Въ мѣстахъ болотистыхъ и богатыхъ вредными испареніями, вызывающими заразные заболѣванія, на примѣръ лихорадки, растенія оздоравливаютъ воздухъ, т.-е. очевидно уничтожаютъ вредныя бактеріи. Съ этою цѣлью рекомендуется засаживать болота быстрорастущими растеніями, каковы, на примѣръ, лютиковые, хмель, тростникъ и т. п. Перемежающаяся лихорадка со времени ихъ роста прекращается. У насъ особенно пригоденъ къ этому подсолнечникъ. Относительно него сдѣлано такое наблюденіе. Въ одной изъ затоплявшихся водой полосъ, близъ р. Шельды, люди такъ сильно болѣли отъ болотныхъ испареній, что пришлось уничтожить поселеніе въ этой мѣстности. Но послѣ посадки подсолнечниковъ на разстояніи 30—40 сажень отъ домовъ и одной сажени другъ отъ друга лихорадка исчезла. Тамъ же, гдѣ дома не были обсажены, заболѣванія продолжали держаться. Бактеріологическіе анализы различныхъ почвъ показали, что хорошая лѣсная и садовая почва неблагопріятны для развитія микробовъ. Растительныя органическія вещества лѣсной почвы сравнительно бѣдны азотомъ, фосфорной кислотой и солями калия. Поэтому они представляютъ гораздо худшую питательную среду для вредныхъ бактерій, чѣмъ составныя части полевой и огородной почвы, происходящія отъ разложенія животныхъ отбросовъ. Кромѣ того, нейтральная или слабощелочная реакція продуктовъ разложенія этихъ отбросовъ болѣе благопріятна большинству низшихъ организмовъ, особенно болѣзнетворнымъ бактеріямъ, чѣмъ кислотныя реакціи многихъ лѣсныхъ и торфяныхъ почвъ.

Немаловажную услугу оказываютъ растенія и какъ предохранители отъ пыли и копоти. Каждый, у кого имѣется садъ или полисадникъ рядомъ съ улицей, проѣзжей дорогой или дымной фабрикой, отлично знаетъ это. Пыль и

копотъ собираются на поверхности листьевъ, откуда смываются дождями, и благодаря этому не попадаютъ въ легкія. Для сохраненія здоровья легкихъ это имѣетъ весьма большое значеніе, такъ какъ пылеобразныя вещества, при вдыханіи ихъ, способны проникать до самыхъ мелкихъ развѣтвленій бронховъ и засорять ихъ. Пыль и копотъ, будучи вредны сами по себѣ, въ особенности опасны, въ виду содержанія въ нихъ большого количества всевозможныхъ микробовъ. Бактеріологическія изслѣдованія уличной пыли показали, что въ одномъ граммѣ ея количество бактерій иногда достигаетъ милліона и даже еще большаго числа, почему пыль является однимъ изъ главныхъ средствъ распространенія заразныхъ болѣзней. Отсюда понятно, насколько благотѣльно уменьшеніе количества пыли, достигаемое съ помощью растений въ мѣстахъ густонаселенныхъ, гдѣ разныя заболѣванія повторяются часто и всегда угрожаютъ, при отсутствіи достаточныхъ предохранительныхъ мѣръ, перейти изъ частныхъ случаевъ въ эпидемію.

Если заботы о здоровьи должны быть поставлены выше требованій комфорта, то послѣ всего сказаннаго очевидно, что разведеніе большого количества растений въ мѣстахъ населенныхъ, должно составлять одну изъ самыхъ первоначальныхъ и элементарныхъ обязанностей человѣка. Чистый воздухъ и вода—прежде всего. Поэтому хорошіе сады, парки, бульвары, а также фильтры и водопроводы должны быть устроены прежде электрическаго освѣщенія, электрическихъ трамваевъ, фигурныхъ мостовъ и прочихъ проявленій общественной роскоши.

ПРИЛОЖЕНІЕ.

Изъ программы „свѣдѣній о природѣ, ея силахъ и явленіяхъ“ для церковно-учительскихъ школъ. *)

Б. Отдѣлъ свѣдѣній изъ химіи съ минералогіей, ботаники и зоологіи.

Тѣла химически-простыя и сложныя. Химическія явленія. Раздѣленіе простыхъ тѣлъ на металлы и металлоиды. Кислородъ; горѣніе и окисленіе. Типы химическихъ соединений: окислы основныя и кислотныя, кислоты, щелочи, соли. Водородъ. Вода. Азотъ; азотная кислота и ея соли; амміакъ. Воздухъ. Хлоръ; соляная кислота и ея соли; бромъ, іодъ и фторъ. Сѣра; сѣрная кислота и ея соли; сѣроводородъ; сѣрнистые металлы. Фосфоръ. Углеродъ и его видоизмѣненія: уголь (древесный и каменный), торфъ, графитъ, алмазъ. Углекислый и угарный газы; болотный газъ; нефть. Общее понятіе объ органическихъ соединенияхъ. Понятіе о минералѣ и горной породѣ. Свойства минераловъ: кристаллическая и аморфная форма, твердость, растворимость въ водѣ и кислотахъ, удѣльный вѣсъ, цвѣтъ, блескъ. Главнѣйшіе минералы: каменная соль, селитра, гипсъ известняки, кварцъ и его разновидности, полевоы шпаты, слюда. Сложныя горныя породы: гранитъ и гнейсъ. Обломочныя породы: песокъ, песчаники, глина. Почва: ея составъ и простой анализъ. Руды и россыпи. Добываніе и свойства главнѣйшихъ металловъ. Причины образованія и разрушенія горныхъ породъ. Геологическая дѣятельность атмосферы и воды. Вулканическія явленія: землетрясенія, вулканы, вѣковыя поднятія и опусканія земной коры; причины этихъ явленій. Понятіе объ образованіи окаменѣлостей.

*) При разсмотрѣніи этой программы нужно имѣть въ виду, что возрастъ учениковъ церковно-учительской школы, окончившихъ предварительно полные курсы начальной и второклассныхъ школъ, соответствуетъ возрасту старшихъ классовъ среднихъ учебныхъ заведеній и что въ программѣ второклассныхъ школъ имѣется также элементарный курсъ естествознанія. При составленіи подробной программы имѣлось въ виду, съ одной стороны, дать руководственные указанія учителямъ, а съ другой, — наиболѣе выдвинувъ практическій элементъ въ преподаваніи (опыты и наблюденія) и точно опредѣливъ его характеръ, сдѣлать его безусловно обязательнымъ.

Растения. Разделение их на цветковые и споровые. Устройство сѣмени и разделение сѣмянных на голосѣянные и скрытосѣянные, однодольные и двудольные. Внѣшняя организація растений: корень, стебель, листъ, цвѣтокъ, плодъ. Понятіе о систематикѣ цветковыхъ. Внутреннее устройство растений: клетка, ткани, расположеніе ихъ въ стеблѣ, корнѣ и листѣ. Жизнь растений: питаніе, дыханіе, размноженіе. Общее знакомство со споровыми растениями. Болѣзни растений. Бактеріи и ихъ роль въ жизни животныхъ и человѣка.

Общій типъ устройства млекопитающаго животнаго: скелетъ, мышцы, органы пищеваренія, дыханія, кровообращенія и выдѣленія, нервная система и органы чувствъ. Типическіе представители главныхъ отдѣловъ млекопитающихъ. Особенности въ организаціи и типическіе представители птицъ, пресмыкающихся, земноводныхъ и рыбъ. Насѣкомыя, въ особенности наиболее полезныя и вредныя члвчѣку. Пауки. Ракообразныя. Черви; условія зараженія червями-паразитами и предохранительныя мѣры отъ зараженія. Моллюски. Кишечнополостныя; полипы и кораллы. Простѣйшія. Образъ и мѣсто жительства главнѣйшихъ животныхъ. Значеніе ихъ для человѣка.

Объяснительная записка и методическія указанія къ этому отдѣлу.

На этотъ отдѣлъ отводится три годовыхъ урока. При выборѣ свѣдѣній изъ массы матеріала, заключающагося въ указанныхъ отрасляхъ знанія, учитель, имѣя ограниченное количество времени, долженъ останавливаться на предметахъ и явленіяхъ лишь самыхъ важныхъ и существенныхъ. Только то должно сообщаться на урокахъ, что имѣетъ значеніе для пониманія жизни природы, для выработки общаго представленія о ней, или—что важно въ практическомъ отношеніи.

Отдѣлъ долженъ начаться съ сообщенія основныхъ свѣдѣній изъ химіи. Помимо большого жизненнаго значенія знанія о такихъ предметахъ, какъ воздухъ, вода, кислородъ, горѣніе и т. д., при наличности основныхъ химическихъ понятій, какъ минералогія, такъ и ботаника съ зоологіей, получать въ сознаніи учениковъ наиболее глубокой смыслъ. Минералы будутъ для нихъ не случайною грудю камней, отличающихся между собою только по цвѣту или твердости, но прежде всего химическими соединеніями извѣстныхъ простыхъ тѣлъ, согласно извѣстному общему порядку. Равнымъ образомъ, процессы усвоенія пищи растениями и животными, дыханія и т. д. будутъ тогда доступны для учениковъ не съ внѣшней только, описательной стороны, но и со стороны ихъ внутренней возможности и смысла. Въ слѣдующихъ за химіей урокахъ минералогіи преподаватель долженъ сообщать свѣдѣнія лишь о самыхъ распространенныхъ и важныхъ минералахъ и горныхъ породахъ, въ связи съ приобретенными химическими познаніями. Эти минералы и породы перечислены въ общей программѣ. Говоря о нихъ, преподаватель долженъ указать на ихъ значеніе для члвчѣка, на ихъ распространеніе въ природѣ и добычаніе. вмѣстѣ съ тѣмъ должна быть дана картина общихъ свойствъ минераловъ, вліянія на нихъ внѣшнихъ условій (воздуха, воды, переменной температуры и т. д.) и сдѣланъ общій очеркъ измѣненій

земной коры, какъ цѣлаго (жизнь земли). На урокахъ ботаники и зоологіи слѣдуетъ заниматься не систематикой и подробной морфологіей, а выясненіемъ общей картины строенія растительныхъ и животныхъ организмовъ и происходящихъ въ нихъ жизненныхъ процессовъ. Впрочемъ, наиболее вредныя и полезныя для хозяйства и жизни члвчѣка растения и животныя должны быть выдѣлены изъ другихъ, а по отношенію къ вреднымъ—должны быть указаны и извѣстные способы борьбы съ ними.

При прохожденіи всего отдѣла естествознанія учитель долженъ помнить, что только при помощи наблюденія и опыта возможно дать ученикамъ наглядное и сознательное представленіе о природѣ и умѣнье пользоваться приобретенными познаніями въ жизни. Поэтому, при прохожденіи курса должно быть возможно болѣе опытовъ и наблюденій на урокахъ и практическихъ занятій учениковъ во внѣклассное время. Въ послѣднія должны входить, между прочимъ, экскурсіи учениковъ съ цѣлями минералогическими, ботаническими, сельскохозяйственными и т. п.

Обиліе матеріала, заключающагося въ химіи, минералогіи, зоологіи и ботаникѣ, изъ которыхъ въ церковно-учительскихъ школахъ долженъ быть сдѣланъ краткій, но цѣльный экстрактъ, создаетъ опасность, что учитель, увлекаясь сообщеніемъ интересныхъ подробностей, не доведетъ программы до конца и не выполнитъ указанныхъ общихъ требованій. Поэтому, помимо общей программы, полезно дать программу болѣе частную, съ распредѣленіемъ всѣхъ свѣдѣній по урокамъ и указаніемъ соответствующихъ опытовъ и наблюденій. Прилагаемая далѣе программа и имѣетъ такое назначеніе. Впрочемъ, она не обязываетъ преподавателя сообщать и показывать ученикамъ только то, что въ ней намѣчено, и не дѣлать никакихъ измѣненій въ распредѣленіи матеріала, въ особенности до появленія вполне соответствующаго программѣ учебника. Она представляетъ только *приблизительный*, но не во всѣхъ деталяхъ исключающій способъ, какъ, не запутываясь въ частности, довести программу до конца и при этомъ удовлетворить указаннымъ требованіямъ: 1) дать ученикамъ общее пониманіе предмета, а не отрывочныя знанія о немъ; 2) сообщать практически полезныя свѣдѣнія; 3) вести преподаваніе нагляднымъ, опытнымъ способомъ.

Если преподаватель затруднится выполнить всѣ указанныя въ подробной программѣ частности, то менѣе существенныя изъ нихъ онъ можетъ опустить. Изъ опытовъ и наблюденій, какъ указанныхъ въ программѣ, такъ и тѣхъ, которые, сверхъ того, найдетъ возможнымъ ввести преподаватель, только наиболее простые, не сопряженные съ затратою большого количества времени, могутъ имѣть мѣсто на урокахъ; остальное же все должно продѣлываться на практическихъ занятіяхъ.

Само собою разумѣется, что находящееся въ программѣ краткое описаніе опытовъ и даже только упоминаніе о нѣкоторыхъ изъ нихъ могутъ быть вполне поняты только тѣми преподавателями, которые занимаются практически этими предметами.

Что же касается распредѣленія уроковъ по классамъ, то полезнѣе будетъ изучать программу въ теченіе трехъ лѣтъ, удѣливъ на

нее каждый годъ по одному уроку въ недѣлю, не считая внѣурочныхъ практическихъ занятій и экскурсій. Въ такомъ случаѣ, въ I классѣ слѣдуетъ пройти 28 уроковъ изъ химіи съ минералогіей, во II классѣ — окончаніе этихъ предметовъ (общій очеркъ жизни земли) и ботанику и въ III классѣ — зоологію. Экскурсіи же должны каждый годъ носить разносторонній характеръ, имѣя въ виду всѣ три царства природы.

I. Химія съ минералогіей.

1-й и 2-й уроки. Общее понятіе о химически-простыхъ и сложныхъ тѣлахъ и химическихъ явленіяхъ: соединенія, разложенія и перемѣщенія; различіе химическихъ соединеній отъ механическихъ смѣсей. Показать опыты: смѣсь порошка сѣры (сѣрнаго цвѣта) и желѣза, изъ которой желѣзо отдѣляется при помощи магнита или воды (желѣзо тонетъ, а сѣра остается на поверхности), и химическое соединеніе того и другого, получаемое нагреваніемъ указанной смѣси на желобкѣ изъ жести; разложеніе окиси ртути на ртуть и кислородъ (въ пробиркѣ); отложеніе слоя мѣди на желѣзной пластинкѣ изъ раствора мѣднаго купороса, при чемъ вмѣсто мѣднаго получается желѣзный купоросъ (перемѣщеніе). Раздѣленіе простыхъ тѣлъ на металлы и неметаллы (металлоиды) по ихъ внѣшнимъ нагляднымъ физическимъ свойствамъ, на примѣрахъ кислорода, сѣры, желѣза и т. под. Строеніе тѣлъ: общее понятіе объ атомахъ и частицахъ.

3-й урокъ. Изученіе свойствъ кислорода: опыты сжиганія въ немъ угля, сѣры (фосфора, если онъ имѣется) и желѣза. Кислородъ въ большомъ количествѣ долженъ быть полученъ изъ смѣси бертолетовой соли съ перекисью марганца или прокаленнымъ пескомъ; собирать его въ широкогорлыя бутылки надъ чашею съ водою. Общее понятіе о горѣніи, какъ соединеніи тѣлъ съ кислородомъ; медленное горѣніе или окисленіе.

4-й урокъ. Продукты соединенія тѣлъ съ кислородомъ: окислы кислотные и основные; кислоты, щелочи, соли. Показать цвѣтныя реакціи кислотъ и щелочей съ лакмусомъ, причемъ воспользоваться полученнымъ продуктомъ соединенія сѣры (и фосфора) съ кислородомъ въ водѣ; нейтрализовать соляную кислоту ѣдкимъ натромъ и получить отсюда кристаллическую поваренную соль выпариваніемъ.

5-й урокъ. Водородъ и его свойства. Опыты: добываніе водорода дѣйствіемъ цинка или желѣза (гвоздей) на 5%—10% сѣрную кислоту (въ колбѣ съ газоотводной трубкой); введеніе горячей лучинки или восковой свѣчи въ цилиндръ (опрокинутый) съ водородомъ, причемъ водородъ зажжется и будетъ горѣть на мѣстѣ соприкосновенія съ воздухомъ, а свѣча внутри водорода потухнетъ. Гремучій газъ; получить его наложеніемъ другъ на друга и затѣмъ попеременно опрокидываніемъ двухъ цилиндровъ, изъ которыхъ одинъ наполненъ кислородомъ, а другой водородомъ; взорвать гремучій газъ, отнимая цилиндры другъ отъ друга надъ пламенемъ спиртовой лампы.

6-й урокъ. Вода; ея составъ: получить капли воды сжиганіемъ струи водорода (остерегаться взрыва! не зажигать водорода прежде чѣмъ воздухъ не будетъ вытѣсненъ изъ колбы) подъ сухимъ стеклян-

нымъ колоколомъ или большимъ стаканомъ или утюгомъ. Разложеніе воды токомъ на водородъ и кислородъ. Раствореніе въ водѣ тѣлъ твердыхъ жидкихъ и газообразныхъ. Способы очищенія воды: перегонка, фильтрація чрезъ уголь и глину.

7-й и 8-й уроки. Азотъ и его свойства. Получить азотъ сжиганіемъ спирта (ваты намоченной въ спирту) внутри бездонной стеклянки съ пробкой надъ известковой водою; показать, что зажженная лучина (опущенная внутрь стеклянки чрезъ ея горлышко) тухнетъ въ азотѣ. Упомянуть о соединеніяхъ азота съ кислородомъ и полученіи ихъ въ воздухѣ во время грозы. Азотная кислота и амміакъ. Азотную кислоту получить изъ чилийской селитры дѣйствіемъ на нее крѣпкой сѣрной кислоты въ ретортѣ, откуда пары азотной кислоты перегоняются въ колбочку. Амміакъ получить изъ смѣси хлористаго аммонія (нашатыря) съ гашеною известью: смѣсь помѣщается въ колбѣ, откуда амміакъ выдѣляется, при нагреваніи, по газоотводной трубкѣ и собирается въ сухой опрокинутой бутылки; раствореніе амміака въ водѣ: полученіе такъ называемаго нашатырнаго спирта пропусканіемъ газообразнаго амміака чрезъ пробирку съ водою.

9-й урокъ. Воздухъ; его составъ (азотъ, кислородъ, углекислый газъ, пары воды и др.); хорошій и дурной воздухъ; измѣненіе воздуха при дыханіи. Опыты: вдохнуть въ себя три раза воздухъ изъ бездонной бутылки (чрезъ газоотводную трубку), поставленной въ наружный сосудъ съ водою (налитой до такого уровня, что въ бутылку остался небольшой—нетрудный для вдыханія—объемъ воздуха) и затѣмъ опустить туда горящую лучину, которая должна потухнуть отъ накопившагося углекислаго газа; пропустить струю выдыхаемаго воздуха чрезъ пробирку съ известковой водою: въ послѣдней образуется нерастворимый въ водѣ осадокъ мѣла, отъ соединенія извести съ углекислымъ газомъ, который растворится при прилитіи капли кислоты. Вентиляція помѣщеній. Значеніе растений при очищеніи воздуха.

10-й и 11-й уроки. Хлоръ и соляная кислота. Примѣненіе хлорной воды и бѣлизной извести къ бѣленію тканей и обезцвѣчиванію красокъ (и чернилъ). Добыть хлоръ изъ соляной кислоты дѣйствіемъ на нее перекиси марганца и хлористоводородный газъ—дѣйствіемъ сѣрной кислоты на хлористый натрій (поваренную соль); и то и другое собирать въ бутылкахъ съ горломъ, обращеннымъ вверхъ. Замѣчаніе о бромѣ и іодѣ.

12-й и 13-й уроки. Сѣра кристаллическая и аморфная; ея добываніе. Напомнить опытъ горѣнія сѣры въ кислородѣ; получить аморфную сѣру выливаніемъ струи расплавленной въ колбѣ или пробиркѣ обыкновенной сѣры въ холодную воду (расплавленная первоначально сѣра при дальнѣйшемъ нагреваніи застываетъ, потомъ снова расплавляется, послѣ чего ее и слѣдуетъ выливать). Сѣрная кислота и ея соли; сѣроводородъ. Получить послѣдній дѣйствіемъ 10%-ой сѣрной кислоты на сѣрнистое желѣзо, напомнивши при этомъ объ образованіи сѣроводорода въ природѣ, при разложеніи органическихъ веществъ. Фосфоръ желтый и красный, его добываніе изъ костей. Приготовленіе спичекъ. Напомнить опытъ сжиганія фосфора въ кислородѣ и о полученномъ при этомъ продуктѣ. Упомянуть о фосфорной кислотѣ и соединеніяхъ фосфора съ водородомъ.

14-й урок. Углеродъ и его видоизмѣненія: уголь, графитъ, алмазь. Различные виды углей: древесный и каменный уголь—лигнитъ, антрацитъ, торфъ; условія образованія и распространенія послѣднихъ въ природѣ; добычаніе ихъ. Въ качествѣ аналогіи съ образованіемъ углей въ природѣ, какъ продукта разложенія органическихъ веществъ безъ доступа воздуха, сдѣлать сухую перегонку дерева (сухія березовыя или сосновыя лучинки въ пробиркѣ) для полученія угля и, попутно, горючихъ продуктовъ разложенія—жидкихъ и газообразныхъ; послѣднія зажечь (у отверстія газотводной трубы).

15-й и 16-й уроки. Соединенія углерода съ кислородомъ: угарный и углекислый газы. Получить послѣдній дѣйствіемъ соляной кислоты на мраморъ или мѣль; собрать его въ цилиндръ и показать, что онъ тяжелѣе воздуха и что горѣніе въ немъ невозможно, т. е. перелить его изъ одного цилиндра въ другой и опустить въ него зажженную лучинку. Замѣчаніе о соединеніяхъ углерода съ водородомъ: газообразныхъ, жидкихъ (нефть) и твердыхъ; мѣстонахожденіе и добычаніе нефти. Опытъ: собрать въ болотѣ болотный газъ, т. е. выдѣляющіеся со дна болота, когда идешь по нему, пузырьки этого газа, и сжечь его. Замѣчаніе о другихъ органическихъ соединеніяхъ: о спиртахъ, органическихъ кислотахъ, углеводахъ и жирахъ, какъ состоящихъ изъ углерода, водорода и кислорода, и о бѣлкахъ, какъ имѣющихъ, сверхъ того, азотъ и сѣру.

17-й урок. Общая характеристика главнѣйшихъ металловъ. Выяснить, почему металлы, за исключеніемъ благородныхъ, не встрѣчаются или почти не встрѣчаются въ природѣ въ чистомъ видѣ. Наглядно показать это опытами окисленія желѣза и мѣди на воздухѣ (особенно при накаливаніи) и калия на воздухѣ и въ водѣ (въ послѣднемъ случаѣ получается пламя освобождающагося изъ воды водорода). Воспроизвести типы соединеній металловъ съ неметаллами: окислы, соли, сѣрнистые металлы. Эта часть урока будетъ имѣть значеніе повторенія предыдущаго и вмѣстѣ съ тѣмъ послужитъ ближайшимъ введеніемъ въ слѣдующіе затѣмъ уроки минералогіи, такъ какъ металлы суть или окислы металловъ, или соли, или же сѣрнистые металлы.

18-й урок. Понятіе о минералѣ и горной породѣ—простой и сложной. Общая характеристика свойствъ минераловъ, помимо ихъ химическаго состава: форма кристаллическая и аморфная, твердость (замѣчаніе о скалѣ твердости, которая должна имѣться въ коллекціи), цвѣтъ, блескъ, спайность, удѣльный вѣсъ, растворимость въ водѣ. Все демонстрировать на минералахъ.

19-й урок. Каменная (поваренная) соль; ея распространеніе въ природѣ и добычаніе. Селитра; ея роль въ питаніи растений. Демонстрировать богатство селитры кислородомъ (чѣмъ обуславливается ея примѣненіе при приготовленіи пороха) вспышкой ея на раскаленномъ углѣ или въ пробиркѣ, гдѣ селитра расплавляется и въ нее затѣмъ бросается кусочекъ сѣры.

20-й и 21-й уроки. Известь негашеная и гашеная, известнякъ, мѣль, мраморъ, известковый туфъ; сталактиты и сталагмиты. Опыты: дѣйствіе на негашеную известь воды, выдѣленіе изъ известняковъ углекислаго газа дѣйствіемъ кислотъ (капля кислоты на поверхности минерала). Сказать о роли организмовъ въ образованіи известняковъ

и показать известковыя раковины какихъ-либо животныхъ и отпечатки ихъ на плитахъ известняка. Гипсъ; его примѣненіе въ скульптурѣ.

22-й и 23-й уроки. Кварцъ—его кристаллическія и аморфныя разновидности: кварцъ бѣлый (молочный) и розовый, горный хрусталь, дымчатый хрусталь, аметистъ, кремень, яшма. Полевой шпатъ съ его разновидностями. Слюда черная и бѣлая. Сравненіе всѣхъ пройденныхъ минераловъ по химическому составу, твердости (черченіе минераловъ другъ-другомъ и находящимися въ скалѣ твердости), цвѣту, растворимости въ водѣ. Химическій составъ долженъ быть указываемъ схематично, напр.,—кварцъ есть окисель кремнія, полевой шпатъ—соединеніе окисловъ кремнія, алюминія и какого-либо непостояннаго третяго окисла (калія, натрія и т. п.), бѣлая слюда есть соединеніе окисловъ алюминія, кремнія и калия, въ черной слюдѣ мѣсто окисла калия занимаетъ окисель магнія; негашеная известь есть окисель кальція, гашеная—окисель кальція и вода, известнякъ—окисель кальція и углекислый газъ и т. д.

24-й и 25-й уроки. Сложныя горныя породы: примѣромъ массивныхъ породъ указать гранитъ (финляндскій и сердобольскій), примѣромъ слоистыхъ породъ—гнейсъ. И тотъ и другой состоятъ изъ указанныхъ въ предшествующемъ урокѣ минераловъ. Обломочныя породы—песокъ и глина; цементированныя—песчаникъ. Происхожденіе массивныхъ, слоистыхъ и обломочныхъ породъ и ихъ распредѣленіе въ земной корѣ. Свойства глины и ея разновидности. Опыты: насыщенная водою глина не пропускаетъ болѣе воды—вода въ глиняномъ сосудѣ; глина вбираетъ красящія, пахучія и жирныя вещества: пропусканіе чрезъ воронку съ глиною или чрезъ трубку, поставленную вертикально и съ нижняго конца обернутую тряпкой (чтобы глина не высыпалась), воды, окрашенной въ какую-либо краску (напримѣръ сандалъ), и неприятно пахучей жидкости (наприм. воды, въ которой растворено немного амміаку или сѣрнистаго газа), выведеніе жирныхъ пятенъ глиною; глина вбираетъ въ себя много воды: равное по вѣсу количество песку и глины обливается водою и послѣ того взвѣшивается.

26-й урок. О почвѣ. Составъ и происхожденіе почвы. Виды почвъ: черноземная, глинистая, песчаная, известковая, мергельная или рухляковая, супесчаная и суглинистая, лессовая, солончаковая. Обработка и удобреніе почвы. На практическихъ занятіяхъ сдѣлать анализъ почвы: удалить влагу просушиваніемъ, органическія вещества—прокаливаніемъ или кипяченіемъ въ насыщенномъ растворѣ соды, примѣсь известняка—кислотою, глину и песокъ раздѣлить отмучиваніемъ; послѣ каждой операціи произвести взвѣшиваніе.

27-й и 28-й уроки. Добываніе золота изъ росыпей и желѣза изъ рудъ; доменная печь. Сравнить свойства и практическое примѣненіе желѣза, чугуна и стали. Сказать кратко о платинѣ, серебрѣ, мѣди, свинцѣ, оловѣ, ртути, цинкѣ, ихъ добычаніи и практическомъ примѣненіи. Говоря о рудахъ, нужно сдѣлать только ихъ общую характеристику, не перечисляя въ отдѣльности. Руда есть такое соединеніе металла съ другими тѣлами, откуда металлъ сравнительно легко добывается; главное мѣсто принадлежитъ здѣсь соединеніямъ металловъ съ кислородомъ (окислы) и сѣрою (сѣрнистые металлы); этого для учениковъ достаточно.

Для изложенных уроков минералогии можно предложить и несколько иной порядок: изучение металлов можно не относить в конец, а говорить о них после металлоидов в той последовательности, как это принято в курсах химии, о минералах же (и рудах) говорить примѣнительно къ этому порядку, какъ о соединеніяхъ металловъ съ различными другими тѣлами (и источникомъ для добыванія ихъ).

29-й, 30-й и 31-й уроки. Эти уроки посвятить на то, чтобы дать ученикамъ общую картину жизни земли (краткія свѣдѣнія изъ динамической геологии), о чемъ по частямъ приходилось уже говорить раньше. Нужно разъяснить причины, влияющія на измѣненія внѣшней формы и состава земной коры. Сюда относятся: а) геологическая дѣятельность атмосферы и воды, какъ факторовъ, стремящихся сравнять всѣ неровности земной поверхности; б) вулканическія явленія, т. е. землетрясенія, вулканы и вѣсковыя поднятія и опусканія почвы, какъ противоположные первымъ факторы. Объяснить измѣненіе состава горныхъ породъ и минераловъ подъ влияніемъ этихъ причинъ. Геологическое значеніе организмовъ и происхожденіе окаменѣлостей.

II. Ботаника.

1-й, 2-й и 3-й уроки. Общій взглядъ на разнообразіе растительной жизни на землѣ. Раздѣленіе растений на цвѣтковые или сѣмянные и споровые. Устройство сѣмени и раздѣленіе сѣмянныхъ на голо- и скрытосѣмянные на одно-дву- и много-дольные. Внѣшнее устройство и назначеніе частей растенія: стебель и его подземныя видоизмѣненія (корневище, луковича, клубень). Корень, главные и придаточные корни, корневые волоски. Листъ простой и сложный. Все показать на растеніяхъ.

4-й и 5-й уроки. Цвѣтокъ: его части и назначеніе каждой изъ нихъ. Кратко охарактеризовать типичныя соцвѣтія (кисть, колосъ, сережку, початокъ, шишку, зонтикъ, головку, корзинку), не заставляя учениковъ заучивать ихъ, а имѣя въ виду лишь то, чтобы соцвѣтія не смѣшивались съ отдѣльными цвѣтами. Устройство плода, его типичныя виды: сѣмянка, орѣхъ, бобъ, стручекъ, коробочка, костянка, ягода. Все разсмотрѣть въ натурѣ.

6-й урокъ. Разсмотрѣть устройство 2—3 однодольныхъ и столькихъ же двудольныхъ растений, какія имѣются подъ руками. Цѣль урока—выяснить принципъ систематики; самую же систематику, т. е. знакомство съ наиболѣе типичными семействами растений, всецѣло отнести на практическія занятія и экскурсіи. При этомъ нужно научить, какъ пользоваться опредѣлителемъ растений.

7-й урокъ. Внутреннее (микроскопическое) устройство растений. Клѣтка: ея составныя части и дѣленіе. Понятіе объ одноклѣточныхъ и многоклѣточныхъ организмахъ. Разнообразіе клѣтокъ, въ зависимости отъ функціи и положенія ихъ въ организмѣ. Разсмотрѣть нѣсколько примѣровъ подъ микроскопомъ.

8-й и 9-й уроки. Соединеніе клѣтокъ въ ткани: кожицу, парен-

химу и сосудисто-волокнистые пучки. Распредѣленіе тканей въ отдѣльных органахъ: стеблѣ, корнѣ и листѣ. Показать все подъ микроскопомъ. На практическихъ занятіяхъ ученики сами должны сдѣлать нѣсколько препаратовъ: получить тонкіе срѣзы изъ частей растенія бритвою, положить ихъ въ воду между предметнымъ и покровнымъ стеклами и разсматривать.

10-й и 11-й уроки. Жизнь растений. Проростаніе растенія изъ сѣмени. Питаніе взрослыхъ растений: элементы пищи и образующіеся изъ нихъ органическіе продукты. Роль хлорофилла и значеніе свѣта въ образованіи послѣднихъ. Опыты и наблюденія: посадить въ землю сѣмена гороха, фасоли, кукурузы, ржи или какія-либо другія и, вырывая изъ земли молодыя растенія на различныхъ ступеняхъ развитія, наблюдать за появленіемъ и постепеннымъ измѣненіемъ всѣхъ частей растенія; обратить вниманіе на превращеніе у фасоли сѣмянодолей въ первую пару листьевъ. Дать прорости какимъ либо сѣменамъ на влажномъ войлокѣ или влажномъ прокаленномъ пескѣ и затѣмъ высушить ихъ вмѣстѣ съ ростками (для удаленія всосанной воды) и взвѣсить, для доказательства того, что зародышъ пользуется только запасными веществами сѣмени и что вначалѣ проростанія происходитъ не увеличеніе, а уменьшеніе вѣса. Вырастить кукурузу въ водномъ питательномъ растворѣ (безъ почвы); наблюдать надъ послѣдствіями отсутствія въ растворѣ отдѣльныхъ элементовъ: калия, желѣза, азота и т. д. Доказать присутствіе діастаза въ сѣменахъ солода, дѣйствіемъ профильтрованного настоя послѣдняго на жидкій крахмальный клейстеръ, и присутствіе кислоты, при помощи лакмусовой бумажки. Доказать, что растеніе получаетъ углеродъ не изъ почвы, а изъ углекислоты воздуха, причемъ, отщепляя отъ послѣдняго углеродъ, выделяетъ кислородъ: посадить растеніе подъ стекляннымъ колпакомъ, гдѣ нѣтъ углекислаго газа (онъ поглотится поставленною подъ колпакомъ известковою водою), но въ почву подмѣшанъ уголь; съ другой стороны, опустить свѣжіе листья или какое либо растеніе въ закрытый сосудъ съ водою, въ которой растворенъ углекислый газъ: въ первомъ случаѣ растеніе не будетъ обогащаться углеродомъ, а во второмъ оно извлечетъ его изъ углекислаго газа, раствореннаго въ водѣ, доказательствомъ чего послужатъ выделяющіеся пузырьки кислорода; удобно взять бездонную бутылъ съ пробкой и, положивъ въ нее листья, помѣстить въ наружный цилиндръ съ водою и закрыть пробку.

12-й и 13-й уроки. Пути, направленіе и причина передвиженія воды съ растворенными въ ней минеральными веществами и образованныхъ органическихъ веществъ по растенію. Осмосъ, испареніе воды, корневая сила. Для наблюденія надъ осмосомъ нужно: 1) опустить въ воду стеклянный цилиндръ, наполненный насыщеннымъ растворомъ сахара и обвязанный съ обоихъ концовъ пузыремъ или пергаментомъ, 2) опустить такой же цилиндръ (достаточно однимъ концомъ) или мѣшочекъ изъ пузыря съ растворомъ танина въ растворъ хлорнаго желѣза. Испареніе воды и его влияние хорошо наблюдать въ приборѣ, представляющемъ U-образную трубку, на днѣ которой имѣется ртуть, а надъ нею въ одномъ колѣнѣ налита вода и плотно (черезъ пробку, залитую потомъ парафиномъ) вставлено растеніе съ

листьями: ртуть въ этомъ колѣнѣ, вслѣдствіе испаренія воды растеніемъ, будетъ подниматься. Для наблюденія надъ корневою силою надѣть на стебель со сръзаною верхушкою, но хорошо развитою и неповрежденною корневою системою, стеклянную трубку (или соединить съ нею при помощи каучуковой трубки): въ послѣдней будетъ подниматься сокъ растенія. Просверлить въ одномъ растеніи древесину, не нарушая, по возможности, коры, а въ другомъ, наоборотъ, сдѣлать кольцообразную вырѣзку въ корѣ, не нарушая древесины: въ первомъ случаѣ растеніе завянетъ и тѣмъ покажетъ, что вода съ растворенными въ ней минеральными веществами движется изъ почвы вверхъ по древесинѣ растенія; во второмъ случаѣ растеніе будетъ утолщаться только выше вырѣзки, откуда слѣдуетъ, что органическія вещества движутся сверху, гдѣ приоткрываются, внизъ по корѣ.

14-й и 15-й уроки. Дыханіе растеній; сравненіе этого процесса съ поглощеніемъ растеніемъ углекислоты. Направленіе роста стебля и корня (вслѣдствіе неодинаковой упругости коры); гелиотропизмъ и геотропизмъ. Опыты: горящая лучина, опущенная въ цилиндръ, на днѣ котораго 12—24 часа лежатъ проростающія сѣмена, тухнетъ отъ углекислаго газа; полоска коры, снятая со свѣжаго молодого стебля, въ силу упругости (обусловливающей ростъ стебля вверхъ), укоротится. Сдѣлать наблюденіе, что при одностороннемъ освѣщеніи стебель наклоняется къ свѣту.

16-й урокъ. Размноженіе растеній. Бесполое размноженіе: естественное (почками, усамі, корневищами, луковицами, клубнями) и искусственное (черенками, отводкою, прививкою); половое размноженіе и роль насѣкомыхъ при этомъ. Сдѣлать наблюденіе надъ всѣми указанными способами размноженія; между прочимъ, изолированно посадить мужскіе и женскіе экземпляры двудомныхъ растеній и нѣкоторые изъ женскихъ цвѣтовъ оплодотворить пылью, а другіе оставить, наблюдая, что изъ того и другого выйдетъ.

17-й урокъ. Споровыя растенія. Папортники, мхи, хвощи, водоросли: общее понятіе на немногихъ примѣрахъ (орлякъ, кукушкинъ ленъ, хвощъ лѣсной, спирогира) о ихъ формѣ, строеніи и способахъ размноженія. Все демонстрировать растеніями; споры, спорогиру и т. п. рассмотреть подъ микроскопомъ.

18-й и 19-й уроки. Грибы. Общее понятіе объ ихъ устройствѣ и питаніи, въ отличіе отъ питанія хлорофильныхъ растеній. Грибы гниlostные и паразитные. Описать устройство одного изъ высшихъ грибовъ и обратить особенное вниманіе на грибы паразитные, причиняющіе болѣзни растеній: ржавчинные грибы, головневые, плѣсневые, спорынья и т. п.; указать извѣстные способы борьбы съ ними. Познакомиться съ ихъ строеніемъ посредствомъ микроскопа. Дать общее понятіе о дрожжахъ и броженіи.

20-й урокъ. Бактеріи—болѣзнетворныя, гниlostныя и нитрофицирующія. Опыты: сдѣлать культуру плѣсневой бактеріи и рассмотреть ее подъ микроскопомъ; повторить опытъ Пастера: прокипятить бульонъ въ колбѣ съ плотно вставленной, загнутой внизъ длинной трубкой и оставить его стоять: бульонъ останется чистымъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ удалена загнутая часть трубки (препятствующая паденію изъ воздуха въ колбу зародышей бактерій), послѣ чего онъ

помутнѣетъ и покроется плѣсенью (отъ развившихся микроорганизмовъ); загнутую трубку можно замѣнить гигроскопическою ватой. Имѣть въ виду, что о бактеріяхъ будетъ рѣчь на урокахъ гігіены.

III. Зоологія.

1-й, 2-й и 3-й уроки. Общій типъ организаціи млекопитающихъ животныхъ: скелетъ, мышцы, органы кровообращенія, дыханія, выдѣленія и нервная система; назначеніе всѣхъ указанныхъ частей. Рассмотрѣть все это на примѣрѣ какого либо хищнаго животнаго (кошки или собаки) и при этомъ, за одно, указать главнѣйшія отличительныя особенности хищныхъ.

4-й, 5-й и 6-й уроки. Общая характеристика главнѣйшихъ отрядовъ млекопитающихъ, съ указаніемъ наиболѣе извѣстныхъ ихъ представителей: насѣкомоядныя (ежъ, землеройка, выхухоль, кротъ), рукокрылыя (летучая мышь), грызуны (бѣлка, сусликъ, хорь, мышь, кроликъ, заяцъ, бобръ), парно-копытныя (корова, верблюдъ, олень, лось), непарнокопытныя (лошадь), хоботныя (слонъ), ластоногія (тюлень, моржъ), сумчатые (кенгуру), китообразныя (кашалотъ, китъ). Образъ и мѣсто жизни и значеніе ихъ для человѣка. Преимущественное вниманіе обратить на животныхъ наиболѣе полезныхъ и вредныхъ человѣку и на способы борьбы съ послѣдними, соображаясь при этомъ съ мѣстными условіями.

7-й и 8-й уроки. Птицы. Главнѣйшія особенности въ ихъ организаціи, по сравненію съ млекопитающими. Самая общая характеристика главнѣйшихъ отрядовъ птицъ, съ указаніемъ нѣкоторыхъ представителей: бѣгающія (страусъ), хищныя (орлы, соколы, ястребы, совы), плавающія (утки, гуси, лебеди), голенастыя (аисты, цапли, журавли, кулики), лазящія (дятлы, кукушки), голубиныя, воробьиныя (пѣвчія птицы). Птицы наиболѣе полезныя и вредныя. Перелеты птицъ.

9-й урокъ. Пресмыкающіяся и земноводныя. Общая характеристика на примѣрахъ ящерицы, гадюки (при этомъ сказать о предохранительныхъ мѣрахъ отъ зараженія при укушеніяхъ змѣй) и лягушки.

10-й и 11-й уроки. Рыбы. Общая характеристика ихъ организаціи на примѣрѣ окуня. Распространеніе и образъ жизни рыбъ. Употребленіе рыбы и рыбные промыслы.

12-й, 13-й и 14-й уроки. Общій типъ организаціи насѣкомыхъ на примѣрѣ жука. Развѣтленіе насѣкомыхъ. Пчелы: раздѣленіе и образъ жизни ихъ, пчеловодство, съ которымъ познакомиться на ближайшей пасѣкѣ. Образъ жизни муравьевъ. Бабочки вообще и шелкокрылыя въ частности; шелководство. Общее замѣчаніе объ остальныхъ отрядахъ насѣкомыхъ. Обратитъ вниманіе на насѣкомыя вредныя (саранча, прусикъ, кобылка, гессенская муха, пилильщикъ, кузъка, моль и др.), соображаясь съ мѣстными условіями, и на способы борьбы съ ними.

15-й и 16-й уроки. Паукообразныя: паукъ крестовикъ, тарантулъ, скорпионъ. Ракообразныя; знакомство съ ихъ организаціею на примѣрѣ рѣчного рака. Образъ жизни и распространеніе этихъ животныхъ, ихъ значеніе для человѣка.

17-й и 18-й уроки. Черви: кольчатые (пиявка, дождевой червь), круглые (трихина, аскарида, острица), плоские (солитеръ, ланцетъ, двуустка). Ихъ организація и развитіе. Условія зараженія паразитными червями и предохранительныя мѣры.

19-й и 20-й уроки. Моллюски. Общая характеристика строенія и жизни на примѣрѣ каракатицы, устрицы (или беззубки) и слизня садового, которыхъ разсмотрѣть на практическихъ занятіяхъ. О раковинахъ моллюсковъ вообще, жемчужныхъ (перламутровыхъ) въ частности. Замѣчаніе о морскихъ звѣздахъ и ежахъ.

21-й урокъ. Кишечнополосныя животныя: гидра, медуза, полипы, кораллы. Происхожденіе коралловыхъ острововъ и рифовъ. Губки. Найти гидру въ болотной водѣ и разсмотрѣть живую подъ лупой.

22-й и 23-й уроки. Простѣйшія животныя. Амеба и корненожки съ раковинами. Роль простѣйшихъ при образованіи мѣла. Инфузоріи: найти ихъ въ водѣ (стоячей, гниющей), при помощи лупы и микроскопа. Разяснить, какъ возможно совмѣщеніе всѣхъ жизненныхъ отправленій въ одноклѣточномъ организмѣ. Размноженіе простѣйшихъ и ихъ распространеніе въ природѣ.

24-й и 25-й уроки. Въ заключеніе сдѣлать повторительный сравнительно-анатомическій обзоръ животнаго царства и при этомъ дать общую картину упрощенія организаціи животныхъ, по мѣрѣ перехода отъ млекопитающихъ къ простѣйшимъ.

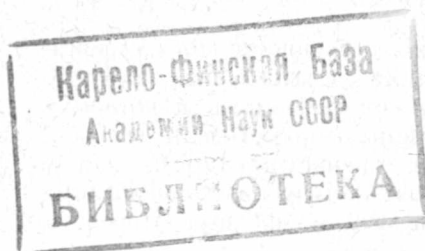
Оглавленіе.

	Стран.
Предисловіе	I—VI

ЧАСТЬ I.

Химія съ краткими свѣдѣніями изъ минералогіи и общей геологіи	1—170
---	-------

О матеріи, ея измѣненіяхъ и строеніи	1
Кислородъ; горѣніе и окисленіе; типы химическихъ соединеній	15
Водородъ	25
Вода	29
Азотъ	37
Воздухъ	44
Сѣра	48
Фосфоръ	53
Галоиды (солероды): хлоръ, бромъ, іодъ, фторъ	57
Углеродъ	64
Органическія вещества	76
Гремній и кремнеземъ. Кварцъ, песокъ, песчаники, силикаты, стекло	90
Металлы	96
Натрій, калий и ихъ соединенія: поваренная соль, сода, поташъ, селитры и друг.	97
Кальцій и его соединенія: известняки, известь, гипсъ и друг.	104
Алюминій, полевоы шпаты, слюда, глина	111
Желѣзо	115
Мѣль	120



	<i>Стран.</i>
Свинецъ, олово, цинкъ, ртуть	122
Благородные металлы	125
Сложныя горныя породы	129
Почва	131
Жизнь земли	134
Землетрясенія и вулканы	147
Изслѣдованіе минеральныхъ веществъ путемъ мокраго химическаго анализа .	161

Ч А С Т Ь І І.

Строеніе и жизнь растений	171—284
-------------------------------------	---------

Сѣмя и его проростаніе	172
Внутреннее строеніе растений	180
Питаніе растений	207
Передвиженіе веществъ въ растеніи	219
Дыханіе растений	227
Размноженіе растений	233
Направленіе роста растений	242
Приспособленіе растений къ условіямъ жизни. Растенія и вода	245
Осенняя листва и осенній листопадъ	253
Зимовье растений	265
Гигіеническое значеніе растений	277

Приложеніе	285
----------------------	-----